Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

PROGRAMA DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL HUMEDAL DEL RÍO CRUCES Y SUS RÍOS TRIBUTARIOS: 2014-2015

INFORME FINAL
Mayo 2015

Convenio
Celulosa Arauco y Constitución S.A.
y Universidad Austral de Chile



INDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO 1
- 1.1. Antecedentes 1
- 1.2. Resultados 3
- 1.3. Conclusiones 43
- 1.4. Sintesis Final 45

2. ANTECEDENTES 47
- 2.1. Objetivos y estructura del Programa de Diagnóstico 47
- 2.2. Generalidades y alcances del Programa 50
- 2.3. Terminologías y significados 51
- 2.4. Referencias 56

3. ANALISIS DE DATOS AMBIENTALES DE LARGO PLAZO 58
- 3.1. Antecedentes climáticos del área de estudio 58
- 3.2. Objetivos 58
- 3.3. Material y métodos 59
  - 3.3.1. Recopilación de datos históricos 59
  - 3.3.2. Análisis de temperatura mínima del aire, precipitaciones y caudal hídrico 61
- 3.4. Resultados 62
  - 3.4.1. Temperatura mínima del aire 62
  - 3.4.2. Precipitaciones 66
  - 3.4.3. Caudal hídrico del río Cruces 73
  - 3.4.4. Selección de fechas para los muestreos de calidad de agua y sedimentos 78
- 3.5. Conclusiones 79
- 3.6. Referencias 81

4. ESTUDIOS ESPECIFICOS 83
- 4.1. Calidad del agua y sedimentos (Estudio 1): 83
  - 4.1.1. Antecedentes 83
  - 4.1.2. Objetivos 85
  - 4.1.3. Material y métodos 86
  - 4.1.4. Resultados 95
    - 4.1.4.1. Calidad del agua 95
    - 4.1.4.2. Calidad del sedimento 200
    - 4.1.4.3. Estructura vertical de sedimentos estuariales 239
  - 4.1.5. Análisis comparativos 257
    - 4.1.5.1. Calidad de agua 257
    - 4.1.5.2. Calidad de sedimento 271
  - 4.1.6. Conclusiones 284
  - 4.1.7. Referencias 288

4.2. Condiciones hidrográficas (Estudio 2): 294
4.2.1. El sistema estuarial del río Cruces 294
4.2.2. Antecedentes hidrográficos 296
4.2.3. Objetivos 300
4.2.4. Material y métodos 300
4.2.5. Resultados 309
4.2.6. Discusión 345
4.2.7. Conclusiones 350
4.2.8. Referencias 351

4.3. Distribución espacial, cobertura y estado sanitario de macrófitas acuáticas (Estudio 3): 353
4.3.1. Antecedentes 353
4.3.2. Objetivos 354
4.3.3. Material y métodos 355
4.3.3.1. Presencia, distribución y zonación espacial de las macrófitas acuáticas 355
4.3.3.2. Relación entre concentración de Sólidos suspendidos totales, transparencia del agua y cobertura de macrófitas acuáticas 359
4.3.3.3. Obtención de macrófitas acuáticas para estudios sanitarios y concentraciones de metales pesados mediante difracción por rayos X 362
4.3.3.4. Análisis de concentraciones de metales pesados en Luchecillo medidas con ICP – ms 364
4.3.3.5. Análisis comparativos 364
4.3.4. Resultados 365
4.3.4.1. Presencia, distribución espacial y zonación a meso - escala de las macrófitas acuáticas 365
4.3.4.2. Relaciones entre Sólidos suspendidos totales, transparencia del agua y cobertura de macrófitas acuáticas 406
4.3.4.3. Estado sanitario de macrófitas acuáticas 443
4.3.4.4. Análisis de difracción de rayos X mediante microscopía electrónica de barrido en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) 450
4.3.4.5. Análisis de difracción de rayos X en plantas de *Potamogeton pusillus* (Huiro) 458
4.3.4.6. Análisis de difracción por rayos X en plantas de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) 460
4.3.4.7. Concentraciones de metales pesados en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) estudiadas mediante ICP-ms 462
4.3.4.8. Concentraciones de metales pesados en Luchecillo, agua superficial y sedimentos 473
4.3.5. Discusión 479
4.3.6. Conclusiones 482

4.3.7. Referencias 484

4.4. Análisis espacio - temporal de la calidad del agua y cobertura de macrófitas acuáticas mediante sensores remotos (Estudio 4): 486
4.4.1. Antecedentes 486
4.4.2. Objetivos 489
4.4.3. Material y métodos 489
4.4.3.1. Obtención de imágenes satelitales 489
4.4.3.2. Procesamiento y corrección de imágenes satelitales 492
4.4.3.3. Obtención de registros de presencia de macrófitas acuáticas 494
4.4.3.4. Obtención de registros de indicadores de calidad de agua 497
4.4.3.5. Modelamiento de distribución de especies 500
4.4.3.6. Modelamiento de distribución histórica de especies de macrófitas acuáticas en el área de estudio 503
4.4.4. Resultados 503
4.4.4.1. Obtención de imágenes, procesamiento y corrección radiométrica 503
4.4.4.2. Obtención de registros de presencia de macrófitas acuáticas 506
4.4.4.3. Obtención de registros indicadores de calidad de agua 507
4.4.4.4. Modelamiento de distribución de especies 515
4.4.4.5. Modelamiento de distribución histórica de especies de macrófitas acuáticas en el área de estudio 544
4.4.4.6. Variación espacio-temporal en los indicadores de sensores remotos para la calidad de agua 545
4.4.4.7. Variación espacio-temporal en la cobertura de macrófitas acuáticas 558
4.4.5. Discusión 569
4.4.6. Conclusiones 575
4.4.7. Referencias 576

4.5. Estado de la macroinfauna de fondos sedimentarios (Estudio 5): 581
4.5.1. Antecedentes 581
4.5.2. Objetivos 582
4.5.3. Material y métodos 582
4.5.4. Resultados 587
4.5.4.1. Textura, granulometría, contenido de materia orgánica total, potencial de óxido reducción y pH en el sedimento 587
4.5.4.2. Macroinfauna bentónica 592
4.5.5. Discusión 610
4.5.6. Conclusiones 612
4.5.7. Referencias 614

4.6. Estado actual de la macrofauna de fondos ritrales (Estudio 6): 618
4.6.1 Antecedentes 618
4.6.2. Objetivos 619
4.6.3. Material y métodos 619
4.6.3.1. Obtención de las muestras de macrofauna 619
4.6.3.2 Estructura comunitaria de la macrofauna bentónica 612
4.6.3.3 Organismos bentónicos de fondos ritrales y calidad de agua 622
4.6.4. Resultados 623
4.6.4.1. Composición faunística 623
4.6.4.2. Riqueza de especies, abundancia total y dominancia 623
4.6.4.3. Diversidad 628
4.6.4.4. Biomasa 629
4.6.4.5. Organismos bentónicos de fondos ritrales y calidad del agua 630
4.6.4.6. Análisis de ordenamiento 630
4.6.5 Discusión 632
4.6.6. Conclusiones 634
4.6.7. Referencias 635

4.7. Estado de la fauna de camarones (Estudio 7): 637
4.7.1. Antecedentes 637
4.7.2. Objetivos 638
4.7.3. Material y métodos 639
4.7.3.1. Obtención de las muestras de camarones 639
4.7.3.2. Estimaciones de abundancia de *Samastacus spinifrons* 644
4.7.3.3. Relaciones longitud - peso en *Samastacus spinifrons* 644
4.7.3.4. Tallas corporales 645
4.7.3.5. Proporción sexual de *Samastacus spinifrons* 645
4.7.3.6. Análisis estadísticos 646
4.7.3.7. Análisis de elementos y compuestos químicos 646
4.7.3.8. Búsqueda de referencias para comparaciones químicas 647
4.7.4. Resultados 648
4.7.4.1. Abundancias de *Samastacus spinifrons* 648
4.7.4.2. Tallas corporales de *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti* 650
4.7.4.3. Relaciones longitud-peso en *Samastacus spinifrons* 659
4.7.4.4. Proporción sexual de *Samastacus spinifrons* 660
4.7.4.5. Elementos y compuestos químicos 661
4.7.4.6. Concentraciones de elementos y compuestos químicos en otros crustáceos del Orden Decapoda 683

4.7.4.7. Análisis de comparación con concentraciones de elementos y compuestos químicos de la literatura 690
4.7.5. Discusión 694
4.7.6. Conclusiones 698
4.7.7. Referencias 699

4.8. Estado de la Ictiofauna (Estudio 8): 702
4.8.1. Antecedentes 702
4.8.2. Objetivos 705
4.8.3. Material y métodos 706
4.8.3.1. Obtención de las muestras en las riberas de los sitios de estudio 706
4.8.3.2. Obtención de las muestras en los cauces de los sitios de estudio 708
4.8.3.3. Análisis taxonómicos 711
4.8.3.4. Abundancias e índices comunitarios de la Ictiofauna 712
4.8.3.5. Relaciones longitud - peso e Índice de Condición 713
4.8.3.6. Proporción sexual e Índice Gónado – Somático de hembras 714
4.8.3.7. Análisis de elementos y compuestos químicos 715
4.8.3.8. Búsqueda de referencias para comparaciones químicas 716
4.8.3.9. Evaluación del estado sanitario 717
4.8.3.10. Análisis histopatológicos 718
4.8.4. Resultados 719
4.8.4.1. Composición taxonómica de la ictiofauna de las riberas y cauces 719
4.8.4.2. Abundancia de la ictiofauna en las riberas y cauces en el área de estudio 720
4.8.4.3. Diversidad de la ictiofauna en las riberas 723
4.8.4.4. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM) – ictiofauna de riberas 725
4.8.4.5. Porcentajes de similitud (SIMPER) 726
4.8.4.6. Relaciones longitud – peso e Índice de Condición, para los peces de las riberas 729
4.8.4.7. Proporción sexual e Índice Gonado – Somático de peces de los cauces 733
4.8.4.8. Elementos y compuestos químicos 737
4.8.4.9. Comparaciones con concentraciones de elementos y compuestos químicos medidas en otros peces 808
4.8.4.10. Comparaciones de los elementos químicos con la literatura 815
4.8.4.11. Estado sanitario 821
4.8.4.12. Análisis histopatológicos 836
4.8.5. Discusión 866

4.8.6. Conclusiones 870
4.8.7. Referencias 873

4.9. Estado de la fauna de anfibios (ranas) y reptiles (Estudio 9): 881
4.9.1. Antecedentes 881
4.9.2. Objetivos 882
4.9.3. Material y métodos 883
4.9.3.1. Revisión bibliográfica 883
4.9.3.2. Metodología de terreno 883
4.9.3.3. Descripción del método de Relevamiento por Encuentros Visuales 884
4.9.3.4. Procedimientos en terreno 885
4.9.3.5. Análisis de laboratorio 886
4.9.3.6. Tratamiento e interpretación de los datos 887
4.9.3.7. Diversidad de especies: medición de la diversidad alfa 887
4.9.3.8. Distribución espacial en el área de estudio 890
4.9.4. Resultados 892
4.9.4.1. Revisión bibliográfica 892
4.9.4.2. Diversidad de anfibios y reptiles de la Región de Los Ríos 893
4.9.4.3. Campañas de terreno 898
4.9.5. Discusión 907
4.9.6. Conclusiones 910
4.9.7. Referencias 911

4.10. Estado de la avifauna (Estudio 10): 931
4.10.1. Antecedentes 931
4.10.2. Objetivos 933
4.10.3. Material y métodos 933
4.10.3.1. Compilación, revisión y elaboración de una base de datos para el estudio de la variabilidad espacial y temporal de la avifauna del humedal del río Cruces 933
4.10.3.2. Análisis espacial y temporal de los patrones comunitarios de la avifauna del humedal del río Cruces 938
4.10.3.3. Análisis espacial y temporal de poblaciones de aves herbívoras y piscívoras 939
4.10.3.4. Relación entre patrones poblacionales de las aves y variabilidad ambiental 941
4.10.3.5. Actualización de los patrones de distribución y abundancia del Cisne de cuello negro, otras especies herbívoras y carnívoras del humedal del río Cruces 941
4.10.3.6. Concentraciones de elementos y compuestos químicos 942
4.10.4. Resultados 944

4.10.4.1. Análisis espacial y temporal de los patrones comunitarios de la avifauna del humedal del río Cruces 944
4.10.4.2. Análisis espacial y temporal de patrones poblacionales de aves herbívoras y piscívoras 955
4.10.4.3. Actualización de los patrones de distribución y abundancia del Cisne de cuello negro, otras especies herbívoras y carnívoras del humedal del río Cruces 978
4.10.4.4. Concentración de elementos y compuestos Químicos 989
4.10.5. Discusión 1015
4.10.6. Conclusiones 1018
4.10.7. Referencias 1020

4.11. Estado de la fauna de mamíferos acuáticos (Estudio 11): 1027
4.11.1. Antecedentes 1027
4.11.2. Objetivos 1028
4.11.3. Material y métodos 1029
4.11.4. Resultados 1039
4.11.5. Discusión 1055
4.11.6. Conclusiones 1056
4.11.7. Referencias 1056

4.12. Estado actual del uso del suelo en el área de influencia del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Estudio 12): 1064
4.12.1. Antecedentes 1064
4.12.2. Objetivos 1067
4.12.3. Material y métodos 1067
4.12.3.1. Delimitación de la zona de estudio 1067
4.12.3.2. Recopilación de información geodemográfica 1068
4.12.3.3. Análisis de la información económica 1074
4.12.3.4. Caracterización del Uso de la Tierra 1075
4.12.4. Resultados 1078
4.12.4.1. Caracterización geodemográfica 1078
4.12.4.2. Caracterización geoeconómica 1113
4.12.4.3. Usos actuales y caracterización de la dinámica de cambios del humedal 1165
4.12.5. Discusión 1214
4.12.6. Conclusiones 1218
4.12.7. Referencias 1220

4.13. Uso de análisis de riesgo ecológico para identificación de amenazas (Estudio 13): 1233
4.13.1. Antecedentes 1233
4.13.2. Objetivos 1234
4.13.3. Material y métodos 1235
4.13.4. Resultados 1237

4.13.5. Discusión 1244
4.13.6. Conclusiones 1245
4.13.7. Referencias 1245

4.14. Conocimiento ecológico local (Estudio 14): 1247
4.14.1. Antecedentes 1247
4.14.2. Objetivos 1250
4.14.3. Material y métodos 1250
4.14.3.1. Etapas de la investigación 1251
4.14.3.2. Operacionalización de parámetros 1252
4.14.3.3. Caracterización de las Zonas de investigación 1253
4.14.3.4. Caracterización de informantes 1261
4.14.4. Resultados 1266
4.14.4.1. Percepciones y experiencias 1267
4.14.4.2. Hitos generales 1267
4.14.4.3. Hitos zonales 1268
4.14.4.4. Dimensiones de la experiencia en el HRC 1273
4.14.4.5. Experiencias en torno a la navegación fluvial 1275
4.14.4.6. Experiencias en torno a los Medios de vida 1282
4.14.4.7. Experiencias cotidianas y familiares en torno al río 1294
4.14.4.8. Experiencias en torno al desastre ambiental 1300
4.14.4.9. Otras experiencias 1306
4.14.4.10. Transformaciones 1309
4.14.4.11. Amenazas 1351
4.14.4.12. Indicaciones para el monitoreo 1391
4.14.5. Discusión 1397
4.14.6. Conclusiones 1399
4.14.7. Referencias 1401

4.15. Servicios Ecosistémicos (Estudio 15): 1404
4.15.1. Antecedentes 1404
4.15.2. Marco teórico 1406
4.15.3. Material y métodos 1408
4.15.3.1. Delimitación del SSE-HRC 1408
4.15.3.2. Identificación de las principales funciones y SEs del HRC y análisis de su vinculación 1410
4.15.3.3. Identificación espacialmente explícita de áreas de valor en la provisión de SEs en el SSE-HRC 1412
4.15.3.4. Identificación de factores y áreas de amenaza en el SSE-HRC 1420
4.15.3.5. Sugerencia de métodos de valoración 1422
4.15.4. Resultados 1423
4.15.4.1. Delimitación del SSE-HRC 1423
4.15.4.2. Identificación de las principales funciones y SEs del HRC y análisis de su vinculación 1427
4.15.4.3. Identificación espacialmente explícita de áreas

de valor en la provisión de SEs en el SSE-HRC 1438
4.15.4.4. Identificación de factores y áreas de amenaza en el SSE-HRC 1458
4.15.4.5. Sugerencia de métodos de valoración 1464
4.15.5. Discusión 1474
4.15.6. Conclusiones 1480
4.15.7. Referencias 1481

5. EL ESTADO ACTUAL DEL HUMEDAL DEL RIO CRUCES Y SUS RIOS TRIBUTARIOS A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA DE DIAGNOSTICO 1486
5.1. Generalidades 1486
5.2. Elementos y compuestos químicos en agua, sedimentos y organismos 1486
5.3. Condiciones hidrográficas 1493
5.4. Macrófitas acuáticas 1494
5.5. Cambio de usos de suelo 1495
5.6. El Sistema Socio-ecológico 1495
5.7. Amenazas 1497
5.8. Conclusiones generales 1499
5.9. Síntesis final 1501

6. EQUIPO DE TRABAJO 1502

1. RESUMEN EJECUTIVO

1.1. Antecedentes

Durante el período invierno - primavera del año 2004, ocurrieron en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC) cambios ambientales relevantes, incluyendo entre otros la mortandad por causas desconocidas y emigración de la población de Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y la reducción significativa en la cobertura de la macrófita acuática Luchecillo (*Egeria densa*); antes del año 2004 esta planta era la fuente primaria de alimento de los cisnes en este humedal.

Como consecuencia de lo anterior y en base a resultados de estudios realizados por la Universidad Austral de Chile, el 27 de abril de 2005, el Consejo de Defensa del Estado (en adelante CDE) presentó ante el Primer Juzgado Civil de la ciudad de Valdivia una demanda civil de reparación e indemnización en contra de la Empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A. (en adelante ARAUCO), cuya planta Valdivia fue sindicada como la presunta responsable de los cambios ambientales anteriomente mencionados. Después de ocho años de presentada la demanda y con fecha 27 de julio de 2013, la Jueza del Primer Juzgado Civil de Valdivia, Doña Gloria Hidalgo dictó sentencia, condenando a la Empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A. a implementar una serie de medidas tendientes a preservar el humedal del río Cruces, correspondiendo la primera de ellas a ***"Realizar a través de un equipo interdisciplinario de diversos expertos en las áreas de biología, química y física, un estudio sobre el estado actual del Humedal, para dicho efecto, se deberá crear un comité independiente, en el que participen las partes y cuya duración no excederá a un año, el que comprenderá el estado de las aguas, flora y fauna del humedal"***.

Para la realización entre otros aspectos, del estudio del estado actual o diagnóstico ambiental del humedal, el Consejo Científico Social (en adelante CCS) (instancia conformada por un acuerdo entre el CDE y ARAUCO), encargó a la Facultad de Ciencias de

la Universidad Austral de Chile (en adelante UACh), el diseño de una propuesta para dar cumplimiento a esta parte de la sentencia. En base a orientaciones emanadas del CCS, la UACh, en conjunto con investigadores de la Universidad de Concepción y Santo Tomás de Santiago, preparó una propuesta de Programa de Diagnóstico Ambiental, la que fue finalmente aceptada por el CCS el 18 de febrero de 2014 y comenzó a ejecutarse durante abril del año 2014. Los objetivos de este Programa de Diagnóstico Ambiental fueron: i) caracterizar el estado ambiental actual del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, ii) dimensionar el alcance temporal y espacial de la afectación del humedal y iii) generar información sobre la cual se sustente el Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Para el desarrollo de tales objetivos se estableció una doble aproximación:

i) **Análisis de datos ambientales de largo plazo** relacionados a climatología (precipitaciones y temperatura mínima del aire) e hidrología (nivel del espejo de agua y caudal hídrico del río Cruces en el sector Rucaco), en el área donde se ubica el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, con el objetivo de identificar eventuales tendencias de largo plazo en esas características. Para ello, se analizó el registro histórico diario de la temperatura del aire (^{o}C) y precipitaciones (mm) (1960-2014) de la UACh entre 1960 y 2014. Desde 1960 a 2010, los datos provienen de la e stación meteorológica del ex - Instituto de Geociencias ubicado en el campus Isla Teja, a partir el 1 de enero al 10 de octubre de 2011 desde la estación meteorológica ubicada en el Fundo Santa Rosa (39^{o}47’18,28’’ S y 73^{o}14’4,97’’W) y desde el 2 de enero de 2012 al 31 de diciembre de 2014 desde la estación meteorológica del Campus Miraflores de la UACh en Valdivia. Los datos de caudales hídricos cubren el período 1970-2014 y provienen de la Dirección General de Aguas (DGA), específicamente de la estación hidrológica localizada en el río Cruces, sector Rucaco.

ii) **Realización de 15 estudios específicos**, cuyo desarrollo pretende reflejar las condiciones abióticas y bióticas del HRC, incluyendo análisis actualizados de la

información histórica disponible, la recolección de datos actualizados del agua, los sedimentos, la distribución y cobertura de macrófitas acuáticas, el estado actual de la fauna y la retroalimentación con usos y riesgos derivados de las actividades humanas en el área, evidenciados estos por estudios científicos y análisis del conocimiento ecológico local del área de estudio. En consecuencia, en este Informe se presentan datos de diferentes fuentes, metodologías y esfuerzos de muestreo; como por ejemplo, revisiones de datos históricos (*e.g.*, cobertura de macrófitas y avifauna), mapas de uso de suelo, fotografías aéreas e imágenes satelitales, muestreos *in situ* de agua, sedimentos, macrófitas acuáticas y fauna ribereña, identificación de amenazas y entrevistas con pobladores del área para acceder al conocimiento ecológico local, entre otros.

1.2. Resultados

Los principales resultados y conclusiones de los **análisis de los datos ambientales de largo plazo** se resumen a continuación:

Las temperaturas mínimas del aire registradas desde 1960 a 2014, muestran una marcada estacionalidad. Estas comienzan a disminuir en otoño, específicamente en el mes de marzo, para alcanzar su mínimo en julio (*ca.* 5^{o}C) y luego comenzar su ascenso a partir de septiembre. La variación promedio de las temperaturas mínimas mensuales a través de los años, no muestra tendencias a aumentar o disminuir; sin embargo, se observan fluctuaciones con periodicidad en torno a los 120 meses.

La serie histórica mensual de precipitaciones (1960-2014), muestra que las lluvias comienzan a incrementar en otoño, específicamente en el mes de abril, para alcanzar su máximo entre junio y agosto. La serie de precipitaciones muestra un decaimiento entre 1960 y 2014, coincidente con el decrecimiento significativo de las precipitaciones anuales desde 1901 al 2005 señalado por otros autores (*e.g.,* González-Reyes & Muñoz (2013). El periodo de bajas precipitación del año 2014, típica de la época estival, se extendió hasta

fines de abril, lo cual armoniza con lo indicado por González-Reyes & Muñoz (2013), quienes indican la existencia una extensión de las condiciones estivales hacia parte del otoño y una concentración más acentuada de las precipitaciones en los meses de invierno.

La serie histórica mensual de los caudales hídricos del río Cruces en Rucaco, muestra una estacionalidad marcada entre invierno y verano, la cual se asocia de manera directa y significativa con la estacionalidad de las precipitaciones en el área de Valdivia. Así, el caudal comienza históricamente a incrementar en otoño (específicamente en el mes de abril), para alcanzar su máximo en julio.

Los principales resultados y conclusiones de los **15 estudios específicos**, se resumen a continuación:

Estudio 1: Calidad del agua y sedimentos

Para establecer el estado actual de la calidad del agua y sedimentos del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, se realizaron durante el año 2014 muestreos de ambas matrices, con el objetivo de conocer las variaciones espaciales y temporales de las características físicas y químicas del área. Los muestreos de calidad del agua se realizaron en 14 puntos (Fig. 1), a través de tres campañas de muestreo durante los meses de abril, mayo y julio del año 2014.

Los muestreos para el análisis de calidad de sedimentos se realizaron en las mismas estaciones de calidad de agua; la selección de los meses de muestreo corresponden a los períodos de menor (abril) y mayor caudal hídrico (mayo y julio). Es en estos períodos cuando probablemente ocurren las mayores depositaciones y resuspensiones de sedimento y por lo tanto, los periodos más adecuados para realizar comparaciones estacionales de calidad del sedimento. Los análisis incluyeron mediciones de los parámetros que se indican a continuación:

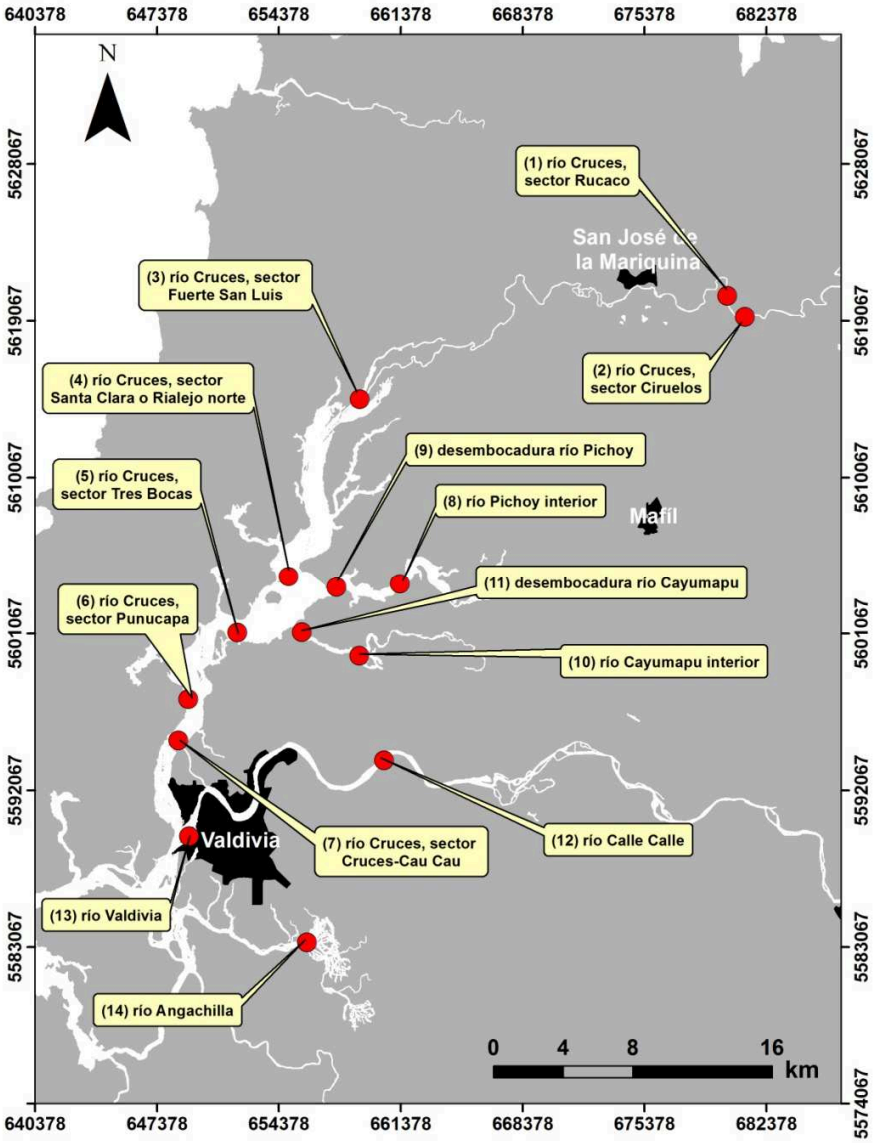


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo para análisis de calidad del agua y sedimentos en el área de estudio.

En el agua:

Temperatura, pH, conductividad, sólidos disueltos, sólidos suspendidos particulados y transparencia, oxígeno disuelto, demanda bioquímica y química de oxígeno, carbono orgánico total, Amonio, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno total, Fósforo total, Fosfato o Fósforo soluble y Fósforo total, Bacterias coliformes totales y fecales, Cloruros, Sulfatos,

metales pesados disueltos y suspendidos, Acidos grasos y resínicos, Compuestos órgano-halogenados absorbibles (AOX), Dioxinas y Furanos.

En el sedimento:

Textura del sedimento, granulometría de la arena, contenido de materia orgánica, potencial redox, carbono orgánico total, metales pesados, ácidos grasos y resínicos, compuestos órgano-halogenados absorbibles (AOX) y extraíbles (EOX), dioxinas y furanos.

A continuación se resumen los **resultados** principales de tales análisis.

Agua

No se observó mayor variabilidad en la distribución vertical de la temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto en la columna de agua de las estaciones estudiadas. Durante el muestreo de abril 2014 (período de menor caudal hídrico), los valores de temperatura y salinidad fueron más altos que los de mayo y julio del mismo año, aun cuando en general los valores de ambas variables, fueron similares. La conductividad del agua mostró valores más altos y mayor heterogeneidad espacial durante el muestreo de abril del 2014; los valores más altos durante esa campaña (> 400 µS/cm) se registraron en la porción inferior del río Cruces (sectores Punucapa y Cruces - Cau Cau) y en los ríos Valdivia y Angachilla. Los valores de conductividad del agua fueron notoriamente más bajos durante los muestreos de mayo y julio del mismo año (en general < 50 µS/cm). Durante el muestreo de julio del 2014, la conductividad del agua fue similar en toda el área de estudio (< 30 µS/cm); es decir, cuando los valores más altos de precipitación y caudales hídricos disminuyen y homogenizan la concentración de solutos en el área de estudio.

La transparencia del agua disminuyó desde el muestreo de abril a julio del 2014, el período de mayor caudal hídrico y consecuentemente mayor arrastre de material particulado en el agua. Los valores de este parámetro variaron inversamente con la

concentración de sólidos suspendidos totales; *i.e.,* a mayores concentraciones de sólidos suspendidos totales menor fue la transparencia del agua y *viceversa*.

La DBO_5 y DQO, parámetros que definen el consumo de oxígeno producto de la actividad biológica y oxidación química respectivamente, muestran que la segunda presentó en todos los sectores y campañas mayor concentración que la DBO_5. La razón promedio DBO_5/DQO (medida de calidad de materia orgánica) para cada sector disminuyó desde el muestreo de abril al de julio, lo que indica que durante el período de mayor caudal hídrico, la mayor parte de la materia orgánica es de tipo refractario y no biodegradable por acción bacteriana.

En general, las concentraciones de Amonio, Nitrato y Nitrógeno total fueron más altas durante el muestreo de julio del 2014, cuando hubo mayor caudal hídrico y concentración de sólidos suspendidos totales. Durante abril del 2014, la concentración de Fosfato o Fósforo soluble estuvo en general bajo el límite de detección del método utilizado; durante el muestreo de mayo 2014, la concentración de Fosfatos estuvo bajo el límite de detección del método utilizado, sólo en el agua de las estaciones 8 y 9 (río Pichoy), lo que muestra un alza general de este nutriente en esa campaña y en la de julio 2014. En general, las concentraciones de Fósforo total aumentaron durante las campañas de mayo y julio del 2014, especialmente en la porción superior o límnica del río Cruces.

En general, las concentraciones más altas de Bacterias coliformes totales y fecales se encontraron fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; las concentraciones de Bacterias coliformes en el HRC, presentaron valores inferiores a 1000 NMP/100 mL, lo que según la Guía CONAMA, para el Establecimiento de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas, muestra que las aguas del humedal corresponden a Clase 1 o aguas de muy buena calidad (NMP < 1000).

Las concentraciones de Cloruros y Sulfatos fueron más altas en abril con respecto a mayo y julio del 2014, lo que se relaciona con el efecto de dilución provocado por el mayor caudal hídrico durante esas dos últimas campañas.

Los metales pesados disueltos más representados (*i.e.,* mayores concentraciones) fueron Hierro, Aluminio y Manganeso. En general, las concentraciones de Hierro fueron más altas durante los meses de abril y mayo, a la vez que las de Aluminio fueron más altas durante Julio. El Cobre y Zinc presentaron escasa variabilidad entre campañas y estaciones de muestreo, a la vez que el Plomo se detectó básicamente en el muestreo de mayo. El Cadmio sólo se detectó durante el muestreo de abril y sólo en dos estaciones, a la vez que el Arsénico y el Mercurio no fueron detectados en ninguna de las estaciones y campañas de muestreo. Similar a lo observado en la fracción disuelta, los metales pesados particulados más representados fueron el Hierro, Aluminio y Manganeso; mostrando en general concentraciones más altas durante la campaña de abril, tendencia similar a la mostrada por el Cobre y el Zinc particulado. Por el contrario, el Plomo particulado presentó concentraciones muy similares entre las tres campañas de muestreo. A diferencia de lo observado para la fracción disuelta, los resultados de la fracción particulada muestran la presencia de Cadmio, Arsénico y Mercurio durante la campaña de mayo y julio con valores comparables en las estaciones y campañas.

Las concentraciones de Ácidos grasos mostraron las concentraciones más altas durante la campaña de abril, con cambios de alrededor de un orden de magnitud en comparación con las campañas de mayo y julio del 2014. No se detectó la presencia de Ácidos resínicos en ninguna de las campañas y en ninguno de los sectores. Estos compuestos se encuentran presentes naturalmente en la madera (principalmente pino) y por lo tanto forman parte de los procesos de producción de celulosa. La ausencia de éstos en el agua sugiere entonces que estos compuestos no están siendo incorporados en la matriz agua del área de estudio.

Las concentraciones de AOX presentaron en general concentraciones más altas durante la campaña de abril, para luego disminuir en mayo; durante julio, las concentraciones de AOX fueron en general más bajas que durante abril aun cuando se detectaron concentraciones similares a las del muestreo de ese mes en estaciones de los ríos tributarios Pichoy y Cayumapu.

Las concentraciones de Dioxinas y Furanos encontradas durante las tres campañas (abril, mayo y julio) son extremadamente bajas, tanto en concentración (rangos = no detectado a 0,0291 ng/L) como en Equivalentes Tóxicos (rangos = no detectado a 0,0004 ng/L), por lo que se consideran ambientalmente no relevantes. Más aun, estas concentraciones son menores a las aceptadas por la United States Environmental Protection Agency (US EPA) en el agua potable de EEUU (0,0300 ng/L). No se detectó en este estudio la presencia de los congéneres 2,3,7,8-TCDD y 1,2,3,7,8- PCDD (congéneres que muestran la mayor toxicidad de las Dioxinas y Furanos que habitualmente se evalúan y que están asociados por ejemplo, a procesos industriales e incendios forestales) en ninguna de las estaciones y en las tres campañas de muestreo.

Sedimentos

En general y durante las campañas de abril y julio de 2014, la arena (partículas comprendidas entre 63 y 2000 micrones) fue la fracción dominante en los sedimentos de la mayoría de las estaciones. Los valores de pH medidos en el sedimento fueron muy similares en las estaciones y campañas de muestreo (6,1 - 7,0 y 6,3, - 7,2, durante abril y julio, respectivamente). Los valores de redox fueron mayoritariamente negativos, lo que indica sedimentos con presencia de abundante contenido de materia orgánica.

Los Metales pesados con las concentraciones más altas fueron Aluminio y Hierro, seguidos de Manganeso, a la vez que el Mercurio fue el metal con la menor representación en el área de estudio. Durante ambas campañas (abril y julio 2014), el Plomo no se detectó en las estaciones 1 y 4 (río Cruces, sectores Ciruelos y Santa Clara

respectivamente), a la vez que no se detectó Cadmio en ninguna de las estaciones y campañas de muestreo. Los valores más bajos de concentración de Metales pesados ocurrieron en la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) y los más altos en las estaciones 9 (desembocadura río Pichoy), 10 (río Cayumapu interior) y 2 (río Cruces, sector Rucaco).

Los Ácidos grasos tuvieron concentraciones más bajas durante julio de 2014 en todas las estaciones de muestreo - hasta 2 órdenes de magnitud más bajas con respecto a las de la campaña de abril. No se detectaron Ácidos resínicos durante ambas campañas (abril y julio 2014).

Las concentraciones más altas de AOX y Carbono orgánico total se detectaron durante la campaña de abril 2014. No se detectaron EOX en los sedimentos del área de estudio. Al igual que para el agua, no se detectó el congénere 2,3,7,8-TCDD, a la vez que la Dioxina 1,2,3,7,8-PCDD se detectó en algunas muestras pero en muy bajas concentraciones o cercanas al límite de detección analítico.

Estudio 2: Condiciones hidrográficas

El humedal del río Cruces y parte de sus ríos tributarios se originaron por subsidencia o hundimiento continental durante el terremoto del 22 de mayo de 1960. Esta área corresponde a un humedal costero estuarial; en este caso, el límite de ingreso de la salinidad corresponde al canal mareal Cau-Cau, por lo que el humedal y sus ríos tributarios corresponden a estuarios afectados sólo por corrientes mareales, las que alcanzan hasta el sector del Fuerte San Luis de Alba.

En este capítulo se muestran los resultados de estudios tendientes a conocer la variabilidad y efecto de la onda mareal en la zona estuarial del río Cruces y ríos tributarios del mismo a distancias crecientes de Valdivia y analizar la variabilidad en la magnitud del caudal dirigido hacia la cabecera del estuario y el océano, con el objetivo de conocer la

capacidad de transporte, dispersión y dilución de elementos conservativos (*e.g.,* metales pesados) en el área de estudio en su conjunto.

Los estudios de terreno se realizaron durante marea de sicigia y durante un período de 12 horas. Este último fue de noche, debido a que en la misma es cuando ocurren los mayores rangos mareales y por ende las mayores velocidades de corrientes. Los sitios de muestreo fueron el sector Fuerte San Luis de Alba (estación HSL o San Luis) y las desembocaduras de los ríos Nanihue – Cudico (estación HNC o Cudico), Pichoy (estación HP o Pichoy), Cayumapu (estación HC o Cayumpau) y San Ramón (estación HSR o San Ramón). Las distancias de las secciones de medición en las cinco estaciones con respecto a la posición de la estación de predicción de marea en Valdivia (ubicada en el Club Deportivo Phoenix, Fig. 2) son de 37,0 – 30,2 – 28,5 – 23,8 y 16,2 km, respectivamente.

Además de las mediciones anteriormente mencionadas, se recolectaron muestras replicadas para análisis de sólidos suspendidos totales (n = 3 réplicas) y metales pesados disueltos y particulados (n = 2 réplicas), durante los períodos en que ocurrieron los valores extremos de los flujos de agua durante el ciclo mareal (*i.e.,* marea subiendo y marea bajando).

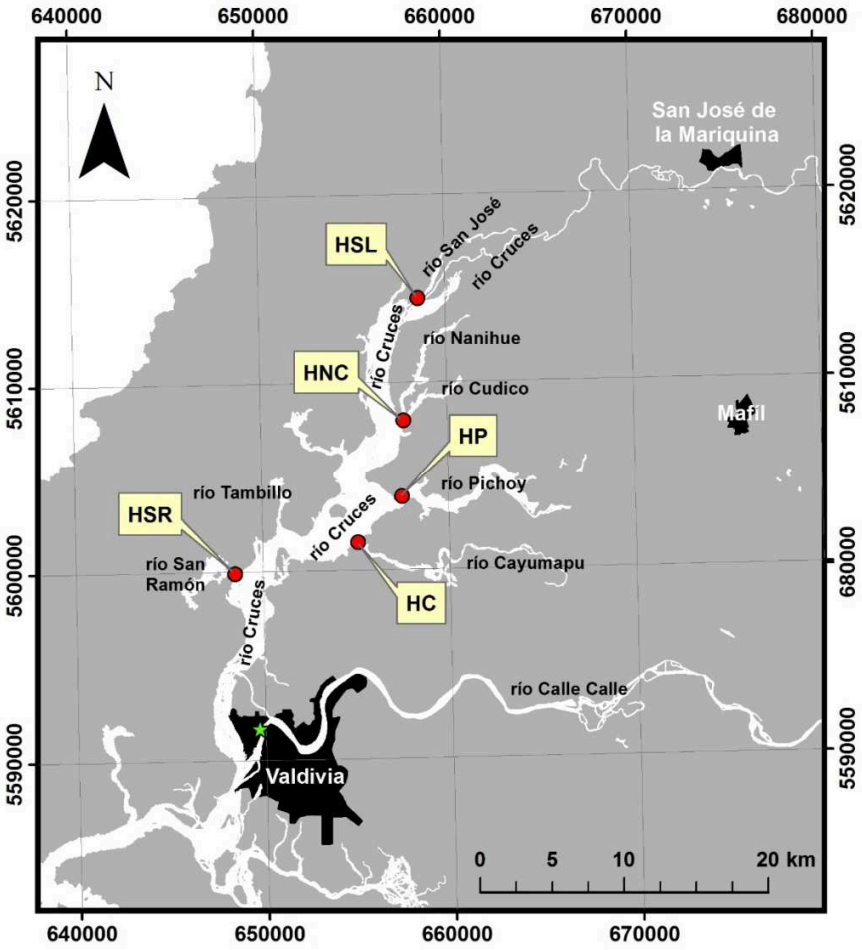


Figura 2. Ubicación de los cinco sitios seleccionados para el estudio de condiciones hidrográficas. **HSL** = hidrografía río Cruces, sector Fuerte San Luis (estación San Luis), **HNC** = hidrografía confluencia de ríos Nanihue y Cudico (estación Cudico), **HP** = hidrografía río Pichoy (estación Pichoy), **HC** = hidrografía río Cayumapu (estación Cayumapu) y **HSR** = hidrografía río San Ramón (estación San Ramón). Se indica también la ubicación del Club Deportivo Phoenix donde se instaló mareógrafo estación de referencia para los análisis mareales (estrella verde).

El humedal del río Cruces y sus ríos tributarios es un sistema estuarial, ya que está regido por corrientes mareales. Aun cuando el rango mareal es similar en todo el área (*ca.* 0,5 m), hay un desfase de seis horas entre la ciudad de Valdivia y el sector del Fuerte San Luis de Alba. La marea origina flujos que pueden transportar aguas arriba cualquier sustancia conservativa; es decir, sustancias que no se transforman químicamente: Este efecto no se detecta en el sector del Fuerte San Luis de Alba donde la marea sólo frena el flujo fluvial del río Cruces.

Los flujos de agua originados por las mareas en ambas direcciones (*i.e.*, hacia el mar o hacia la cabecera del humedal del río Cruces) son al menos diez veces mayores a los flujos de agua dulce del mismo río. Los flujos de las mareas de llenante fuerzan a que gran parte del agua se mantenga dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, lo que originó durante el período estival estudiado un alza de la temperatura del agua de aproximadamente 9 °C, con respecto a la temperatura del agua de origen estrictamente fluvial.

Los metales pesados disueltos y suspendidos de mayor impacto en los seres vivos, como Arsénico, Cadmio y Mercurio, mostraron concentraciones por debajo del nivel de detección instrumental, mientras que en general las mayores concentraciones de metales disueltos se registraron en el agua de las estaciones Cayumapu, Pichoy, Cudico y Fuerte San Luis de Alba. Por otra parte, en la estación Cayumapu y en las cercanas Pichoy y Cudico se registraron las mayores concentraciones de metales particulados, lo que puede estar relacionado a que la zona de la desembocadura del río Cayumapu es donde se registra la dinámica estuarial más intensa, tal como ya se había demostrado en estudios anteriores. Esto se debe a que en aguas someras la velocidad de la onda de marea en llenante es mayor que la velocidad de la misma en vaciante, debido a que la velocidad depende de la profundidad del agua. Esto origina que el ciclo mareal se haga asimétrico, con menos horas de llenante y más horas de vaciante, lo que a su vez origina que para compensar el desfase temporal, los flujos hacia la cabecera sean sensiblemente más rápidos que los flujos de vaciante, lo que origina finalmente una importación neta de sustancias conservativas, como por ejemplo metales pesados. En la única estación donde la marea no puede invertir la dirección de la corriente - el sector del Fuerte San Luis de Alba, los flujos de los metales Hierro y Mercurio (99710 µg g^{-1}; y 0,24 µg $g^{-1,}$ respectivamente), provienen de algún lugar aguas arriba de esta estación.

<u>Estudio 3:</u> Distribución espacial, cobertura y estado sanitario de macrófitas acuáticas

En este estudio se analizó el estado actual de las macrófitas acuáticas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, mediante el estudio de: i) la distribución espacial y cobertura de las plantas más representativas en el área, ii) la eventual relación entre cobertura de *Egeria densa* (Luchecilllo), *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde) con la concentración de Sólidos suspendidos totales y transparencia del agua, iii) el estado sanitario de esas plantas, iv) las concentraciones de metales pesados en las mismas, mediante comparaciones de plantas obtenidas dentro y fuera del área de estudio, y v) el análisis comparativo entre las concentraciones de metales pesados medidas en plantas de Luchecillo *versus* las medidas en aguas superficiales y sedimentos submareales.

Los resultados muestran que la cobertura espacial actual del Luchecillo en las riberas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, tuvo un notorio aumento en comparación con lo registrado en años anteriores (periodo 2008-2013), donde la presencia de esta macrófita acuática se vio claramente disminuida en el área. Pero no sólo el Luchecillo (*Egeria densa*) incrementó su cobertura espacial, también lo hicieron otras especies de macrófitas sumergidas como el Huiro (*Potamogeton pusillus*) y el Huiro verde (*Potamogeton lucens*).

La transparencia del agua dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y fuera de este, estuvo significativa e inversamente correlacionada con la concentración de Sólidos suspendidos totales (SST). Los valores de estos y aquellos de transparencia del agua dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, variaron interanualmente de modo significativo con la cobertura del Luchecillo (inversa y directamente, respectivamente), la cual aumentó significativamente en período similar de tiempo (Fig. 3).

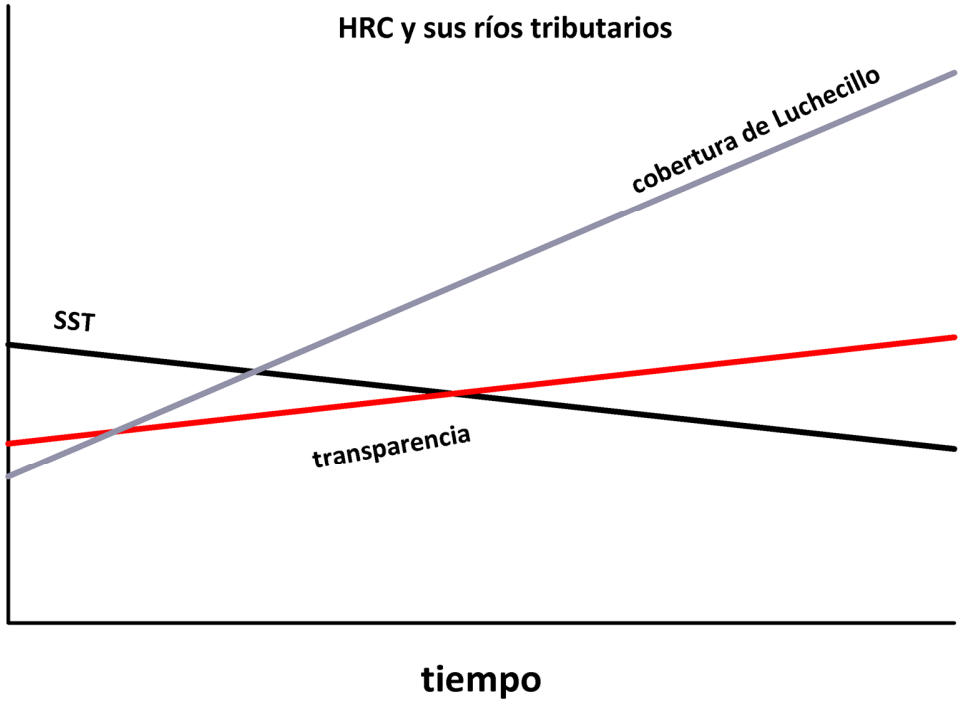


Figura 3. Esquema virtual de la variabilidad interanual de las concentraciones de Sólidos suspendidos totales (SST), transparencia del agua y cobertura de *Egeria densa* (Luchecillo) en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. La escala de tiempo considera el período 2008 - 2015.

En general, el aspecto y/o estado sanitario de plantas de Luchecillo del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, muestra una mejoría notoria en relación al período 2004-2008, situación similar a lo observado en plantas de Huiro y Huiro verde. Las concentraciones de metales pesados medidas por difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido en plantas de Luchecillo recolectadas en el eje central del río Cruces y sus ríos tributarios durante el año 2014, fueron notoriamente menores a las estudiadas durante los años 2004, 2008 y 2009 en la misma área; situación similar a lo observado en plantas de Huiro y Huiro verde en el área de estudio. Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso medidas con ICP - ms en plantas de Luchecillo (mg/kg peso seco) recolectadas en el eje central del río Cruces y sus ríos tributarios durante el año 2014,

fueron significativamente más bajas a las estudiadas durante los años 2004 y 2008 en la misma área y similares a lo observado fuera del humedal (ríos Calle Calle y Valdivia).

Se observó un notorio aumento en la distribución espacial y cobertura de la macrófita acuática Flecha de agua (*Sagittaria montevidensis*) en diferentes sectores del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, lo que sugiere la presencia de un proceso de sucesión ecológica de esta planta.

<u>Estudio 4</u>: Análisis espacio - temporal de la calidad del agua y cobertura de macrófitas acuáticas mediante sensores remotos

El presente estudio buscó evaluar la variabilidad espacial y temporal en la calidad de agua y cobertura de macrófitas acuáticas en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, utilizando indicadores estimados a través de sensores remotos. Para ello, se examinó el archivo histórico de imágenes captadas por las misiones satelitales LANDSAT entre los años 1986 y 2015, seleccionando 18 imágenes correspondientes a los sensores TM y OLI (misiones Landsat 4-5 y 8 respectivamente). Usando estas imágenes se examinó la variación espacial y temporal en la reflectancia de las bandas 1 a 4, y además se ajustaron modelos de distribución para las principales macrófitas acuáticas usando registros de presencia en terreno.

El humedal del río Cruces ha experimentado una importante variación espacio-temporal en sus atributos de calidad del agua, observando dos grandes periodos de variación: el periodo 1986-1999 y el periodo 2000-2015. El primero se caracteriza por una baja turbidez y menor cobertura de macrófitas sumergidas, mientras que el segundo periodo, se caracteriza por pérdida de la transparencia del agua, particularmente en los sectores norte y centro del humedal y por un aumento en la cobertura global de macrófitas sumergidas.

En particular, el periodo 2003-2004 se caracteriza por una importante pérdida de transparencia del agua en varios sectores centro-norte del humedal, mientras el año 2005

presenta una disminución en la cobertura global de macrófitas través de todos los sectores estudiados. De igual manera, los años 2006, 2008 y 2011 se evidencian como hitos de cambio en la calidad del agua y la distribución espacial de macrófitas acuáticas en distintos sectores del humedal. Además, el luchecillo *Egeria densa* muestra un aumento en su distribución entre 1986 y 2002, disminuyendo significativamente en el periodo 2003-2004. Posteriormente, su área de distribución aumenta, al igual que la idoneidad ambiental para esta especie. De esta forma, los cambios observados en el año 2004 se enmarcan en tendencias de mayor escala temporal, las que pueden haber tenido efectos sinérgicos con las perturbaciones antrópicas que impactaron el humedal.

<u>Estudio 5:</u> Estado de la macroinfauna de fondos sedimentarios

Los macroinvertebrados bentónicos que ocurren en fondos sedimentarios son frecuentemente utilizados como indicadores ambientales de integridad biológica, siendo empleados para evaluar la calidad del agua y pesquisar causas de alteraciones ambientales en diferentes ambientes acuáticos. Adicionalmente, el análisis de los cambios en la estructura comunitaria de la macroinfauna (*i.e.,* riqueza de especies y abundancias) y la función de estos macroinvertebrados bentónicos permiten detectar tendencias de cambios temporales en el ambiente acuático. En este estudio se analiza la estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica que habita en los fondos sedimentarios del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Esto con el objetivo general de evaluar el estado actual de la misma e identificar especies características de condiciones ambientales específicas ocurrentes dentro del área de estudio, que pudiesen ser utilizadas en el Programa de Monitoreo del Humedal del Río Cruces (HRC).

Los muestreos se realizaron durante el período comprendido entre el 27 y 30 de noviembre 2014 en los sitios de estudio que se muestran en la Figura 4. Las muestras de sedimento destinadas al análisis de la macroinfauna bentónica y tipos de sedimentos se recolectaron mediante buceo autónomo. Se recolectaron muestras en las orillas y cauces (cuatro muestras por nivel, ocho muestras por sitio) de 12 sitios de muestreo (Fig. 4).

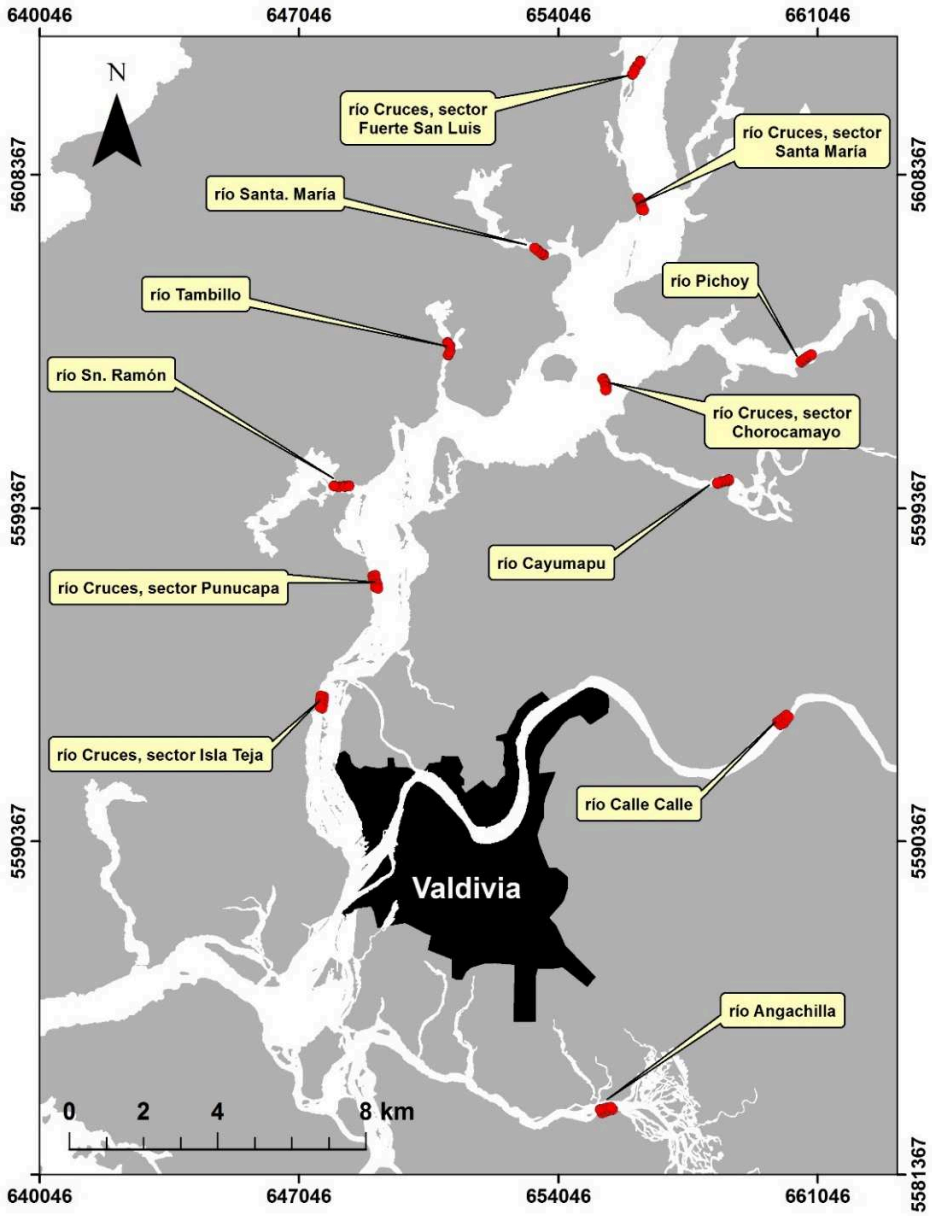


Figura 4. Ubicación de los sitios de muestreo seleccionadas para el estudio de la macroinfauna bentónica de fondos sedimentarios.

Los oligoquetos representados por la familia Tubificidae estuvieron presentes en todas las estaciones muestreadas en el eje central del río Cruces, tanto en la orilla como en el cauce; estos organismos fueron los más abundantes en la mayoría de las estaciones. En los ríos tributarios del humedal del río Cruces, estos oligoquetos fueron también los organismos más abundantes en todas las estaciones, con excepción del cauce del río

Pichoy donde estuvieron ausentes. Las abundancias promedios más altas de Tubificidae ocurrieron en el cauce del río Santa María (5113,6 ind/m^2).

Otro taxón numéricamente importante fue el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica*, con la abundancia más alta (9772,7 ind/m^2) en el río Cruces, sector Isla Teja (orilla). En los ríos tributarios del humedal, esta especie estuvo presente sólo en el río San Ramón con abundancias promedios bajas (113,6 ind/m^2), tanto en la orilla como en el cauce. El crustáceo *Paracorophium hartmannorum* (Amphipoda) sólo se detectó en los sedimentos del sector Isla Teja (río Cruces) y en los del río Calle Calle y Angachilla, con las abundancias promedio más altas en este último sitio. En resumen, los oligoquetos de la familia Tubificidae dominaron en el eje central del río Cruces, en los ríos tributarios de éste y fuera del humedal (16022,7, 23920,4 y 29034,1 ind/m^2, respectivamente). El poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* fue más abundante fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (27840,9 ind/m^2), los insectos fueron más abundantes en los ríos tributarios del río Cruces (5511,5 ind/m^2), a la vez que el anfípodo *Paracorophium hartmannorum* fue más abundante fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (16761,3 ind/m^2).

La biomasa total de la macroinfauna estuvo dominada por el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* alcanzando su valor máximo en las orillas del río Angachilla (3,36 g/m^2). Le sigue en importancia el oligoqueto de la familia Tubificidae con una biomasa total de 1,97 g/m^2 en las orillas del río Calle Calle y por último el anfípodo *Paracorophuim hartmannorum*, el cual presentó el valor de biomasa más alto en las orillas del río Angachilla (2,96 g/m^2).

En general, no se encontraron diferencias significativas en las características de los sedimentos donde estos taxa estuvieron presentes o ausentes. El sedimento donde habita el oligoqueto de la familia Tubificidae, tiene arenas con granos significativamente más finos que los sedimentos donde este taxón está ausente. Los sedimentos donde ocurre *Prionospio (Minuspio) patagonica* tuvieron porcentajes de arena significativamente más

altos que los sedimentos donde este poliqueto estuvo ausente, a la vez que donde estuvo presente las concentraciones de materia orgánica total y agregados biogénicos fueron más bajas que en los sedimentos donde no fue recolectado.

Prionospio (Minuspio) patagonica y oligoquetos de la familia Tubificidae fueron los grupos que contribuyeron en mayor medida a explicar la similitud faunística entre las muestras obtenidas en las orillas y los cauces de los sitios estudiados y por lo tanto, aportaron con una mayor homogeneidad de los datos. Lo anterior es la base para considerar a estos taxa como especies tipo a ser monitoreadas. Esta conclusión es coincidente con lo propuesto en el estudio "Recopilación y análisis de información en apoyo para la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental, para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Convenio UACh – CONAMA 2009", donde se sugiere a estas especies como organismos a ser incluidos en monitoreos ambientales.

<u>Estudio 6:</u> Estado de la macrofauna de fondos ritrales

La macrofauna bentónica que habita fondos acuáticos compuestos de rocas o bolones (*i.e.*, fondos ritrales o pedregosos), está compuesta por organismos que se adhieren a rocas o bolones, o bien se refugian entre estos para protegerse de ser arrastrados por la corriente. La mayor parte de los invertebrados que componen esa macrofauna, son larvas y estados inmaduros de insectos con ciclos de vida anfibio como plecópteros, efemerópteros, tricópteros, dípteros y coleópteros, cuyos estados pre adultos viven en el fondo de los ríos por periodos que fluctúan entre meses y años.

Debido a su sensibilidad a condiciones estresantes, a su movilidad limitada y al hecho de que tengan ciclos de vida que pueden superar el año, estos organismos bentónicos, permiten detectar cambios ambientales asociados por ejemplo, al ingreso de altas cargas de materia orgánica a los cuerpos acuáticos, lo que puede influir adversamente sobre las funciones fisiológicas de las especies, como por ejemplo, efectos sobre la reproducción y el reclutamiento. La periodicidad de los estudios que incluyen este

tipo de organismos es relevante, ya que la presencia de los mismos en el medio acuático depende de la estación ya que en un período del año dejan ese ambiente y emergen como organismos adultos.

Debido a lo anterior, el estudio de la macrofauna de los organismos bentónicos - y fundamentalmente insectos - en fondos ritrales, constituye una herramienta eficaz para evaluar eventuales cambios ambientales en sistemas acuáticos como es el caso de la porción superior del río Cruces, constituida mayoritariamente por fondos pedregosos. De ahí que se incluyera en este Programa de Diagnóstico, el estudio del estado actual de este tipo de fauna, a fin de contar con un elemento más para evaluar el estado actual del humedal del río Cruces.

Los muestreos se realizaron durante el otoño y la primavera del año 2014 en los sitios que se muestran en la Figura 5. Las estaciones de muestreo se dispusieron sobre sustratos de ripio grueso o bolones de 8 a 15 cm de diámetro, en la zona marginal del cauce hídrico y a una profundidad no superior a los 60 cm, la cual es el límite de alcance del brazo del operador del artefacto de muestreo. Las muestras fueron obtenidas con una red Surber (área muestreal de 0,09 m^2) provista con malla de 250 µm de trama; ésta se usó por cinco minutos para la obtención de cada muestra; los clastos (rocas) recogidos en el marco de 30 x 30 cm, fueron frotados a mano en la boca de la red, lo cual permitió que los animales removidos, fueran arrastrados por la corriente dentro del artefacto. Las muestras recolectadas (n = 3 por sitio de muestreo), se almacenaron en bolsas plásticas con etanol al 90% debidamente etiquetadas, para la posterior identificación y recuento de la fauna bajo lupa estereoscópica y microscopio. Para evaluar la calidad del agua mediante indicadores biológicos (macroinvertebrados bentónicos) se utilizó el Índice Biótico de Hilsenhoff modificado (RBP III) (Plafkin *et al*., 1989).

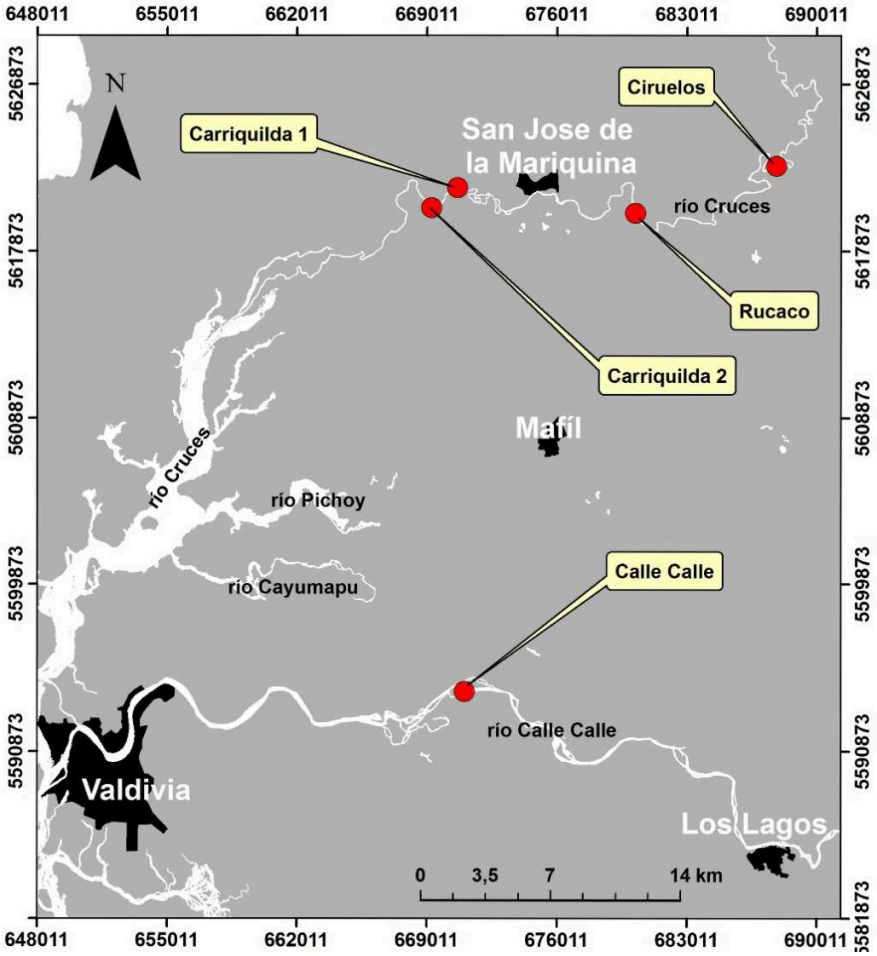


Figura 5. Ubicación de los sitios de muestreo para el estudio de la macrofauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del río Cruces y río Calle Calle.

La macrofauna de invertebrados bentónicos de los fondos ritrales del río Cruces y río Calle Calle, en los periodos y sitios estudiados, estuvo compuesta por 33 especies, con dominancia de insectos (25), seguidos de moluscos (4), crustáceos, arácnidos, anélidos y platelmintos (cada grupo con una especie). La riqueza de especies dentro de los sitios de estudio, varió entre 9 (río Calle Calle) y 18 (río Cruces, sectores Ciruelos y Carriquilda 2) durante la estación de otoño y entre 9 (río Calle Calle) y 15 (río Cruces, sectores Rucaco y Carriquilda 2), durante la estación de primavera. La abundancia total promedio de invertebrados bentónicos dentro de los cinco sitios de muestreo, varió entre 878 ind/m^2 (río Calle Calle) y 1600 ind/m^2 (río Cruces, sector Ciruelos) durante la época de otoño y

entre 478 (río Cruces, sector Carriquilda 1) y 1663 (río Cruces, sector Rucaco) durante la primavera.

Durante el otoño, las especies dominantes, de acuerdo a su abundancia (ind/m^2) fueron los insectos *Smicridea annulocormis* (25%) en el río Cruces, sector Ciruelos, *Luchoelmis* sp. (17,9%) en el río Cruces, sector Rucaco, *Alluaudomya* sp. (28,1%) en el río Cruces, sector Carriquilda 1, el molusco *Littoridina cumingi* (28,3%) en el río Cruces, sector Carriquilda 2 y el crustáceo *Aegla abtao* (29,5%) en el río Calle Calle. Durante la primavera, el insecto díptero, *Eukieffiriella* sp. dominó en los cinco sectores muestreados representando desde un 14,5% (río Cruces, sector Rucaco) y hasta un 22,6% (río Cruces, sector Carriquilda 1) de la población total.

De acuerdo al Índice de Hilsenhoff, la calidad del ambiente acuático en el área de estudio y durante el otoño presentó los valores más altos de calidad de agua (muy buenos) en los sectores de Ciruelos y Calle Calle. En los otros tres sectores, la condición encontrada fue buena, indicando que puede existir algo de contaminación orgánica. Durante la estación de primavera, se registró la misma condición para todos los sectores (muy buena); *i.e.*, puede existir una leve contaminación orgánica. El término "contaminación" empleado anteriormente, se refiere a una traducción textual del Índice creado por Hilsenhoff en 1988. En general entonces, los valores del Índice Biótico muestran, que toda el área estudiada posee buena o muy buena calidad de agua en cuanto a carga orgánica se refiere.

Considerando los valores de abundancia y los índices de tolerancia de las especies anteriormente mencionadas, es recomendable utilizar como bioindicadoras de carga orgánica a las especies *Smicridea annulocormis*, *Eukiefferiella* sp., *Alluaudomya* sp., *Littoridina cumingi* y *Aegla abtao*, considerando que todas estas especies poseen valores de tolerancia entre 4 y 6, lo que indica que no son ni muy tolerantes ni muy resistentes a eventos de enriquecimiento orgánico. Es decir, si las abundancias de las mismas varían

significativamente, se estaría ante una carga relativamente alta de materia orgánica sobre el medio acuático.

<u>Estudio 7:</u> Estado de la fauna de camarones

En las aguas continentales de Chile habitan seis especies de la familia Parastacidae (Crustacea, Decapoda): *Samastacus spinifrons*, *Parastacus nicoleti*, *Parastacus pugnax*, *Virilastacus araucanius*, *Virilastacus rucapihuelensis* y *Virilastacus retamali*; con excepción de la primera, todos estos camarones son especies endémicas cuya distribución geográfica en conjunto se encuentra entre el río Aconcagua por el norte y la península de Taitao por el sur (Rudolph, 2010). Del conjunto de especies arriba mencionadas, *S. spinifrons* o Camarón de río y *P. nicoleti* o Camarón de vega, han sido mencionadas como crustáceos comunes en el humedal del río Cruces (http://www.ceachile.cl/Cruces/Fauna.htm). Estas últimas especies tienen un rol relevante en la estructura de las tramas tróficas en los cuerpos acuáticos donde ocurren, ya que son parte importante de la dieta de peces salmonídeos, anfibios, aves y mamíferos acuáticos.

Existen características relacionadas a la historia de vida de los parastácidos en general (*i.e.*, crecimiento lento, baja fecundidad, maduración sexual tardía y largos períodos de desarrollo embrionario y post embrionario temprano), que hacen de los camarones de aguas continentales, organismos particularmente sensibles a los cambios o intervenciones en el hábitat que viven. Debido a lo mismo y en conjunto a otras características de los mismos, como facilidad de captura y tamaños convenientes para ser manipulados y estudiados, hacen de estos crustáceos bioindicadores adecuados para evaluar cambios en el tiempo en la calidad de agua de cuerpos acuáticos continentales.

Es en el contexto de lo anterior que se seleccionó a los camarones que habitan en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, como parte del presente Programa de Diagnóstico. Esto con el objetivo general de conocer la distribución espacial, abundancia y eventual acumulación de elementos y compuestos químicos en los tejidos corporales de

un tipo de invertebrado, que constituye la base de la dieta trófica de depredadores tope en el área de estudio y que son adecuados bioindicadores de calidad de agua.

Durante los meses de abril, mayo y junio de 2014 se procedió a realizar muestreos tendientes a recolectar camarones de río (*Samastacus spinifrons)* correspondientes a la campaña de otoño, mientras que durante los meses de octubre y noviembre de 2014 se recolectaron los camarones para la campaña de primavera. Ambas campañas se realizaron en las estaciones que se indican en la Figura 6. La captura de *S. spinifrons* se realizó con un equipo de pesca eléctrica EFKO-Elektrofischfanggeräte GMBH, Typ FEG 1500, el cual se utilizó en áreas ribereñas de cada sitio donde estuviera presente vegetación, troncos, palos o piedras, el microhábitat donde esta especie ocurre preferentemente. Los muestreos se realizaron a lo largo de tres secciones aleatorias de aproximadamente 15 metros de extensión cada una; el tiempo de trabajo en cada sección fue de aproximadamente 8 minutos.

Durante la primera campaña (otoño) no se encontraron individuos de *Samastacus spinifrons* en la estación 10 (río Cayumapu interior), situación probablemente relacionada a la baja representatividad del microhábitat preferente de esta especie en las riberas de este río. Debido a eso y al hecho de que en las riberas del río Cayumapu hay una representatividad alta de vegas donde destaca la presencia de las chimeneas de las madrigueras del Camarón de vega *Parastacus nicoleti*, se procedió a recolectar especímenes de esta especie para análisis de concentraciones de elementos y compuestos químicos en los tejidos corporales de los mismos. Durante el muestreo de primavera, también se capturaron especímenes de *P. nicoleti* en otro sitio donde el microhábitat de esta especie está comúnmente representado: una vega ubicada al interior del Fundo Santa Rosa de la UACh y no conectada al humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Fig. 6). La captura de los especímenes de *P. nicoleti* se realizó con bombas de vacío parcial, construidas artesanalmente.

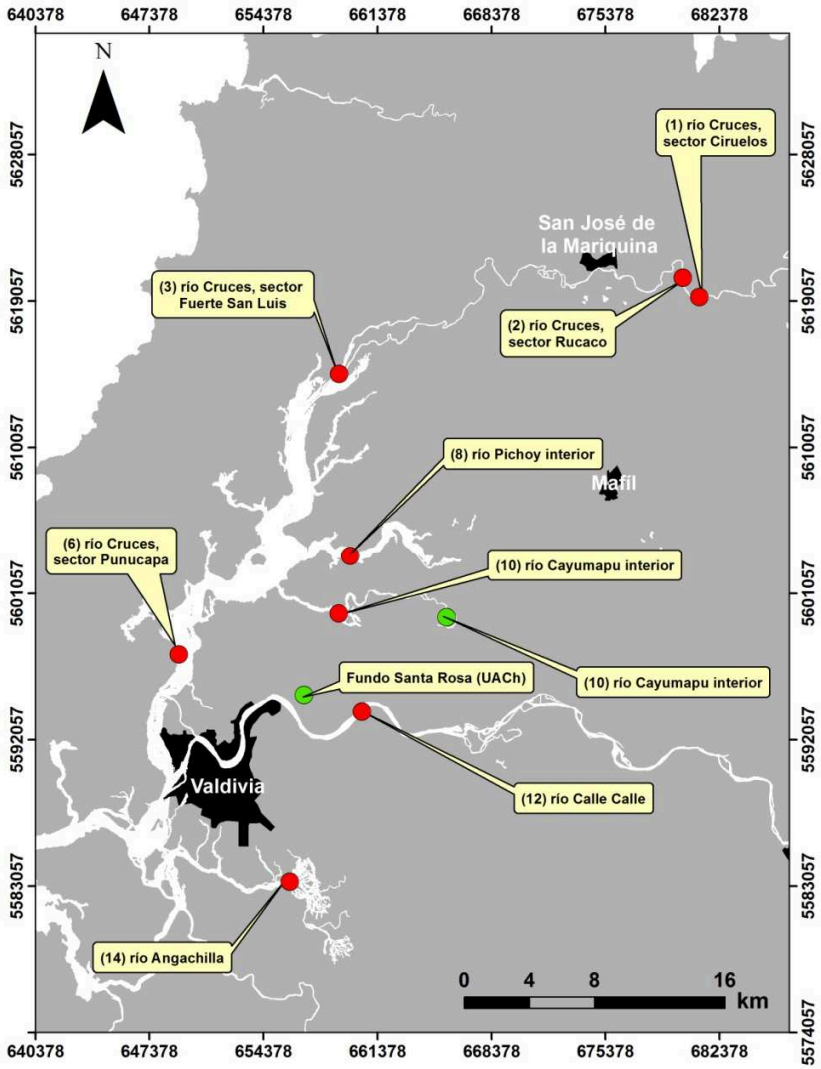


Figura 6. Ubicación de las estaciones de muestreo seleccionadas para el estudio del Camarón de río *Samastacus spinifrons* (puntos rojos). Los puntos en verde indican los sitios donde se recolectaron especímenes del Camarón de vega *Parastacus nicoleti* (ver más abajo).

Durante la campaña de otoño, las abundancias más altas del camarón de río *Samastacus spinifrons* se encontraron en las estaciones 2, 3 y 8 (río Cruces, sectores Rucaco y Fuerte San Luis y río Pichoy interior, respectivamente), a la vez que durante la campaña de primavera, las mayores abundancias ocurrieron en el río Cruces, sector Punucapa y en el río Calle Calle (estaciones 6 y 12, respectivamente). En general (*i.e.,* considerando a todos los especímenes recolectados de *Samastacus spinifrons*), los

camarones de río recolectados durante la campaña de otoño presentaron rangos de tallas superiores a los estudiados durante la campaña de primavera, lo que probablemente es el resultado de un proceso de reclutamiento de nuevos individuos (*i.e.,* juveniles).

En general, las concentraciones promedio de Hierro, Aluminio, Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en especímenes de *Samastacus spinifrons*, fueron similares a las concentraciones promedio de estos metales pesados en crustáceos decápodos y encontradas en la literatura. Sin embargo, las concentraciones más altas de Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en este estudio fueron más bajas que los valores más altos tomados de la literatura. Las concentraciones promedio de Hierro, Aluminio y Cobre en tejidos de *Parastacus nicoleti*, fueron más altas que los valores encontrados en la literatura para crustáceos decápodos, situación probablemente relacionada al tipo de alimentación de este camarón (sedimentívoro). Similar a lo observado en *Samastacus spinifrons* y aun cuando las concentraciones promedio de Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en *Parastacus nicoleti* fueron similares a los valores referenciales, los rangos de variabilidad fueron más bajos. En ninguno de los camarones aquí estudiados se detectó Arsénico.

Las concentraciones promedios y rangos de AOX obtenidos en los camarones analizados en este estudio son similares a las encontradas en la literatura, a la vez que los rangos en las concentraciones de EOX son menores en los camarones estudiados en este Programa, aun cuando los promedios son similares. Las concentraciones promedio de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en los camarones recolectados durante este estudio, fueron inferiores a los valores citados en la literatura para crustáceos decápodos. En ninguna de las muestras analizadas se detectaron los congéneres de Dioxinas 2,3,7,8-TCDD y 1,2,3,7,8-PCDD.

Estudio 8: Estado de la ictiofauna

El humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, posee un número importante de especies de peces nativas e introducidas http://ceachile.cl/Cruces/Fauna.htm#peces).

Estas especies requieren de áreas como las presentes en este humedal para su desarrollo temprano, dado que allí encuentran abundante alimento orgánico particulado, producto resultante del material que es arrastrado por el río y termina por depositarse en el fondo de éste. Alguno de estos peces son habitantes permanentes y otros transitorios del humedal del río Cruces, por lo que constituyen bioindicadores apropiados para evaluar el estado ambiental de este cuerpo de agua, ya que interactúan con todos los elementos abióticos y bióticos del ecosistema.

Los peces han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países y han sido considerados como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad de preservar la calidad de ríos y lagos. Debido a lo anterior, la caracterización de la ictiofauna de cualquier cuerpo acuático es importante porque la misma es una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (y puede ser utilizada en la confección de índices de la calidad del medio acuático y definir el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos.

Por otra parte, los cambios en la calidad del agua pueden resultar en consecuencias significativas para el estado sanitario de la ictiofauna; consecuentemente, el análisis de la salud de la ictiofauna, es de importancia relevante, ya que permite evaluar la eventual presencia de agentes patógenos asociados a cambios en la estructura macro y microscópica de los tejidos. Esto último permite establecer el estado de salud o enfermedad en las poblaciones naturales, como también deformaciones y trastornos de la reproducción. Del mismo modo, los cambios microscópicos de los tejidos se pueden asociar a la presencia de sustancias tóxicas, resultantes de productos exógenos introducidos en la columna de agua.

En el marco de lo anteriormente expuesto, es que se ha diseñado el presente estudio, el cual apunta a evaluar estacionalmente (otoño y primavera) parámetros comunitarios y poblacionales de la ictiofauna del área de estudio, además de caracterizar

la situación sanitaria de los integrantes de la misma y evaluar la eventual bioacumulación de elementos y compuestos químicos en tejidos de los peces del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Durante abril del año 2014 se procedió a realizar muestreos tendientes a estudiar la ictiofauna ribereña correspondiente a la campaña de otoño del presente Programa de Diagnóstico, mientras que durante los meses de octubre y noviembre del mismo año, se recolectaron los peces correspondientes a la campaña de primavera. Ambas campañas se realizaron en las estaciones que se muestran en la Figura 7. La captura de peces se realizó con un equipo de pesca eléctrica EFKO-Elektrofischfanggeräte GMBH, Typ FEG 1500 el que se utilizó a lo largo de tres secciones de aproximadamente 15 m y ubicadas aleatoriamente en las riberas de cada sitio de muestreo. El tiempo de trabajo en cada sección fue de aproximadamente 8 minutos.

Durante mayo y junio de 2014 (campaña de otoño), se recolectaron muestras de peces del cauce en la estación 6, 8, 10 y 12 (Fig. 7). Durante octubre y noviembre de 2014 (campaña de primavera), se realizaron muestreos en las estaciones 1, 6, 8, 10 y 12 (Fig. 7). La captura de peces se realizó con diferentes artes de pesca incluyendo: uso de mallas de 50 m de largo, 4 m de alto y aberturas de 2 y 4 cm, uso de espineles y lienzas con anzuelo. Estas artes de pesca estuvieron destinadas a obtener especímenes de Pejerrey *(Basilichthys australis),* Trucha arco íris (*Oncorhynchus mykiss)*, Trucha café (*Salmo trutta*) y Carpa (*Cyprinus carpio*), ya que por experiencia de los investigadores y lugareños del humedal, estas especies son las más representativas de los cauces del área de estudio. Se entiende por cauce a las secciones de los sitios de estudio, con profundidades superiores a dos metros aproximadamente. Todos los peces capturados se midieron y pesaron (peso húmedo; 0,01 g de precisión) con el objetivo de analizar las relaciones longitud - peso y el índice de condición de cada una de esas especies (cuando hubo suficiente número de especímenes).

Para estudios de concentraciones de elementos y compuestos químicos, se trabajó con ejemplares completos de Puye, mientras que para el caso de los peces capturados en los cauces (Salmonídeos, Carpas y Pejereyes), se eligió tejido muscular. Los ejemplares completos y los tejidos obtenidos se lavaron con abundante agua desionizada, se sonicaron para eliminar los restos de sedimento que pudieran haber quedado adheridos a los mismos y luego se secaron por liofilización; posteriormente, los tejidos asi tratados se pulverizaron. Las muestras así preparadas para análisis de metales pesados, se atacaron mediante una digestión ácida en microondas para posteriormente ser analizadas por Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama. Debido a la conocida baja concentración de Plomo en esta matriz, los análisis para cuantificar la concentración de este elemento se realizaron con ICP-MS y/o Espectroscopía de Absorción Atómica con horno de grafito. Luego de la adsorción de los compuestos halogenados en carbón activado y extracción con un solvente (AOX y EOX, respectivamente), las muestras se analizaron mediante titulación microcoulombimétrica según la Norma Europea EN ISO 9562 y EN 1485, respectivamente. Las muestras para análisis de Dioxinas y Furanos fueron analizadas en el laboratorio Marschwood Scientific Service en Inglaterra, mediante Cromatografía Gaseosa de Alta Resolución-Espectrometría de Masa de Alta Resolución (HRGC-HRMS), de acuerdo al método EPA 1613.

Para establecer el estado sanitario de la ictiofauna del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, evaluar eventuales enfermedades infecto-contagiosas (de origen bacteriano, viral, parasitario o micótico) y la presencia de agentes patógenos y/o potencialmente patógenos, se consideraron cinco especies (*Galaxias maculatus*, *Basilichthys australis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta* y *Cyprinus carpio*), dentro de las cuales se eligieron tres especies por estación de muestreo. Los peces fueron analizados en el Laboratorio de Biotecnología y Patología Acuática, Laboratorio de Anatomía Patológica y Laboratorio de Parasitología del Instituto de Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile.

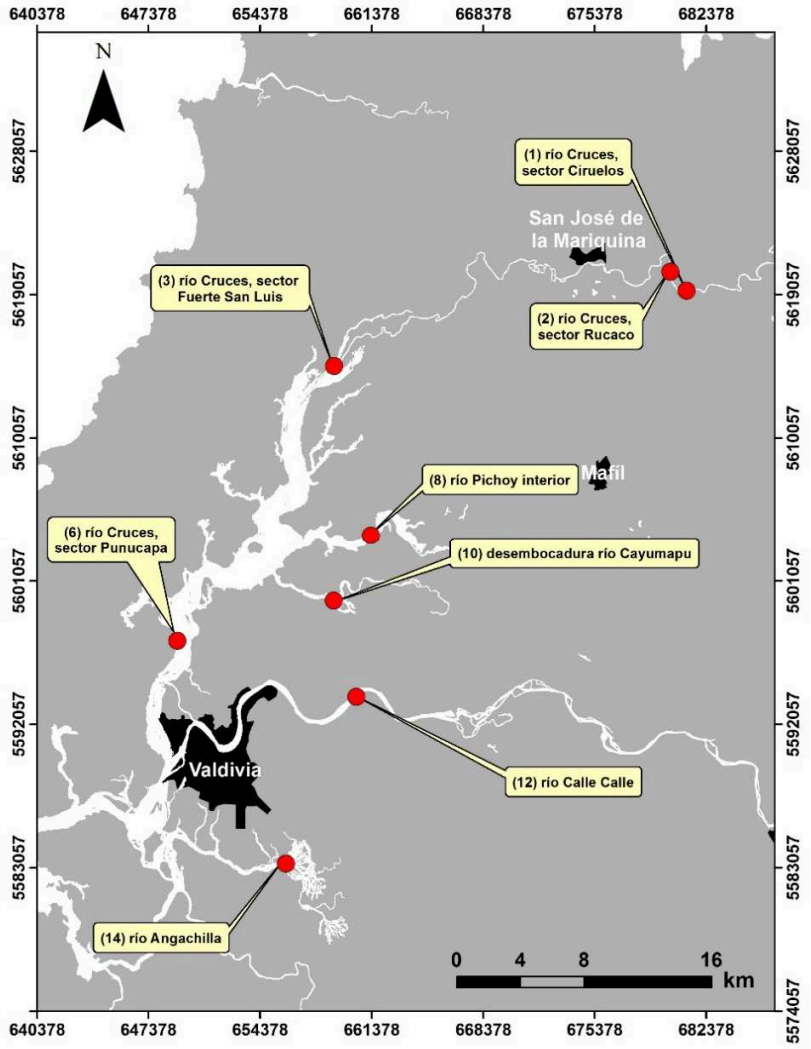


Figura 7. Ubicación de los sitios de muestreo seleccionados para los estudios de la ictiofauna del área de estudio.

Siete de las especies recolectadas en las riberas del área de estudio son nativas (Puye o *Galaxias maculatus,* Perca trucha o *Percichthys trucha*, Carmelita o *Percilia gillissi*, Pocha o *Cheirodon sp*., Lamprea de bolsa o *Geotri australis*, Bagre de agua dulce o *Trichomycterus areolatus* y Pejerey Chileno o *Basilichthys australis*) y dos introducidas (Pez mosquito o *Gambusia affinis* y Trucha arco iris u *Oncorhynchus mykiss*). Los peces capturados en los cauces de los sitios estudiados estuvieron representados por cinco especies: una nativa (*Basilichthys australis*) y cuatro introducidas (Trucha arco iris u

Oncorhynchus mykiss, Trucha café o *Salmo trutta*, Salmo coho o *Oncorhynchus kysutch* y Carpa o Cyprinus carpio).

Durante las campañas de otoño y primavera, la ictiofauna de las riberas de las estaciones estuvo dominada por *Galaxias maculatus* (Puye). El pez mosquito *Gambusia affinis* contribuyó principalmente durante la campaña de otoño, mientras que para la campaña de primavera no se detectó su presencia en varias estaciones (*e.g.,* estaciones 1 y 2 (río Cruces, sectores Ciruelos y Rucaco), estaciones 8 y 10 (ríos Pichoy y Cayumapu) y estación 12 (río Calle Calle)). Los valores más altos en cuanto a número, diversidad y riqueza de especies se refiere, se encontraron durante la campaña de otoño, la cual disminuyó hacia primavera. Las longitudes y pesos medidos durante la campaña de primavera, presentan un aumento en relación a otoño (*e.g.,* para el Puye, su longitud promedio considerando todas las estaciones aumentó de 4,7 ± 0,1 cm a 5,8 ± 0,9 cm, mientras que el peso varió 0,7 ± 0,5 g a 1,4 ± 0,7 g). A pesar de estas diferencias, las relaciones longitud-peso para las dos especies más representativas presentes en las distintas estaciones de las riberas son bastantes similares entre sí, demostrando que existe un crecimiento similar para los distintos lugares de estudio.

Aun cuando los rangos en las concentraciones de Hierro medidas en los puyes fueron similares a los encontrados en la literatura, la concentración promedio de este metal fue más alta que la concentración promedio de valores referenciales tomados de la literatura; situación similar fue la observada para el Aluminio y Manganeso en estos peces, metales que no fueron detectados en los tejidos musculares de los peces de los cauces (pejereyes, carpas y truchas). El Cobre sólo fue detectado en puyes con concentraciones similares, pero rangos más estrechos a los valores de la literatura. El Zinc tuvo concentraciones más altas en puyes cuando fueron comparadas con los otros peces aquí estudiados y con los valores referenciales (los rangos de variación fueron más estrechos en pejerreyes, carpas y truchas). Por otra parte, las concentraciones promedio de Zinc fueron similares a través de todas las comparaciones pero con rangos de mayor

variabilidad en puyes. El Mercurio presentó concentraciones promedio inferiores a los valores referenciales en todas las familias, con excepción de Salmonidae (truchas), sin embargo, los rangos máximos de la literatura son superiores a los rangos obtenidos para las truchas.

Las concentraciones promedio de AOX en los peces aquí estudiados fueron similares a los valores referenciales (estos con valores más altos en sus rangos), a la vez que las concentraciones promedios y rangos de EOX fueron más altos que los valores de la literatura en todos los peces del área de estudio. Se detectaron dioxinas y furanos en algunos de los peces analizados. En general, las concentraciones promedio de Equivalentes Tóxicos (EQTs) medidas en todos los peces aquí estudiados son similares a las encontradas en la literatura; sin embargo, los rangos máximos obtenidos en los especímenes de la familia Galaxiidae son superiores a los valores referenciales. Se detectó la presencia de las Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD (asociada a procesos industriales e incendios forestales, por ejemplo) en varios de los peces analizados (puyes, carpas y truchas) pero en muy bajas concentraciones.

Existe infección de diferentes parásitos en la mayoría de los tejidos de los Puyes (*G. maculatus*) de todas las estaciones. La parasitosis a nivel branquial por *Dactylogirus* sp. es la de mayor presencia en los peces del área de estudio y en algunos casos se observó asociado a daño epitelial, especialmente en los Puyes. Destaca también la presencia de los parásitos protozoarios *Trichodina* sp., *Costia* sp. e *Ichthiophthirius* sp. en mucus de piel y branquias de los peces del humedal. Estos parásitos pueden aumentar su número muy rápidamente, si las condiciones ambientales afectan la respuesta defensiva de los peces, causando daño epitelial extenso que conlleva mortalidad.

No se observaron lesiones indicativas de un cuadro infeccioso bacteriano o viral específico en los peces examinados. Los análisis por RT-PCR IPNV confirman este

resultado, aunque se visualiza daño histológico a nivel de páncreas en 3 Truchas café (*S. trutta*) de la estación 10 (Cayumapu).

Se detectó resistencia a agentes antimicrobianos utilizados en la salmonicultura en las bacterias aisladas de riñón e hígado de peces del humedal. Este hallazgo es muy importante porque representa un riesgo de transmisión de esta resistencia a las infecciones bacterianas en las personas, disminuyendo la eficiencia de los tratamientos antibacterianos constituyendo riesgo vital y por las reacciones de hipersensibilidad que pueden desarrollar las personas alérgicas.

El análisis de las muestras de Truchas (*O. mykiss*) del humedal del río Cruces indica que un 72% presenta niveles basales de expresión de la citoquina IFN-1 y que en un porcentaje menor (27%), no fue posible determinar la expresión de esta molécula antiviral. No se detectó micosis en los peces examinados ni lesiones microscópicas indicativas de un cuadro tóxico o carencial en los peces examinados.

<u>Estudio 9:</u> Estado de la fauna de anfibios (ranas) y reptiles

Se determinaron índices de riqueza específica y abundancia de anfibios y reptiles en el área del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. En conformidad con el artículo 37 de la Ley nº 19300, se realizó una revisión bibliográfica de la literatura con el propósito de establecer la presencia de las especies de ranas y reptiles potenciales de ser encontradas en el área de estudio. Posteriormente se efectuaron dos campañas de terreno (mayo y octubre 2014); se utilizó la técnica de Relevamiento por Encuentros Visuales, considerada como la más adecuada para la evaluación rápida de anfibios y reptiles en grandes áreas - especialmente en hábitats uniformes donde la visibilidad es buena - y también para reptiles que habitan en el suelo y que son activos en áreas abiertas. Cada individuo recolectado fue inspeccionado *in situ* para determinar eventuales infecciones con ácaros u otros parásitos. En el caso de los anfibios y con ayuda de material quirúrgico se tomaron algunos quistes subcutáneos para análisis morfológicos de

parásitos mediante microscopía óptica. Además se evaluó la presencia de la bacteria *Mycobacterium marinum* presente en Chile y asociada a anfibios como *Calyptocephalella gayi*. Para cada sitio prospectado se confeccionó un catastro de las especies de anfibios y reptiles existentes, estimándose riqueza específica, densidad y abundancia relativa, mediante el esfuerzo de muestreo realizado.

Se recolectaron siete de las ocho especies de anfibios potenciales de ocurrir de ser encontradas en el área de estudio y tres especies de reptiles, estas últimas coincidiendo con lo esperado. La especie de anfibio más abundante fue la ranita de antifaz (*Batrachyla taeniata*), mientras que la especie de reptil más abundante fue la lagartija de vientre azul (*Liolaemus cyanogaster*). El sector con mayor abundancia de anfibios (51 especímenes) fue el sector ribereño adyacente al río San José, mientras que el de mayor abundancia de reptiles (24 especímenes) fue el sector aledaño al río Cayumapu. El sector con mayor diversidad de especies de anfibios y reptiles fue el sector de Punucapa. Se encontraron parásitos en cinco especímenes de la rana de hojarasca (*Eupsophus roseus*) y correspondieron a estados larvales de ácaros, probablemente de la familia Trombiculidae. No detectó presencia de micobacterias.

La mayoría de los especímenes fueron observados asociados a lagunas y/o cauces tributarios y en parches boscosos con hojarasca, por lo que se evidencia la importancia y necesidad de que existan estos microhábitats para la conservación de los anfibios. El área de estudio representa una comunidad heterogénea de anfibios y reptiles; sin embargo, a pesar de la alta probabilidad de encontrar anfibios y reptiles, sus hallazgos están condicionados principalmente a la época reproductiva donde son más fácilmente detectables. No se detectó presencia de la Tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*), aunque se presume que puede estar en el humedal y en sectores más cercanos a la ciudad de Valdivia. Se recomienda el seguimiento de *T. s. elegans* que, dada su voracidad, representa un potencial peligro para especies tales como pequeños peces,

anfibios y camarones de río, sustento alimentario de muchas especies de aves acuáticas del humedal como garzas.

Estudio 10: Estado de la avifauna

El humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), es un humedal influenciado por la marea, que desde sus inicios en 1960 fue colonizado por una alta diversidad de plantas y aves acuáticas, en particular por contener la más grande población de Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) de la región, lo cual fue reconocido al otorgarle el status de ser el primer humedal RAMSAR de interés internacional en la región. En base a los datos de censos de la avifauna del HRC realizado por CONAF desde 1991 a diciembre del año 2014, se entrega por primera vez un análisis detallado y actualizado de los patrones comunitarios y poblacionales de ensamble de aves acuáticas del HRC. A nivel comunitario se detallan los patrones de variabilidad espacial y temporal en la riqueza, diversidad, uniformidad y dominancia de la avifauna presente en el humedal. A nivel poblacional, se describe la variabilidad espacio-temporal y las tendencias inter e intra-anuales en abundancia poblacionales de tres especies herbívoras y piscívoras. Los resultados se discuten en relación a la potencial relación con la variabilidad ambiental y antropogénica en el área y el potencial de recuperación de la abundancia poblacional de las aves herbívoras y en particular, del Cisne de cuello negro.

El ensamble de la avifauna en el humedal del río Cruces presenta una alta variabilidad temporal asociada a cambios significativos en sus índices de riqueza, diversidad, uniformidad y dominancia entre los periodos de tiempo antes y después del año 2004. La mayor diversidad de la avifauna se asocia a los sectores del eje central del humedal, lo cual puede estar asociado a disponibilidad de alimento y/o extensión del área de este hábitat.

Los resultados obtenidos sugieren que desde el año 2011 la estructura comunitaria está retornando a los rangos de variación observados antes del año 2004. Para el periodo

de tiempo estudiado, la variabilidad temporal y espacial de la abundancia poblacional de especies herbívoras y piscívoras presenta diferencias significativas entre los periodos antes y después del año 2004, y con aumentos en abundancia en los sectores del eje central del humedal. Mientras la abundancia de especies herbívoras (Cisne de cuello negro, Taguas y Taguitas) fue afectada negativamente, la abundancia de especies piscívoras (Garza blanca grande, chica y cuca) fue afectada positivamente por los cambios ambientales experimentados en el año 2004 dentro del humedal del río Cruces. Ambos grupos funcionales se distribuyen en mayor abundancia en los sectores del eje central del humedal del río cruces.

Las concentraciones de elementos y compuestos químicos encontradas en tejidos biológicos de cisnes y garzas fueron más bajas que las indicadas para aves en la literatura. Los tejidos de las garzas analizadas muestran mayores concentraciones de Mercurio, Dioxinas y Furanos que los cisnes analizados, aun cuando estas últimas están en bajas concentraciones y en varios casos cerca del límite de detección del método utilizado. Se detectó la presencia de la 2,3,7,8-TCDD en uno de siete cisnes estudiados (tanto en tejidos hepáticos como musculares); por el contrario, la 1,2,3,7,8-PCDD apareció en tres de siete cisnes. Ambos congéneres de dioxinas fueron detectados en los músculos de las cuatro garzas analizadas.

<u>Estudio 11:</u> Estado de la fauna de mamíferos acuáticos

Hasta mediados de los años 70, los mamíferos acuáticos en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios estaban representados por el Coipo (*Myocastor coypus*) y el Huillín (*Lontra provocax*). A partir de los años 70 y producto de escapes y liberaciones intencionadas desde fábricas peleteras ubicadas en el sur de Chile, el Visón (*Neovison vison*) – mamífero acuático invasor y nativo de Norte América - comenzó a ocurrir en diferentes áreas de esta región y en zonas aledañas al sector del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; siendo cada vez más frecuentes los indicios de daños por su actividad en la zona como por ejemplo, ataques a criaderos de aves domésticas. En el contexto de lo anterior y con el objetivo de evaluar el estado actual de estos mamíferos acuáticos, se

estudió la presencia, distribución espacial y abundancia relativa del Visón, Coipo y Huillín en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Durante el período comprendido entre el 21 de octubre y 7 de diciembre de 2014, se instalaron trampas tipo Tomahawk para capturar ejemplares de Visón en las riberas del río Cruces (sectores La Dehesa, península San Ramón & río San Ramón y San Martín) y en las de los ríos tributarios Tambillo, Cayumapu, Pichoy y Cudico. Los resultados obtenidos de capturas de Visón, evidencian una amplia distribución de esta especie en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, con un valor promedio de abundancia relativa de 0,08 (± 0,07 DS) individuos por kilómetro de lineal de ribera. El estado saludable de los visones capturados y la presencia de dos hembras en lactancia puede entregar una idea del estado poblacional actual de la población; este indica un alto grado de asentamiento y éxito reproductivo.

Durante el 19 de noviembre, 4 diciembre y el período 26 - 31 de diciembre de 2014, se recorrió el humedal del río Cruces, sus ríos tributarios y los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla, para evaluar la presencia de Visones (*Neovison vison*), Coipos (*Myocastor coypus*) y Huillines (*Lontra provocax*). Tales evaluaciones estuvieron basadas en la realización de avistamientos directos y en el registro de signos de presencia como huellas y madrigueras o fecas. El mayor número de avistamientos directos fue para la especie *Lontra provocax* (Huillín) (5 individuos), seguido por *Myocastor coypus* (Coipo) (3 individuos) y *Neovison vison* (Visón) (1 individuo). Debido a lo fortuito de los avistamientos, la posibilidad de realizar registros fotográficos fue muy reducida.

Los registros de terreno sugieren que el Visón - a pesar de haber sido avistado de manera directa solo una vez - es el mamífero acuático que presenta la distribución más amplia, ya que esta abarca la mayor parte del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Los mismos registros sugieren que el Coipo presenta un área de distribución restringida hacia la parte superior del humedal del río Cruces (en zonas centrales de los cursos de agua como islas o afloramientos sedimentarios con abundante *Scirpus californicus*

(Totora)); el Huillín a su vez, ocupa primariamente la zona central del humedal. No se registraron avistamientos de ninguna de estas especies en el humedal del río Angachilla

<u>Estudio 12:</u> Estado actual del uso del suelo en el área de influencia del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios

En términos generales, los análisis realizados en relación a las tendencias de cambio de uso de suelo en la cuenca del río Cruces y sus ríos tributarios, muestran ritmos de alteración bajos, tanto en lo que se refiere a las actividades industriales, como al crecimiento demográfico. En el caso de las actividades silvo agropecuarias, se pudo identificar un incremento en la superficie ocupada por las plantaciones exóticas, a expensas de la disminución, de las superficies de praderas y matorrales.

A pesar de las tendencias demográficas, es posible apreciar una expansión de la superficie urbana de la ciudad de Valdivia y San José de la Mariquina, ciudades ubicadas en la proximidad inmediata del HRC. A este proceso de incremento de la superficie urbana, debe agregarse el incremento del uso residencial en sectores suburbanos. Valdivia ha experimentado un aumento de superficie urbana de un 65% entre los años 1992 y 2007, lo que es relevante si se tiene en cuenta que el 61% de todas las superficies clasificadas como urbanas, se encuentran a menos de 1 kilómetro de las riberas del río Cruces y sus tributarios. La mayor expansión de las plantaciones forestales se produjo también en este periodo de tiempo (1990 – 2006).

Si bien las tendencias históricas analizadas no muestran una dinámica territorial de envergadura preocupante, si se debe tener en consideración lo que se puede apreciar en el futuro inmediato a la luz de los proyectos en ejecución o en estudio, como el mejoramiento de la carretera actual, la construcción posterior de la doble vía entre Valdivia y San José de la Mariquina y la pavimentación del camino hacia Cabo Blanco. En un escenario de cambio global con modificación del monto y régimen de las precipitaciones y aumento del periodo estival, las modificaciones en las cubiertas de la

tierra tienen una gran relevancia en cuanto pueden generar efectos de riesgo potencial para la estabilidad ambiental del HRC, y sus ríos tributarios.

<u>Estudio 13</u>: Uso de análisis de riesgo ecológico para identificación de amenazas

En este estudio se contrastan los resultados del estudio de calidad de agua llevado a cabo como parte de ese Diagnóstico, con valores referenciales señalados en estudios de Riesgo Ecológico, realizados en el humedal del río Cruces (HRC) por Encina *et al*. (2009, 2010, 2011), mediante un análisis teórico aplicado. Encina *et al.* (2009), caracterizaron parte de la estructura comunitaria del ensamble faunístico y florístico del humedal del río Cruces, confeccionando un listado de 34 especies. Dentro de éstas, un Panel de Expertos categorizó los taxa de mayor relevancia ecológica, las especies claves y aquellas de mayor representatividad en el sistema. Sobre la base de esta selección, se realizó la evaluación de riesgo ecológico de tipo teórico considerando los "end point" ecotoxicológicos (obtenidos de bases de datos nacionales e internacionales) de géneros y familias similares a las registradas en el HRC. En este contexto se realizó una comparación entre las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso registradas en este Programa de Diagnóstico, con las concentraciones de efectos no observados (NOEC, "No Observed Effect Concentration") obtenidas para siete especies locales de importancia ecológica (Encina *et al*., 2011).

Ninguna de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua del área de estudio alcanzó valores similares a los indicados por Encina *et al.*, (2011) como productores de efectos en las especies por ellos estudiadas. Por el contrario, las concentraciones de Fe, Al y Mn en el agua están muy por debajo de las concentraciones de ese estudio ecotoxicológico. Por lo tanto y en base a esos estudios, puede concluirse que las actuales condiciones de calidad de agua en el área de estudio y sólo referidas a Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto, no presentan un riesgo ecológico para las especies locales estudiadas por Encina *et al.,* (2011).

<u>Estudio 14:</u> Conocimiento ecológico local

En este estudio, realizado a través metodologías de investigación social cualitativas y un Enfoque Orientado al Actor (EOA), se ha constatado una importante vinculación y conocimiento del ecosistema por parte de los habitantes de las localidades ubicadas alrededor del HRC. Todos las/os informantes consultados reconocen el año 2004 como el inicio de un período de crisis ambiental e identifican primariamente a la empresa ARAUCO como agente responsable de la misma. Los actores locales también manifiestan conocimiento sobre actividades que ellos y otros agentes practican y que también contribuyen al deterioro del socio-ecosistema.

En relación a los parámetros del estudio las principales conclusiones son las siguientes: i) se identificaron una serie de hitos históricos relevantes para la organización de las experiencias y percepciones locales sobre el devenir del HRC y que son decisivos para la actual comprensión del socio-ecosistema; ii) las transformaciones se tradujeron en socio-bio-indicadores que registraron los cambios detectados por los informantes en el medio biótico y social para los últimos 10 años. Parte de los relatos que han dado origen a estos socio-bio-indicadores, están asentados en un estrecho conocimiento ecológico, mientras otros manifiestan incertidumbre frente a cambios desconocidos. Destacan, negativamente, aquellos que evidencian una profunda desconfianza institucional y divisiones intra y entre comunidades. Estas transformaciones están asociadas tanto al desastre ambiental como al manejo de la empresa y las instituciones posterior a la crisis. Entre los indicadores de cambio de mayor preocupación para las comunidades humanas se encuentran los niveles de contaminación del agua y sus efectos en la salud, las actividades productivas y los usos domésticos y recreativos; iv) con respecto a las amenazas, nuevamente aparece la desconfianza institucional como un elemento que puede incidir negativamente en cualquier iniciativa para la recuperación del HRC. Contribuyen a esta desconfianza las amenazas latentes a la salud humana y animal provocada por agentes contaminantes que, a juicio de los informantes, no han sido del todo aclaradas. Otras amenazas transversales para la conservación del ecosistema son la

irrupción del visón, la escasez hídrica atribuida al aumento de las plantaciones forestales y las transformaciones en el cambio uso del suelo provocado por la presión inmobiliaria.

<u>Estudio 15:</u> Análisis de servicios ecosistémicos

En esta investigación se buscó identificar y caracterizar los servicios ecosistémicos (SEs) que genera el Humedal Río Cruces y sus ríos tributarios (HRC). Se seleccionaron de esta forma nueve SEs[1] para evaluar su relación con un grupo de once funciones ecosistémicas[2] e indagar sobre las áreas asociadas a su generación, mediante entrevistas con un grupo de personas consideradas por su conocimiento y experiencia en torno al HRC. También se consultó a estas personas por los posibles factores de amenaza y las zonas bajo amenaza, dentro de lo que se delimitó como el SSE-HRC (Sistema Socio-ecológico HRC).

A partir del mapeo participativo realizado con actores de la esfera científica e institucional se concluye que las áreas de mayor intensidad de SEs son aquellas localizadas en el eje del río Cruces y todos sus ríos tributarios, mientras que la mayor diversidad de SEs, ocurre alrededor del cuerpo acuático y muy cercano a éste.

A partir del mapeo participativo con actores locales conocedores del HRC a través de su experiencia, se comprobó la importancia de los SEs de Provisión de cultivos y forrajes y los SEs Culturales (Val. Estéticos y oportunidades recreación), mientras que la Biodiversidad (concepto emergente) también reportó un alto valor.

[1] Los nueve SEs se agrupan en tres grupos y son (Sección 4.15.4.2.): 1.SEs de Regulación: Regulación climática; Control de inundaciones; Control de la erosión; 2.SEs de Provisión: Disponibilidad de agua; Agua fresca; Producción potencial de cultivos y forraje; Producción pot. De madera y PFNM; 3.SE Culturales: Valores culturales; Valores estéticos y oportunidades de recreación.

[2] Las Funciones ecosistémicas son (para detalle, revisar la sección señalada previamente): Almacenamiento de carbono en biomasa; Almacenamiento de carbono orgánico en el suelo; Almacenamiento de agua; Retención y traslado de sedimentos; Retención de nutrientes; Reposición de aguas subterráneas; Protección de acuíferos por cobertura vegetal; Fertilidad del suelo; Control de enfermedades y plagas; Reservorio y protección de la biodiversidad; Purificación del agua.

Los resultados de los indicadores de intensidad y abundancia de amenazas desde el mapeo participativo con ambos grupos antes mencionados, coinciden en general en señalar a la planta Valdivia de ARAUCO como el principal factor de amenaza, seguida de la presión inmobiliaria, el cambio de uso de suelo hacia plantaciones forestales y la introducción de especies exóticas de flora y fauna al HRC. Desde el desastre ambiental provocado por la empresa en 2004, varias de las personas consultadas de ambos grupos, consideran factible la ocurrencia de un evento de similar magnitud y al mismo tiempo, asumen la existencia de un proceso de contaminación permanente en el HRC.

Como muestran los resultados de nuestra investigación, no existe acuerdo entre un grupo de científicos/as sobre la influencia puntual y relativa de una función sobre un SE. De acuerdo al conocimiento del equipo de investigación, este es el primer intento por evaluar los SEs que provee el HRC, por lo que los resultados y alcances de la investigación son acotados y se requiere aún ampliar el campo de investigación de los SEs en el HRC hacia diversas áreas y escalas espacio-temporales, consistentes con las formas de propagación y generación de beneficios de los distintos tipos de SEs.

1.3. Conclusiones

Este estudio es el diagnóstico ambiental más completo hasta ahora realizado en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; los resultados del mismo dan cuenta del estado actual del área, diez años después de los cambios ambientales que ocurrieron en los cauces hídricos que forman parte de este complejo sistema estuarial.

Los componentes abióticos y bióticos que primariamente reflejan esos cambios fueron básicamente deterioro en la calidad de agua, desaparición del Luchecillo en vastas áreas del HRC y disminución en las abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro, Taguas y Tagüitas. Al día de hoy (mayo 2015) la situación es la siguiente:

i) La calidad de agua (medida por la carga de sólidos suspendidos totales de la misma) ha mejorado significativamente en los últimos años, lo que es coincidente con el aumento en la cobertura de macrófitas acuáticas como el Luchecillo, el Huiro y el Huiro verde. Estas plantas retienen sedimentos actuando como filtros de material particulado suspendido en la columna de agua y por lo tanto, contribuyen a aumentar la transparencia del agua. A lo anterior se suma el hecho de que la calidad del agua del río Cruces medida a través de otros parámetros ambientales (*e.g.,* bacterias coliformes, metales pesados, AOX, Ácidos resínicos y fauna ritral) también es buena.

ii) La distribución espacial y cobertura del Luchecillo ha aumentado significativamente en el tiempo, tanto en el eje central del río Cruces como en los ríos tributarios del mismo. Consecuentemente, el alimento de aves herbívoras como cisnes y taguas está hoy presente *ad livitum* en el área. Los estudios realizados mediante imágenes satelitales, dan cuenta de un proceso paulatino de recuperación del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios después del año 2005, el que ha estado marcado por oscilaciones interanuales en los indicadores de calidad de agua y la idoneidad de hábitat para las distintas especies de macrófitas acuáticas. En particular, el aumento de la cobertura y distribución del Luchecillo se habría verificado en un periodo posterior al año 2008, coincidente con el aumento en la idoneidad de hábitat para varias de las especies estudiadas, al igual que en la cobertura global de macrófitas acuáticas.

iii) La variabilidad temporal del ensamble de la avifauna que habita en el HRC, muestra que desde el año 1991 al 2014 existe una disminución paulatina en el número de especies de aves. La compleja dinámica temporal (registrada en base a diferentes índices comunitarios), mostró drásticas modificaciones entre los años 2005 y 2009, lo cual también se reflejó en la convergencia hacia valores pre-2004 que han presentado las abundancias poblacionales de las aves herbívoras:

las bajas abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro observadas durante los años 2004 y 2005, se mantuvieron hasta el año 2012 cuando empezó a evidenciarse un aumento significativo en las abundancias y que en términos promedio, se han mantenido hasta fines del año 2014. Por otra parte, las garzas (aves acuáticas carnívoras) mantuvieron sus abundancias poblacionales durante todo el período estudiado. Lo anterior sugiere que en general, la comunidad de la avifauna acuática del HRC se estructura alrededor de los patrones de variación en abundancia del Cisne de cuello negro, especie cuyas abundancias poblacionales se están recuperando a partir del año 2012. Esto es coincidente con la recuperación gradual de las coberturas del Luchecillo en toda el área del humedal; más aún, la disminución en las concentraciones de por ejemplo Hierro en las plantas de Luchecillo analizadas en este estudio es coincidente con la notoria baja en las concentraciones de este metal en los cisnes analizados durante el año 2014 *versus* aquellos estudiados diez años atrás.

1.4. Síntesis final

Los resultados de este programa de Diagnóstico muestran que el ecosistema del HRC presenta una variabilidad normal de los componentes bióticos y abióticos estudiados. Asimismo, la estructura de los componentes bióticos del HRC que fueron afectados durante el año 2004 (macrófitas acuáticas y aves herbívoras) muestra un acercamiento hacia una situación ambiental como la registrada en períodos pre-2004. Esto evidencia la resiliencia del ecosistema del humedal y las capacidades de restauración vía procesos naturales de ambos componentes bióticos, en particular la recuperación de los componentes cobertura del Luchecillo y abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro.

No obstante lo anterior, no es posible postular si el humedal ha alcanzado un estado de equilibrio estable, o si podría continuar experimentando cambios que lleven a un nuevo estado alternativo comunitario. Dado que la alta variabilidad espacio-temporal registrada en los diferentes componentes de este complejo ecosistema pareciera ser más

la norma que la excepción, es necesario resaltar la necesidad de continuar el seguimiento ambiental del HRC. Esto con el fin de identificar factores y procesos claves que permitan proyectar su sostenibilidad, en consonancia con las expectativas de la también compleja trama ecológico-social en la cual está inserto.

2. ANTECEDENTES

2.1. Objetivos y estructura del Programa de Diagnóstico

Durante el período invierno - primavera del año 2004, ocurrieron en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC) cambios ambientales relevantes, incluyendo entre otros la mortandad por causas desconocidas y emigración de la población del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y la reducción significativa en la cobertura de la macrófita acuática Luchecillo (*Egeria densa*). Antes del año 2004, esta planta era la fuente primaria de alimento de los cisnes en este humedal (Corti &Schlatter, 2002).

Como consecuencia de lo anterior y en base a resultados de estudios realizados por la Universidad Austral de Chile (en adelante UACh), el 27 de abril de 2005, el Consejo de Defensa del Estado (en adelante CDE) presentó ante el Primer Juzgado Civil de la ciudad de Valdivia, una demanda civil de reparación e indemnización en contra de la Empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A., cuya planta Valdivia fue sindicada como la presunta responsable de los cambios ambientales anteriormente mencionados.

Después de ocho años de presentada la demanda y con fecha 27 de julio de 2013, la Jueza del Primer Juzgado Civil de Valdivia, Doña Gloria Hidalgo dictó sentencia, condenando a la Empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A.,a implementar una serie de medidas tendientes a preservar el humedal del río Cruces, correspondiendo la primera de ellas a ***"Realizar a través de un equipo interdisciplinario de diversos expertos en las áreas de biología, química y física, un estudio sobre el estado actual del Humedal, para dicho efecto, se deberá crear un comité independiente, en el que participen las partes y cuya duración no excederá a un año, el que comprenderá el estado de las aguas, flora y fauna del humedal"***.

Por otra parte, el CDE y Celulosa Arauco y Constitución S.A., conformaron el 26 de noviembre del 2013 un Consejo Científico Social (en adelante CCS), cuyo objetivo fue

realizar sugerencias y orientaciones para implementar las medidas dictadas por la sentencia judicial.

Como se mencionó anteriormente, una de estas medidas corresponde a una evaluación del estado actual o diagnóstico ambiental del humedal, para lo cual el CCS encargó a la Facultad de Ciencias de la UACh, el diseño de una propuesta para dar cumplimiento a esta parte de la sentencia, la cual debía considerar una serie de orientaciones provenientes del CCS. En base a tales orientaciones, la UACh, en conjunto con investigadores de la Universidad de Concepción y Universidad Santo Tomás de Santiago, preparó una propuesta de Programa de Diagnóstico Ambiental, la que fue finalmente aceptada por el CCS el 18 de febrero de 2014, teniendo como objetivos generales los siguientes:

- Caracterizar el estado ambiental actual del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.
- Dimensionar el alcance temporal y espacial de la afectación del humedal.
- Generar información sobre la cual se sustente el Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

En este contexto, con fecha 26 de marzo de 2014, Celulosa Arauco y Constitución S.A. y la UACh, firmaron en Valdivia un Convenio Marco para el Estudio y Diagnóstico del Humedal del Río Cruces. Tal Convenio incluyó un listado de actividades y fechas de trabajo en terreno así como la entrega de informes parciales por parte de la UACh. El presente documento corresponde al **"INFORME FINAL DEL PROGRAMA DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL HUMEDAL DEL RIO CRUCES: 2014 - 2015"**. En su primera parte, este Informe da cuenta de los análisis realizados en base a datos históricos disponibles de las características ambientales del área donde se inserta el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Luego se entregan los resultados y conclusiones de los 15 estudios que forman

parte del Programa de Diagnóstico y que en la propuesta original presentada al CCS, fueron listados y acordados como se indica a continuación:

Estudio 1: Calidad del agua y sedimentos (da cuenta del componente Calidad del agua y sedimentos señalados por el CCS).

Estudio 2: Condiciones hidrográficas (da cuenta del componente Régimen hidrológico señalado por el CCS).

Estudio 3: Distribución espacial, cobertura y estado sanitario de macrófitas acuáticas (da cuenta del componente Estado de Flora señalado por el CCS).

Estudio 4: Análisis espacio - temporal de la calidad del agua y cobertura de macrófitas acuáticas mediante sensores remotos (da cuenta de los componentes Calidad del agua y Estado de Flora y de recomendación metodológica señalados por el CCS).

Estudio 5: Estado de la macroinfauna de fondos sedimentarios (da cuenta del componente Estado de Fauna señalado por el CCS).

Estudio 6: Estado de la macrofauna de fondos ritrales (da cuenta del componente Estado de Fauna señalado por el CCS).

Estudio 7: Estado de la fauna de camarones (da cuenta del componente Estado de Fauna señalado por el CCS).

Estudio 8: Estado de la ictiofauna (da cuenta del componente Estado de Fauna señalado por el CCS).

Estudio 9: Estado de la fauna de anfibios (ranas) y reptiles (da cuenta de los componentes Estado de Fauna e Identificación de amenazas señalados por el CCS).

Estudio 10: Estado de la avifauna (da cuenta del componente Estado de Fauna señalado por el CCS).

Estudio 11: Estado de la fauna de mamíferos acuáticos (da cuenta de los componentes Estado de Fauna e Identificación de amenazas señalados por el CCS).

Estudio 12: Estado actual del uso del sueloen el área de influencia del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (da cuenta del componente Identificación de amenazas señalado por el CCS).

Estudio 13: Uso de análisis de riesgo ecológico para identificación de amenazas (da cuenta del componente Identificación de amenazas señalado por el CCS).

Estudio 14: Conocimiento ecológico local (da cuenta entre otros, del componente Identificación de amenazas señalado por el CCS).

Estudio 15: Análisis de servicios ecosistémicos (da cuenta del componente Servicios ecosistémicos señalado por el CCS).

2.2. Generalidades y alcances del Programa

El desarrollo de los estudios anteriormente mencionados pretende reflejar las condiciones abióticas y bióticas del HRC, incluyendo análisis actualizados de la información histórica disponible, la recolección de datos actualizados de la calidad del agua y los sedimentos, la distribución y cobertura de macrófitas acuáticas, el estado actual de la fauna y la retroalimentación con usos y riesgos derivados de las actividades humanas en el área, evidenciados estos por estudios científicos y análisis del conocimiento ecológico local del área de estudio. En consecuencia, en este Informe se presentan datos provenientes de diferentes fuentes, metodologías y esfuerzos de muestreo; como por ejemplo, revisiones de datos históricos (*e.g.*, cobertura de macrófitas y avifauna), mapas de uso de suelo, fotografías aéreas e imágenes satelitales, muestreos *in situ* de agua, sedimentos, macrófitas acuáticas y fauna ribereña, identificación de amenazas y entrevistas con pobladores del área para acceder al conocimiento ecológico local e identificar los servicios ecosistémicos del HRC, entre otros aspectos.

La lectura y análisis de este Informe Final, muestra que los estudios realizados tienen diferentes limitaciones y alcances, situaciones que son inherentes a todo proceso de investigación científica. Sin embargo, este estudio es el primero de su tipo que se haya realizado en el área en cuanto a, por ejemplo, la amplitud de tópicos estudiados, las

matrices analizadas químicamente (agua, sedimentos y tejidos vivos) y la extensión areal y temporal de los estudios específicos, llevados a cabo durante el año 2014 y parte del 2015. Consecuentemente, se espera que los resultados del análisis de esta compleja matriz de información, sea una referencia para futuros estudios, los cuales podrán ser actualizados y refinados en la medida que se acumule más información. Así, este Programa de Diagnóstico también cumple con el tercer objetivo general del mismo, cual es sustentar el diseño del Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios definido por el CCS.

La estrategia para ese desarrollo posterior, debiera ser guiada por el desarrollo del Programa de Monitoreo y de líneas de investigación específicas tendientes a profundizar en el conocimiento adquirido durante este Programa de Diagnóstico, para entre otros aspectos, resolver vacíos de información (*e.g*., aumentando las intensidades de muestreos o el número de réplicas), de tal modo que se mejore ostensiblemente el entendimiento de la estructura y función del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

2.3. Terminologías y significados

Un aspecto interesante observado durante el desarrollo de este Programa de Diagnóstico, es la confrontación terminológica acerca de lo ocurrido el año 2004 en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, incluyendo términos como catástrofe ecológica, desastre ambiental, crisis ambiental o cambio ambiental.

A través del lente de la Ecología, la Teoría de Catástrofe distingue dos tipos de procesos subyacentes a la dinámica de los sistemas naturales: en algunos casos, los hábitats perturbados pasan por una serie de cambios graduales y continuos (*e.g.*, sucesiones vegetacionales en áreas terrestres afectadas por incendios masivos) o bien presentan dinámicas caracterizadas por cambios repentinos, discontínuos (*e.g.*, estados alternativos y cambios de régimen; Scheffer & Carpenter, 2003). La teoría de catástrofe se ha enfocado en explorar estos últimos, estableciendo las bases matemáticas para el

estudio de estos procesos dinámicos (Loockwood & Loockwood, 1993). Sin embargo, su aplicación en ecología sigue siendo controversial (*c.f.*, Loehle, 1989).

En base a lo anterior, para definir un fenómeno ambiental como catástrofe desde el punto de vista de la teoría ecológica deberían cumplirse alguna de las propiedades que caracterizan a las mismas: el ecosistema debe presentar estados estables alternativos y su dinámica debe caracterizarse por presentar histéresis (*i.e.*, retorno incompleto al estado inicial en respuesta a reversiones en el parámetro que controla el cambio) y divergencia entre sistemas dadas por diferencias leves en el estado inicial. Para el caso del HRC, no hay evidencias científicas que surjan de este Programa de Diagnóstico Ambiental que permitan reconocer en el mismo, las características que definen a un fenómeno como catástrofe natural. Por ejemplo, la paulatina recuperación en la cobertura del Luchecillo a partir del año 2008 aproximadamente, así como la de la población del Cisne de cuello negro a partir del año 2012, muestra que el sistema pareciera estar volviendo al estado pre - 2004.Es decir, el HRC no presenta estados estables alternativos, sino más bien un único atractor o punto de equilibrio comunitario. De igual forma, la trayectoria de recuperación posterior al año 2004 lleva a un sistema similar al que se conocía antes de esa fecha. Consecuentemente y desde una perspectiva ecológica, resulta insostenible definir como una catástrofe ecológica, los cambios ambientales registrados en el HRC durante el año 2004.

Es interesante en este punto, realizar un análisis comparativo con áreas de la sociedad no necesariamente vinculadas a las ciencias naturales y conocer como éstas consideran a las perturbaciones naturales de gran escala, como por ejemplo, terremotos y tsunamis. Para el Glosario de la UNICEF (http://www.unicef.org/lac/overview_5707.htm), un desastre es una interrupción seria en el funcionamiento de una sociedad causando vastas pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la sociedad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios; es decir, se necesita apoyo, intervención externa o tomar medidas extraordinarias inmediatas para minimizar las

consecuencias del desastre. Un ejemplo reciente de esto, lo constituyen los aluviones que ocurrieron en marzo del presente año en la zona norte de Chile, donde el Ministerio de Obras Públicas y el Ejército entre otros, tuvieron que llevar medios externos a la zona para ayudar a paliar las consecuencias de esa perturbación natural de gran escala. Aunque en el HRC, nunca se llevaron a cabo acciones de apoyo o medidas extraordinarias para resolver la emigración, disminución poblacional y mortalidad del Cisne de cuello negro y otras aves herbívoras o la desaparición del Luchecillo en vastas áreas del humedal, tales componentes biológicos se recuperaron gradualmente como lo muestran los resultados de este Programa de Diagnóstico Ambiental. Esto muestra que el HRC experimentó una perturbación aguda, tras lo cual se produjeron los cambios ambientales antes descritos, siendo la recuperación gradual en algunos de los componentes mas visibles del humedal - como son la avifauna y la flora acuática - consistente con la noción de que los sistemas ecológicos son resilientes, pudiendo absorber una cierta magnitud de cambios ambientales antes de experimentar cambios en las variables y procesos que controlan su dinámica (Holling, 1973).

Los resultados de este programa de Diagnóstico muestran que coexisten en el HRC aproximadamente 60 especies de macrófitas acuáticas, 15 y 33 especies de invertebrados de fondos sedimentarios y ritrales, respectivamente, 15 especies de peces, 7 de anfibios, 3 de reptiles, 43 de aves y dos de mamíferos acuáticos. De este conjunto, sólo hay antecedentes científicos que muestran que tres especies de aves herbívoras (Cisne de cuello negro, Tagua y Taguita) y una macrófita (Luchecillo) fueron afectadas en sus abundancias poblacionales y coberturas durante el año 2004. Si a estas especies, se agregan otras - como coipos por ejemplo - y cuya afección a partir del año 2004 es evidenciada primariamente por el conocimiento ecológico local del área, se concluye que lo ocurrido en ese momento fueron cambios ambientales que afectaron sólo a una parte de la biota del área, pero que fue o sigue siendo percibido como una catástrofe o desastre ecológico o ambiental. Esto último, está probablemente relacionado a que el organismo más afectado - el Cisne de cuello negro - es la especie icónica del área. En este sentido, es

importante distinguir los elementos de juicio objetivos basados en evidencias empíricas y la teoría ecológica de aquellos que se sustentan en otros criterios, algunos de los cuales se sostienen racionalmente en los impactos cognitivos y sensitivos que generan los cambios ambientales en las comunidades aledañas a las zonas afectadas. Es necesario aquí recordar, que otras aves acuáticas del humedal como las garzas (aves carnívoras) no fueron afectadas durante el año 2004 en sus abundancias poblacionales (Lagos *et al.* 2008 y resultados de este Programa de Diagnóstico).

En base a lo anterior y desde una perspectiva ecológica, se usa en este Programa de Diagnóstico cambio ambiental para referirse a los fenómenos que ocurrieron el año 2004, término similar al mencionado por la Jueza Sra. Gloria Hidalgo del Primer Juzgado Civil de Valdivia cuando en resolución de fecha 27 de julio del año 2013 sindica a la empresa ARAUCO como responsable de los mismos; en tal resolución la Jueza anota "De acuerdo con el artículo 2 letra e) de la Ley Nº 19.300, el daño ambiental está constituido por *"toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente…"*, en consecuencia, constituyen daño ambiental aquellas alteraciones inferidas al medio ambiente o a uno o más de sus componentes que tengan carácter significativo". Sin embargo y desde la perspectiva ecológica, se ha preferido usar cambio antes que el de daño citado por la Jueza, ya que en su cita habla de "carácter significativo", aspecto no medido cuantitativamente durante el año 2004 en algunos componentes bióticos (por ejemplo, el grado de afectación areal de las praderas de Luchecillo) y que por lo tanto no permiten usar el adjetivo significativo el cual tiene una connotación referida a análisis estadísticos y prueba de hipótesis.

Un contrapunto relevante en relación al uso del término "cambio ambiental", se encuentra en los estudios 14 y 15 del presente Programa de Diagnóstico, que bajo las perspectivas teóricas de los Sistemas Socio-ecológicos y las Teorías de la Acción Social, consideran la expresión "desastre ambiental", como una categoría emergente que

sintetiza la percepción social del fenómeno por parte de actores que habitan en este caso, la zona de influencia del HRC.

Por otra parte, en ámbitos disciplinarios, como el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático, o el desarrollo de estrategias de reducción de riesgo frente a desastres, un desastre o catástrofe se define como un cambio o evento extremo, que presenta el potencial de destruir partes sustanciales de la sociedad, y cuyos impactos que pueden incluir la pérdida de vidas humanas y propiedad privada, pérdidas productivas, o aumentos en la precariedad económica y pobreza (Birkmann *et al.*, 2009; Izumi & Shaw 2015). El énfasis en la cuantificación, mitigación y prevención de pérdidas para el ser humano como criterio para definir operacionalmente un desastre se evidencia en los esfuerzos que realizan las Naciones Unidas y otras instituciones para reducir el riesgo de desastres (*e.g.*, UNISDR, 2015).

Desde este punto de vista, si bien los cambios ambientales experimentados en el HRC durante el año 2014 tuvieron impactos económicos a nivel de actores sociales relevantes (ver Escaida *et al.,* 2014), las alteraciones no revistieron un potencial de destrucción de sectores importantes de la sociedad. En este sentido, desde el punto de vista de las ciencias sociales, las nociones "desastre" o "crisis" ambiental no son intercambiables con categorías científicas o económicas, porque representan la experiencia subjetiva de un grupo social, subjetividad que es determinante tanto para sus formas de apreciación del fenómeno como para las acciones individuales o colectivas que se articulan para enfrentarlo. Este enfoque discrepa de la noción de desastre usada por la UNICEF y descrita anteriormente, en el sentido que la percepción de un desastre no debiera depender sólo de las necesidades de intervención o respuesta frente al evento ya podría darse el caso en donde la incapacidad institucional para reaccionar y responder al evento impida definirlo como un desastre. De igual manera, este enfoque discrepa de la consideración de la magnitud del daño socioeconómico como criterio operacional para definir el desastre, pues hace énfasis en la intersubjetividad de un grupo humano,

resaltando el hecho que las alteraciones en su entorno social y ambiental afectan al grupo en su conjunto pese a sus diferencias individuales.

Es relevante resaltar esta discrepancia ya que una de las principales conclusiones de este estudio es que los cambios ambientales o desastre del río Cruces gatillaron la necesidad de revisar e implementar modificaciones mayores a nuestra institucionalidad ambiental. Por lo tanto, como podrá desprenderse, no es objetivo de los colaboradores de los diferentes capítulos de este diagnóstico cerrar el debate en torno a las nociones que desde la perspectivas de cada uno de sus ámbitos de investigación describen lo ocurrido en el Rio Cruces, por el contrario, consideramos que incluir todas estas visiones nos ayudarán a conformar una aproximación más completa, integrativa y holista que permita comprender los cambios en estructura y función de este ecosistema y de sus implicancias y percepciones sociales del mismo.

2.4. Referencias

Birkmann, J., Tetzlaff, G., & Zentel, K-O., 2009. Addressing the Challenge: Recommendations and Quality Criteria for Linking Disaster Risk Reduction and Adaptation to Climate Change. DKKV Publication Series 38, Bonn. 66 pp.

Corti, P. & Schlatter, R. 2002. Feeding ecology of Black-necked swans in wetlands of southern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment37: 9-14.

Escaida, J., Jaramillo, E., Amtmann, C., & Lagos, N. 2014. Crisis Socioambiental: El humedla del río Cruces y el Cisne de cuello negro. Ediciones UACh, Valdivia: 260 pp.

Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4: 1–23.

Izumi T., & Shaw, E. 2015. Overview and Introduction of the Private Sector's Role in Disaster Management. In: Izumi T., & R. Shaw (*Eds*.) Disaster Management and Private Sectors: Challenges and Potentials. Springer, Tokyo. 351 pp.

Lagos, N.A., Paolini, P., Jaramillo, E., Lovengreen, C., Duarte C., & Contreras, H. 2008. Environmental processes, water quality degradation, and decline of water-bird populations in the Rio Cruces wetland, Chile. Wetlands, 28: 938–950

Loehele, C. 1989. Catastrophe theory in ecology: a critical review and an example of the butterfly catastrophe. EcollogicalModelling 49: 125-152

Loockwood, J. & Lockwood, D. 1993. Catastrophe Theory: A unified paradigm for rangeland ecosystem dynamics. Journal Range Management 46: 282-288

Scheffer, M. & Carpenter, S.R. 2003. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. Trends in Ecology and Evolution 18: 648-656.

UNISDR 2015. Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. Global Assessment Report on Disas- ter Risk Reduction. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR).

3. ANALISIS DE DATOS AMBIENTALES DE LARGO PLAZO

3.1. Antecedentes climáticos del área de estudio

La zona de Valdivia posee un clima templado lluvioso con influencia mediterránea; según Köppen en Koppe & De Long (1958) del tipo Cfb (C=clima templado, f=húmedo, b=mes más cálido inferior a 20^{o}C). Las precipitaciones fluctúan entre 1.800 y 2.500 mm al año, con importantes fluctuaciones interanuales originadas por el paso de sistemas frontales sobre la zona (Dirección Meteorológica de Chile, www.meteochile.cl).

Durante los meses de mayo a agosto se concentra el 75% de las precipitaciones anuales, siendo junio y julio los meses más lluviosos llegando las precipitaciones a superar incluso los 400 mm de agua caída al mes. Los meses de enero y febrero son los más secos con precipitaciones inferiores a 60 mm. Para la zona de Valdivia, se han registrado eventos máximos diarios superiores a 150 mm (Huber 1970). Debido a la alta pluviosidad de la zona, la humedad relativa promedio anual es cercana al 80% (Dirección Meteorológica de Chile), aun cuando durante los meses de invierno esta puede superar el 90%.

La temperatura promedio anual del aire bordea los 12^{o}C. La oscilación promedio entre el mes más cálido y el más frío, es de aproximadamente 10^{o}C. Enero y julio son los meses más cálidos y fríos respectivamente, con temperaturas promedio cercanas a los 17 y 7^{o}C, respectivamente (Huber 1970). La temperatura máxima absoluta del aire es cercana a 35^{o}C y la mínima a -4^{o}C. Las heladas que se registran en la zona, se producen principalmente durante noches despejadas de los meses de invierno.

3.2. Objetivos

- Recopilar la información existente relacionada a las características climáticas, hidrológicas y ambientales del área donde se inserta el humedal del Río Cruces y sus ríos tributarios.
- Identificar eventuales tendencias de largo plazo en esas características.

3.3. Material y métodos

3.3.1. Recopilación de datos históricos

La Tabla 3.1 muestra los tipos de datos ambientales recopilados y sistematizados, así como la identificación de las fuentes de origen de los mismos.

En este Capítulo se analizan datos históricos relacionados a climatología (precipitaciones y temperatura mínima del aire) e hidrología (nivel del espejo de agua y caudal hídrico del río Cruces en el sector Rucaco), en el área aledaña donde se ubica el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Estos análisis incluyen los últimos cincuenta y cuatros años especificados en la tabla 3.1.

Aparte de lo anterior, este Capítulo incluye un análisis comparativo de la variabilidad temporal de las precipitaciones, altura del espejo de agua y caudal del río Cruces en Rucaco durante el período enero - julio 2014, durante el cual se realizaron los muestreos de calidad de agua y sedimentos del presente Programa de Diagnóstico. Este análisis muestra que las fechas elegidas para realizar los muestreos correspondientes al período de menor caudal hídrico, inicio de las precipitaciones y período de mayor caudal hídrico, fueron apropiadas.

Tabla 3.1. Catastro de fuentes de datos para realizar los análisis meteorológicos e hidrográficos. UACh: Universidad Austral de Chile, METEOCHILE: Dirección Meteorológica de Chile, Arauco: Celulosa Arauco y Constitución S.A., DGA: Dirección General de Aguas.

tema	parámetro	fuente	estación	período	
				Inicio	fin
Meteorología e hidrografía	Precipitaciones	UACh	Campus Isla Teja	1 ene 1960	17 jul 2014
		METEOCHILE	Aeropuerto Pichoy	1 oct 2011	30 jun 2014
		Arauco[1]	Pichoy	ene 1971	dic 1979
			Datos Valdivia	ene 1980	dic 1997
			Planta Valdivia	ene 1998	mar 2014
	Temperatura suelo	UACh	Campus Isla Teja	1 ene 1960	30 sep 2011
	Caudal Río Cruces	DGA	Rucaco	1 ene 1969	30 jun 2014
	Nivel de agua	DGA	Rucaco	10 oct 2002	30 jun 2014

[1] Datos de carácter mensual. Antes de abril del año 2004, la toma de datos fue esporádica.

3.3.2. Análisis de temperatura mínima del aire, precipitaciones y caudal hídrico

Se analizó el registro histórico diario de la temperatura del aire (°C) y precipitaciones (mm) (1960-2014) de la UACh entre 1960 y 2014. Desde 1960 a 2010 los datos provienen de la estación meteorológica del ex - Instituto de Geociencias ubicado en el campus Isla Teja, a partir el 1 de enero al 10 de octubre de 2011 desde la estación meteorológica ubicada en el Fundo Santa Rosa (39°47'18,28'' S y 73°14'4,97''W) y desde 2 de enero de 2012 al 31 de diciembre de 2014 desde la estación meteorológica del Campus Miraflores de la UACh en Valdivia. Los datos de caudales hídricos cubren el período 1970-2014 y provienen de la Dirección General de Aguas (DGA), específicamente de la estación hidrológica localizada en el río Cruces, sector Rucaco.

Los análisis utilizados se realizaron en R Core Team (2013). Para el caso específico de las series de tiempo se usaron las funciones *ts*(), *HoltWinters*(), *stl*() y *filter*() de la librería *stats*. La función *ts*() permite crear el objeto de la clase serie de tiempo; la función *HoltWinters* () se usó para realizar alisado y detectar tendencias de la serie temporal y la función *filter* () se usó realizar alisados de la serie mediante promedios móviles. La descomposición aditiva de la serie de tiempo, el cual se expresa de la siguiente forma:

$$x_t = T_t + S_t + \varepsilon_t$$

Donde, x_t es el valor observado, T_t es la tendencia y representa un movimiento suave a lo largo del tiempo que puede ser constante o variable, S_t es la estacionalidad y se supone una oscilación dependiente de la estación y ε_t corresponde a un ruido blanco compuesto por variaciones aleatorias no explicadas por los otros dos componentes (tendencia y estacionalidad). Para la extracción de señales se usó la función *stl*(), la cual realiza la descomposición de la serie mediante una regresión polinómica local (Loess). Loess es uno de varios métodos modernos de construcción de modelos basados en los clásicos, como la regresión lineal y regresión no lineal. Este método se basa en el cálculo de aproximaciones locales para cada uno de los datos de entrada x_t. Dichas aproximaciones son polinomios de grado muy bajo (un grado 2 suele ser más que

suficiente) ajustados mediante mínimos cuadrados y que sólo tienen en cuenta de forma ponderada los k datos más cercanos al dato x_t en que se calculan.

Para analizar la tendencia de la serie de datos observados como de las anomalías estandarizadas de la componente de tendencia (T_t) originada desde la descomposición aditiva de la serie se usó la prueba de Mann-Kendall (Mann 1945, Kendall 1970).

Las anomalías estandarizadas (z_t) corresponden a desviaciones con respecto a la media ($\bar{x}$), escaladas por la desviación estándar (sd_{x_t}) de las observaciones (x_t).

$$z_t = \frac{x_t - \bar{x}}{sd_t}$$

La finalidad de esta transformación fue remover la influencia de la posición y de la dispersión del conjunto de datos.

3.4. Resultados

3.4.1. Temperatura mínima del aire

Datos

La serie diaria de temperaturas mínimas del aire obtenidas de las estaciones UACh, comprende desde 1960 a 2014, pero es discontinua en los siguientes tramos: 1 agosto al 03 de septiembre de 1972, 1 de febrero al 18 de mayo, 12 de octubre al 31 de diciembre de 2011, 25 de febrero al 10 de abril, 17 julio al 31 de julio y 1 noviembre al 1 de diciembre del año 2014.

Los datos de las mediciones UACh en los tramos faltantes se completaron mediante una distribución uniforme ($U(a,b)$) con el objeto de no tener vacíos en la serie mensual. El supuesto subyacente es que el valor faltante se encuentra entre los valores ocurridos el mismo día-mes del año anterior y el mismo día-mes del año siguiente.

Variabilidad histórica: 1960 - 2014

El análisis temporal de las temperaturas mínimas mensuales muestra el patrón típico anual (Fig. 3.1). Durante la época estival (diciembre, enero y febrero) la media de la temperatura mínima del aire se ubica sobre los 10 grados Celsius. A partir de marzo se observa una disminución sostenida hasta el mes de julio, cuando alcanza su menor valor. A partir de septiembre las temperatura mínimas mensuales comienzan a ascender rápidamente hasta ubicarse en diciembre por sobre el nivel de los 10 grados Celsius.

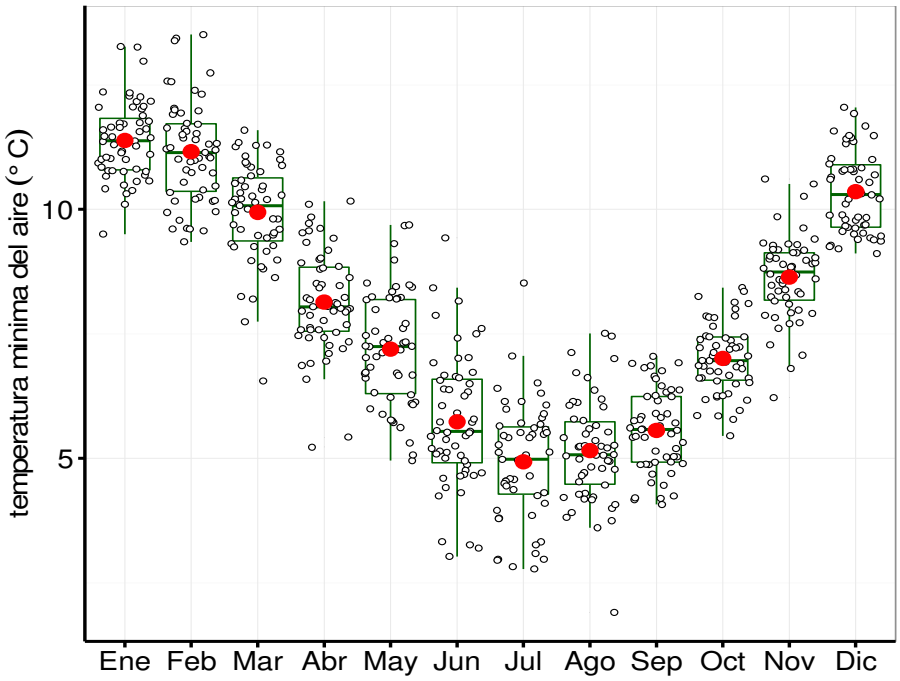


Figura 3.1. Patrón estacional de las temperaturas mínimas del aire en Valdivia. Los círculos negros indican los promedios mensuales desde enero de 1960 a diciembre del año 2014; los puntos de color rojo indican los valores promedios totales.

Descomposición de la serie mensual

La descomposición de la serie mensual de temperaturas mínimas del aire mediante Loess (Local polynomial regressión fitting), muestra claramente la componente estacional típica de la zona Valdiviana y una tendencia no definida (Fig. 3.2).

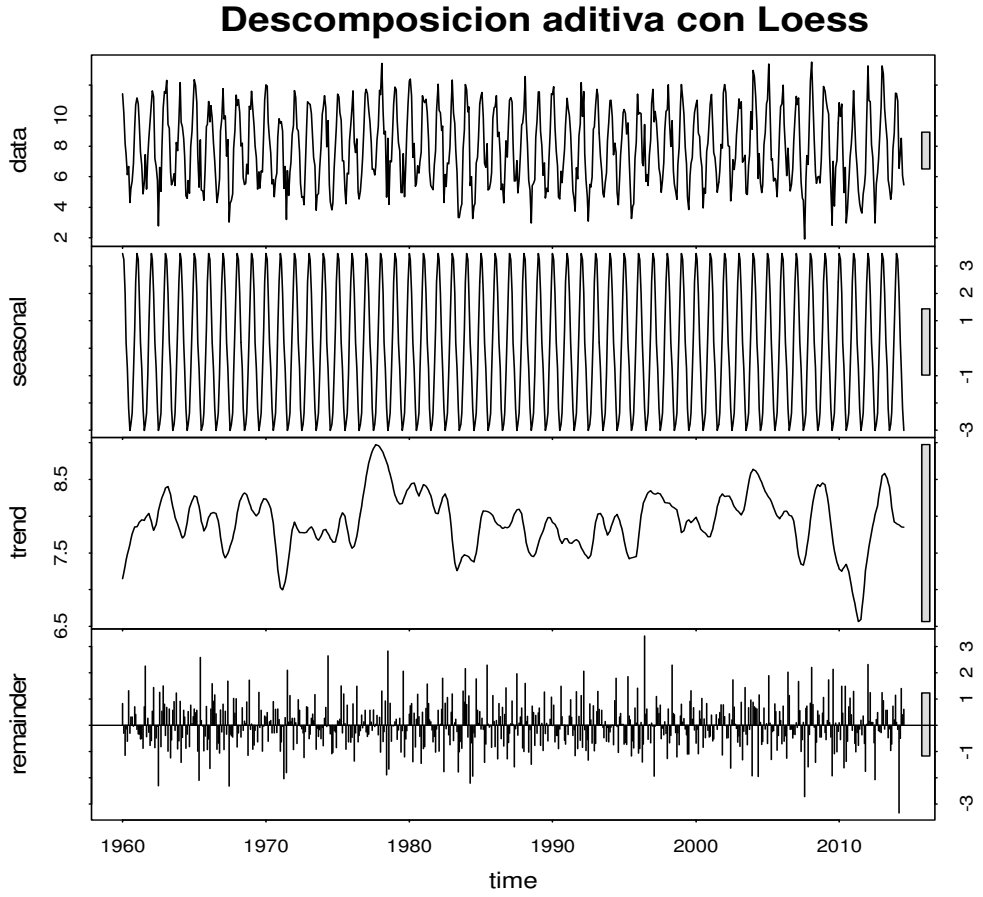


Figura 3.2. Descomposición aditiva con Loess de la serie de temperaturas mínimas mensuales de la zona de Valdivia, desde enero de 1960 a julio de 2014, compuestas por la serie UACh (1960-2014) y complementada con datos de la Dirección Meteorológica de Chile de la estación Aeropuerto Pichoy).

Sin embargo, la serie presenta periodos con temperaturas más altas y otros donde predominan temperaturas menores (Fig. 3.3 A). El análisis de la tendencia mediante un modelo lineal (Fig. 3.3 A), muestra la falta de tendencia de la serie (p-value = 0.3521). La prueba de Mann – Kendall sobre las anomalías estandarizadas de la tendencia indica que no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de no tendencia (tau= 0.0473 p-

value = 0.07), de modo que las variaciones observadas en la temperatura mínima mensual en el periodo 1960 a 2014 fueron de carácter aleatorio (Fig. 3.3 B).

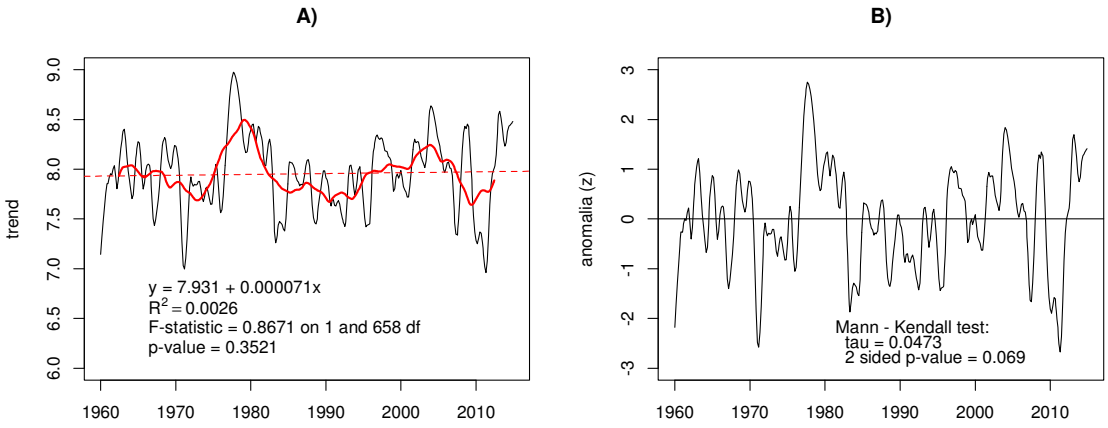


Figura 3.3. A) Tendencia de las temperaturas mínimas mensuales en la zona de Valdivia desde 1960 a 2014, derivada de la descomposición por Loess. La línea roja continua indica el alisado de la serie para un periodo de 120 meses; la línea roja segmentada muestra el ajuste de un modelo lineal a la tendencia.; **B)** serie de anomalías de la tendencia.

Temperaturas mínimas anuales: 1960 - 2014

Las temperaturas mínimas anuales en Valdivia, desde 1960 al 2014, presentan una clara variabilidad interanual, sin mostrar tendencia definida en todo el periodo (Fig. 3.4 A). El ajuste de un modelo lineal a la serie 1960-2014 y la aplicación de la prueba de Mann-Kendall a las anomalías estandarizadas indican que las temperaturas mínimas anuales no presentan tendencia (Fig. 3.4 A y 3.4 B, respectivamente).

Durante todo el período se observa una importante variabilidad interanual registrándose dos eventos - específicamente en los años 1971 y 2011 - con temperaturas mínimas sobresalientes producto de inviernos muy helados. En el año 1971 entre enero y septiembre las temperaturas mensuales variaron entre 3,19 a 6,66 grados Celcius y en él años 2011 entre junio a septiembre las temperaturas mensuales estuvieron bajo los 5 grados Celsius. Al igual que en la serie mensual, se observan fluctuaciones con periodos que podrían abarcar entre 10 a 11 años.

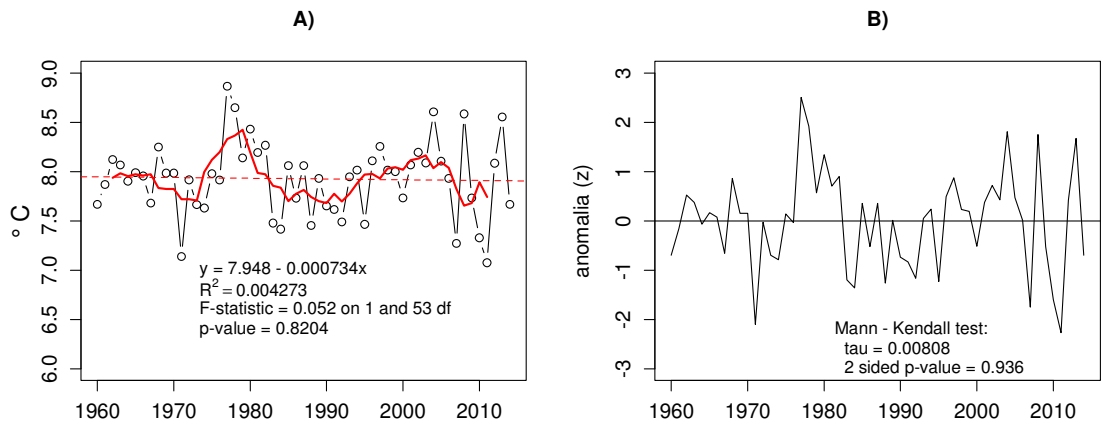


Figura 3.4. A) Tendencia de las temperaturas mínimas anuales en la zona de Valdivia desde 1960 a 2014, derivada de la descomposición por Loess. La línea roja continua indica el alisado de la serie para un periodo de 5 años; la línea roja segmentada muestra el ajuste de un modelo lineal a la tendencia.; **B)** Anomalías de la tendencia.

3.4.2. Precipitaciones

Datos

La serie de precipitaciones diarias de la UACh comprende desde 1960 a 2014, pero es discontinua el año 2011 y 2014. Para el año 2011 existen registros continuos desde el 1 de enero al 10 de octubre. Para el año 2014 desde 1 de enero al presente, con un laguna de datos diarios entre el 25 de febrero al 10 de marzo y otra entre 31 de octubre y 30 de noviembre. Para la complementación de información, se recopilaron datos complementarios de precipitaciones diarias desde la página web de la Dirección Meteorológica de Chile, específicamente de la estación del Aeropuerto Pichoy, ubicada en la parte norte del área de estudio (39°39'03,96''S, 73°04'54,12''W). Los datos en cuestión comprenden los periodos entre el 11 de octubre al 31 de diciembre de 2011, entre el 25 de febrero al 10 de marzo 2014 y entre el 31 de octubre y 30 de noviembre del mismo año.

Variabilidad histórica: 1960 - 2014

El patrón de precipitaciones mensuales derivada de la serie histórica, muestra un ciclo anual bien definido caracterizado por un máximo invernal y un período estival con un monto significativamente menor, tal como ha sido descrito en trabajos anteriores (UACh 2014; Reyes 1981; Huber 1970). Entre enero y marzo existe un periodo de bajas precipitaciones asociadas a la estación de verano, cuyos montos promedios no superan los 85 mm mensuales (Fig. 3.5). A partir de abril comienza a manifestarse un aumento de las lluvias, para alcanzar entre junio y agosto el periodo de máximas precipitaciones, asociado evidentemente a la estación de invierno. En este patrón histórico, la tasa de cambio mensual aumenta a partir de abril, existiendo una alta variabilidad entre años (Fig. 3.5). Es así como en algunos casos, el periodo de bajas precipitaciones puede extenderse hasta abril.

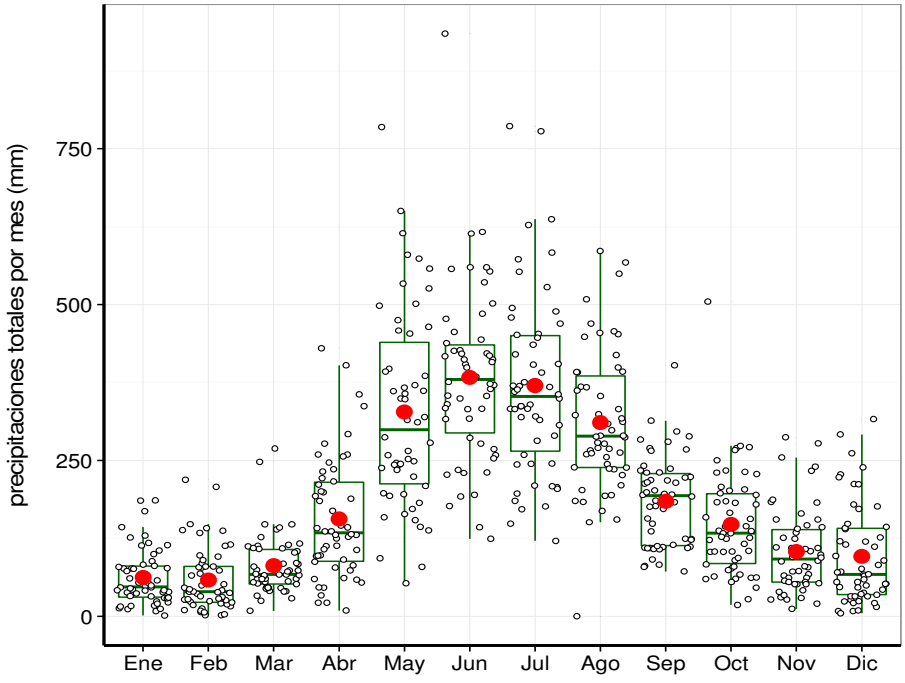


Figura 3.5. Variabilidad mensual y patrón histórico estacional de las precipitaciones registradas entre 1960 y 2013 en Valdivia. Los círculos negros indican las precipitaciones mensuales desde enero de 1960 a diciembre de 2014; los puntos de color rojo indican los valores medios. Fuente de datos: UACh complementados con datos de la Dirección Meteorológica de Chile.

Precipitaciones enero - julio de 2014

Las precipitaciones ocurridas durante los primeros siete meses del año 2014, estuvieron mayoritariamente bajo los promedios históricos, tanto para serie de registros de la estación meteorológica campus Miraflores de la UACh como para los datos recogidos desde la estación Pichoy (Fig. 3.6). Durante abril, mes en que históricamente comienza a manifestarse el aumento de las lluvias, las precipitaciones en Valdivia medidas en la estación Pichoy y estación campus Miraflores de la UACh, alcanzaron los 56,6 mm y 48,8 mm respectivamente, valores mucho menores que el promedio histórico entre 1960 y 2013.

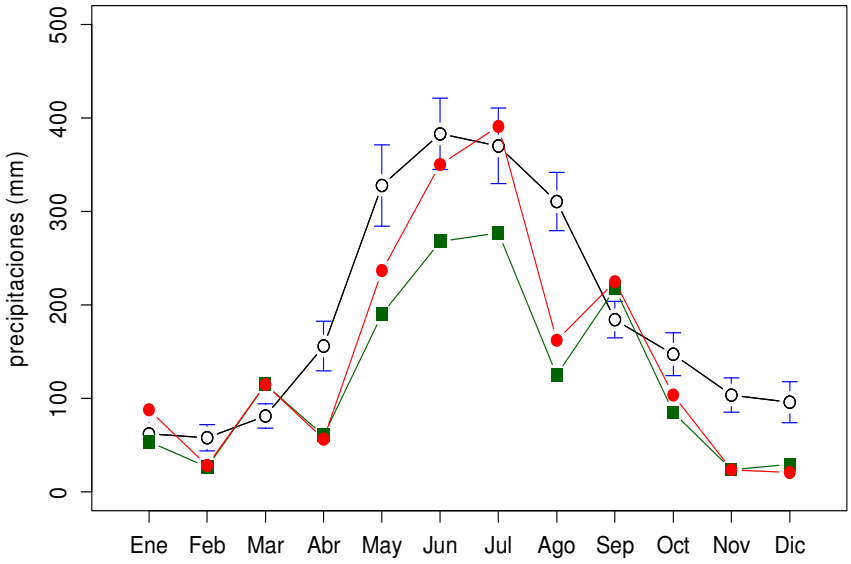


Figura 3.6. Patrón histórico estacional de las precipitaciones medias mensuales registradas entre 1960 y 2013 en Valdivia (círculos negros) y.precipitaciones mensuales desde enero a julio de 2014 registradas en: 1) la estación pichoy de la Dirección Meteorológica de Chile (puntos rojos) y 2) en la estación Campus Miraflores de la UACh (cuadrados verdes).

Por lo tanto, abril del año 2014 fue un mes de bajas precipitaciones, ajustándose a lo señalado por González-Reyes & Muñoz (2013), quienes detectaron un significativo decrecimiento en las precipitaciones anuales entre el año 1901 y el 2005. Asimismo, estos

autores sugieren la ocurrencia de una extensión de la condición estival hacia la estación de otoño acompañada de una concentración mayor de las precipitaciones en la estación de invierno.

Descomposición de la serie mensual

La descomposición de la serie mensual de precipitaciones se realizó mediante Loess (Local polynomial regression fitting) en R. El método usado detecta fácilmente la estacionalidad, tan evidente de las precipitaciones en el área de Valdivia, sin que se observe una tendencia clara de las precipitaciones entre 1960 y 2014 (Fig. 3.7).

En la parte más reciente de la serie se observa una disminución persistente de las precipitaciones por un lapso entre 10 a 15 años, específicamente entre el año 2003 y 2014 (Fig. 3.7).

El alisado de la serie de tendencias (trend) de las precipitaciones obtenido de la descomposición por Loess, indica que además de las fluctuaciones estacionales, existen otras fluctuaciones de mayor periodo con ciclos de 120 a 156 meses, que originan a nivel decadal periodos de mayor o menor precipitaciones en torno a un nivel medio que aparentemente cambia lentamente (Fig. 3.8). El ajuste de un modelo lineal indica que la tendencia a disminuir de la serie 1960- 2014, extraída con Loess, es estadísticamente significativa (p-value <0.05).

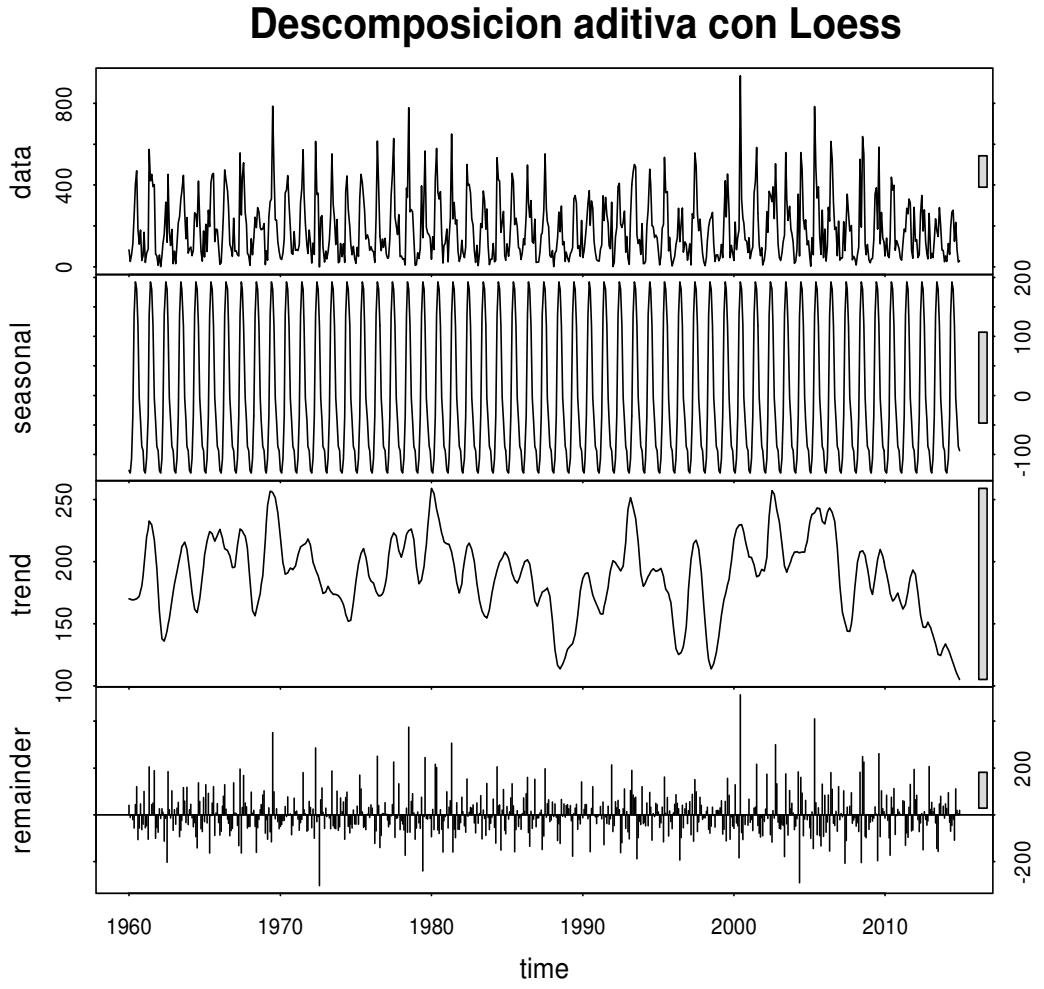


Figura 3.7. Descomposición aditiva con Loess de la serie de precipitaciones mensuales de la zona de Valdivia desde 1960 al 2014, compuestas por la serie UACh (1960-2014) y por los datos de la estación Aeropuerto Pichoy.

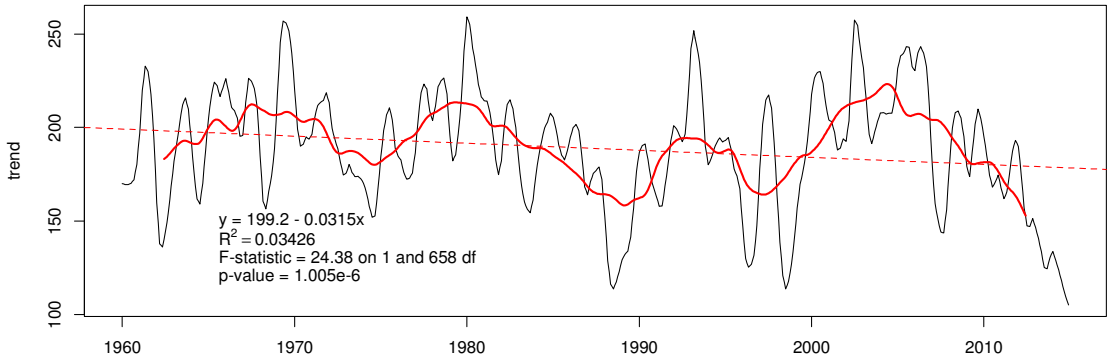


Figura 3.8. Tendencia mensual de las precipitaciones en la zona de Valdivia desde 1960 a 2014, derivada de la descomposición por Loess. La línea roja indica un alisado lineal de la serie con periodo entre 120 a 136 meses. La línea roja segmentada indica el ajuste de un modelo lineal a la tendencia (trend).

Precipitaciones anuales: 1960 – 2014

Las precipitaciones en Valdivia, desde 1960 al 2014, presentan también una evidente variabilidad interanual, detectándose una leve tendencia a disminuir en todo el periodo (Fig. 3.9 A). El análisis de la serie mediante un modelo lineal muestra que la tendencia no es estadísticamente signicativa (p-value = 0.1922). La prueba de Mann – Kendall sobre las anomalías estandarizadas de la tendencia indica que no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de no tendencia (tau= 0.0473 p-value = 0.07), de modo que las variaciones observadas en las precipitaciones medias anuales en el periodo 1960 a 2014 siguen un patrón aleatorio (Fig. 3.9 B).

Las precipitaciones bajo el promedio global son más acentuadas en los últimos 25 años. Los valores extremos desde 1989 en adelante son más intensos alcanzando valores menores a 1500 mm y también mayores a los 3000 mm.

En esta serie, se observan fluctuaciones cíclicas de 10 a 13 años entre periodos de menores y mayores precipitaciones (Fig. 3.9 A). Asimismo, se observan al menos dos periodos con una clara tendencia decreciente. El primero entre los años 1978 y 1988 y el

segundo entre los años 2003 y 2014. En este último periodo, se destaca la caída persistente de las precipitaciones en los últimos 7 años.

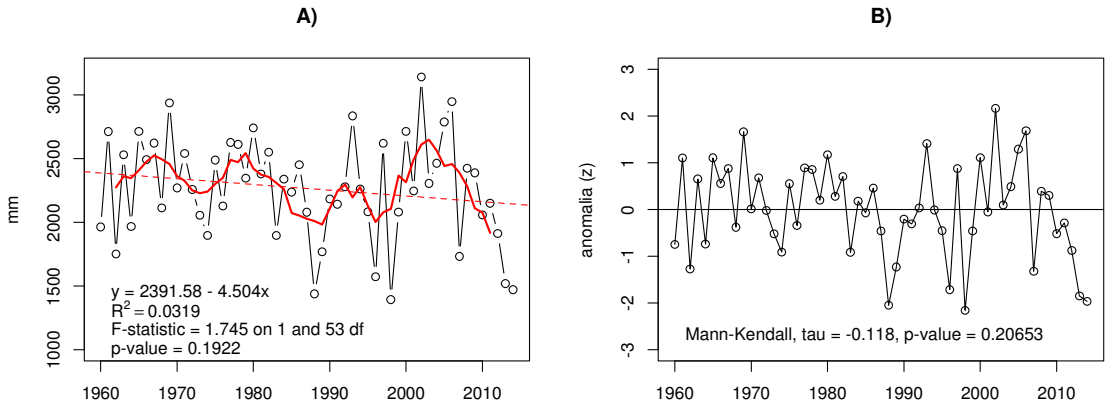


Figura 3.9. A) Serie anual de las precipitaciones en la zona de Valdivia desde 1960 a 2014, compuesta por la serie UACh (1960-2014) y complementada con datos de la Dirección Meteorológica de Chile (estación Aeropuerto Pichoy). La linea roja indica un suavizado lineal de 6 años. La línea roja segmentada corresponde al ajuste de un modelo lineal a los datos, **B)** Anomalías de las temperaturas medias anuales.

La declinación global detectada en la serie anual desde 1900 a 2014 (Mann-Kendall tau = -0.225, p-value = 0.00037), mostrada en la Figura 3.10, concuerda con la disminución anual de las precipitaciones señaladas por CONAMA (2007), Quintana & Aceituno (2012), González-Reyes & Muñoz (2013) y UACh (2014). Esto indica que la tendencia de las precipitaciones anuales de la serie 1960-2014, se vio afectada en su significancia estadística por lo corto de la serie de datos.

Quintana & Aceituno (2012) sostienen que una tendencia negativa ha prevalecido a través del siglo XX intensificándose durante los 80 y principios de los 90, señalando que este rasgo también fue descrito por Rusticucci & Penalba (2000), respecto de la evolución de las lluvias en Valdivia. González-Reyes & Muñoz (2013) detectaron un decrecimiento anual, estacional y mensual desde el año 1901 al 2005, e indican que esta reducción de las precipitaciones se ha manifestado en una extensión de las condiciones estivales hacia parte del otoño, concentrándose las precipitaciones en invierno.

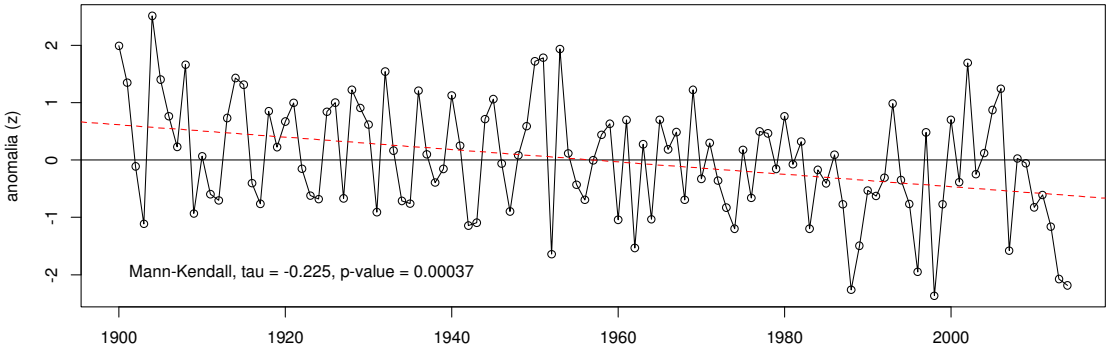


Figura 3.10. A) Serie anual de anomalías estandarizadas de las precipitaciones en Valdivia desde el año 1900 al 2014. La línea roja segmentada señala el ajuste de un modelo lineal a los datos. Los datos para el periodo 1900 a 1959 fueron obtenidos desde González-Reyes & Muñoz (2013)

3.4.3. Caudal hídrico del río Cruces

Datos

La serie de datos diarios del caudal del río Cruces proviene de la página web de la Dirección General de Aguas (DGA), específicamente desde la estación de muestreo de Rucaco. Los datos abarcan desde el 1 de enero de 1970 al 31 de diciembre de 2014. Esta serie presenta algunos periodos con datos faltantes, los cuales fue necesario rellenar para obtener una serie de datos continuos a nivel mensual. El relleno se llevó a cabo seleccionando un valor aleatorio entre los dos valores más cercanos correspondientes al día y mes del año anterior y posterior al dato faltante, lo que equivale a un muestreo aleatorio desde una distribución uniforme.

Variabilidad histórica

Los valores históricos de caudal del río Cruces en el sector de Rucaco, muestran un claro patrón estacional a lo largo del año (Fig. 3.11), distinguiéndose un periodo de bajos caudales desde enero hasta abril. En mayo, el caudal comienza a aumentar rápidamente

para alcanzar su máximo en el mes de julio. En agosto los caudales son altos; a medida que se aproxima la primavera los caudales disminuyen a una tasa constante hasta diciembre.

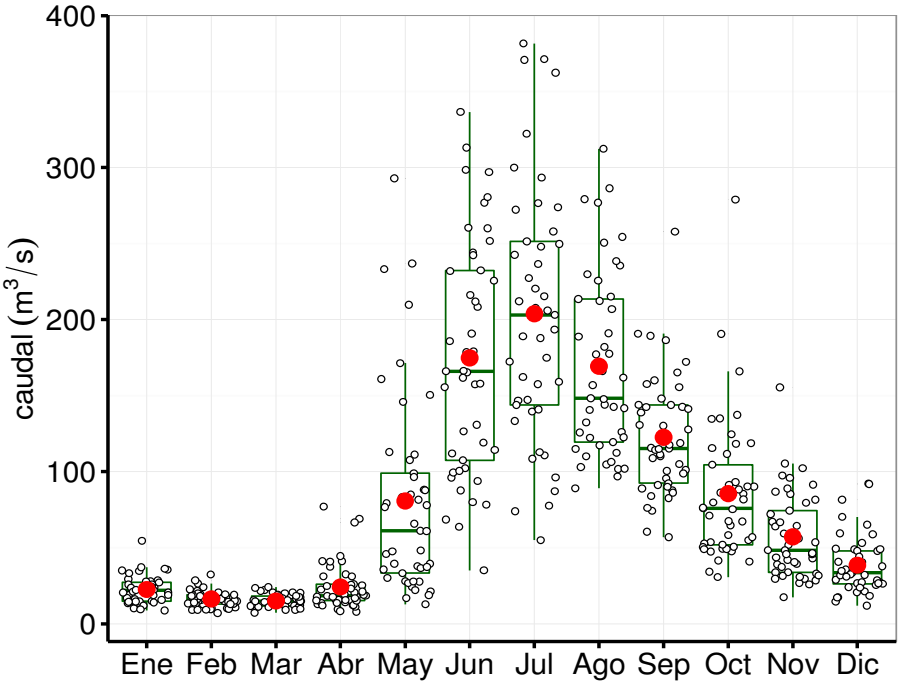


Figura 3.11. Patrón histórico estacional del caudal hídrico del río Cruces en el sector de Rucaco, obtenido a partir de datos diarios registrados por la Dirección General de Aguas entre el 1 de enero de 1970 y el 31 de diciembre de 2014. Los círculos negros indican los caudales promedios mensuales por año desde enero de 1960 a diciembre 2014; los puntos de color rojo indican los valores medios totales del mes.

El caudal del Río Cruces está claramente correlacionado al patrón estacional de precipitaciones en el área de estudio. La relación entre el caudal promedio anual del río Cruces en Rucaco y las precipitaciones anuales en la Valdivia (1970 y 2014) es positiva y puede ser representada por un modelo lineal (Fig. 3.12)

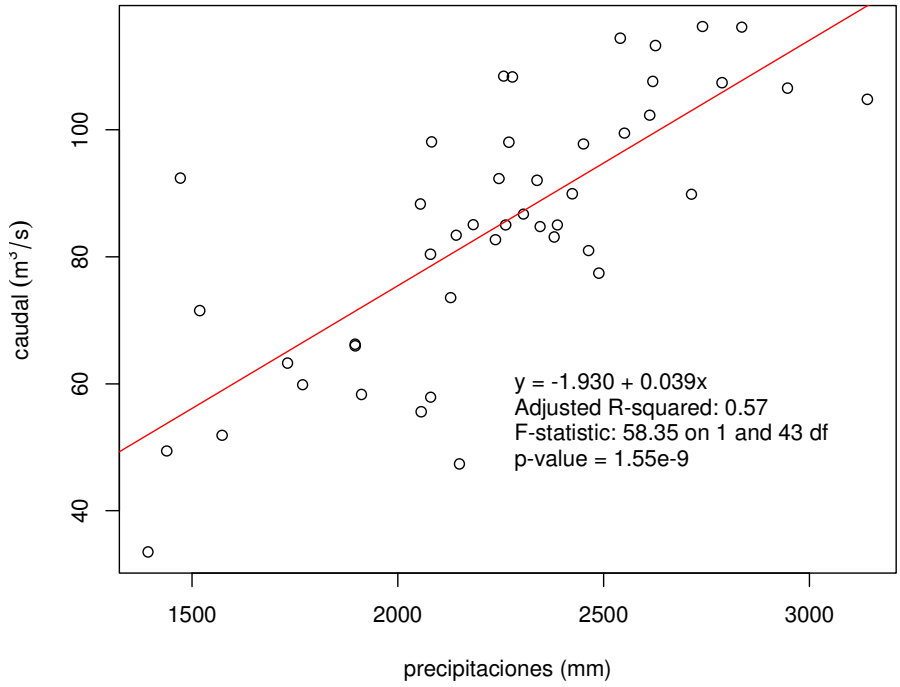


Figura 3.12. Relación de tipo lineal entre el caudal medio del río Cruces (sector Rucaco) y las precipitaciones anuales en la zona de Valdivia.

Descomposición de la serie mensual

La descomposición con Loess de la serie mensual muestra claramente la estacionalidad y, la tendencia mensual en los caudales medios del río Cruces en Rucaco. La serie de 55 años muestra la alternancia de periodos con mayores y menores caudales y una aparente tendencia a disminuir

La alternancia de periodos con altos y bajos caudales de escala mayor a la estacional se observa de forma más clara en la Figura 3.14 A), los cuales emergen luego del alisado de la tendencia (trend) con un periodo de 11 años en el periodo considerado (Fig. 3.13).

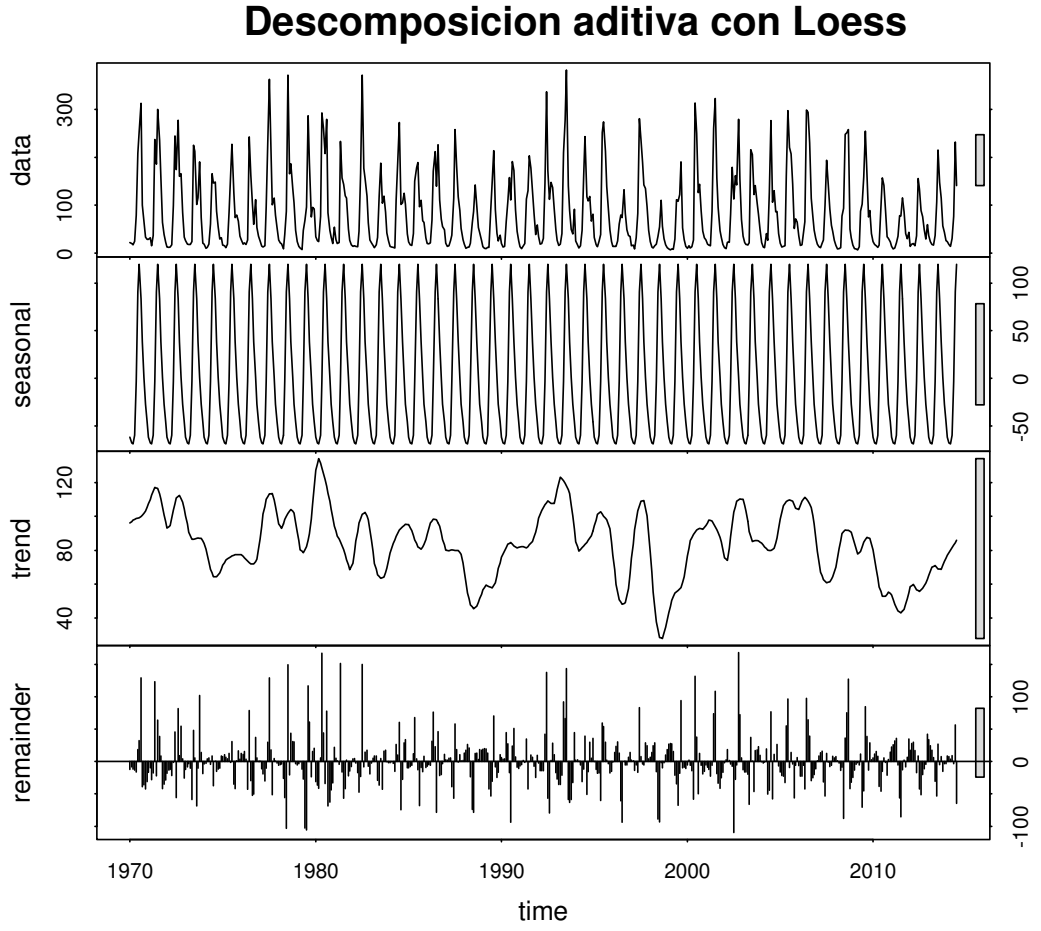


Figura 3.13. Descomposición aditiva con Loess de la serie de caudales medios mensuales en Rucaco desde el 01 enero 1970 al 31 diciembre de 2014, construida a partir de datos de la Dirección General de Aguas.

Asimismo, la tendencia (trend) de la serie de caudales medios, aparentemente disminuye de manera suave. El ajuste un modelo lineal a los datos indica que la tendencia observada es significativa (R^2 = 0.0832, F = 48.31 con 538 gl, p-value = 8,37e-12) tal como se muestra en la Figura 2.14 A). Similar resultado se observa cuando se aplica la prueba de Mann-Kendall a las anomalías estandarizadas de la tendencia (trend) extraída con Loess (Fig. 3.14 B). Estos resultados se ajustan con la tendencia observada en las precipitaciones (*cf.* Fig. 3.10 B).

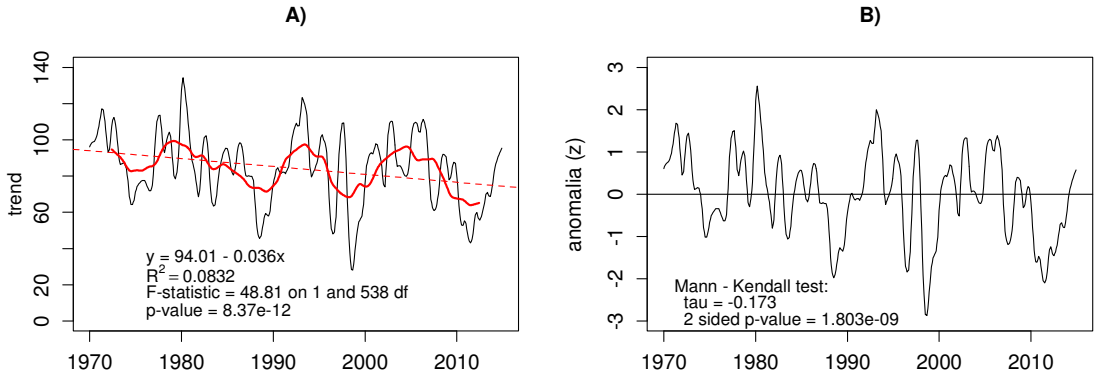


Figura 3.14. A) Análisis de la tendencia (trend) obtenida a partir de la descomposición aditiva de la serie de caudales medios mensuales del río Cruces en Rucaco con Loess. La línea roja continua indica el suavizado de la serie para un periodo de 120 meses y la línea roja segmentada muestra el ajuste de un modelo lineal a la tendencia (trend). **B)** Anomalías estandarizadas de la tendencia (trend) extraída con Loess de los caudales medios mensuales.

La descomposición de la serie anual de caudales promedios no pudo hacerse con Loess pues esta serie no presenta una estacionalidad definida. Al igual que la serie mensual, la serie anual muestra tramos de 10 a 13 años con caudales altos y bajos, una aparente disminución de los caudales promedios anuales hacia los años más recientes. El ajuste de un modelo lineal a los datos observados señala que esta tendencia no es significativa (R^2 = 0.0799, F = 3.733 con 43 gl, p-value = 0.06) tal como se muestra en la Figura 3.15 A). El análisis de la tendencia de las anomalías estandarizadas con la prueba de Mann-Kendall (tau= - 0.17, 2 sided p-value = 0.10233) indica que no existe evidencia suficiente en los datos para para rechazar la hipótesis nula de no tendencia (Fig. 3.15 B).

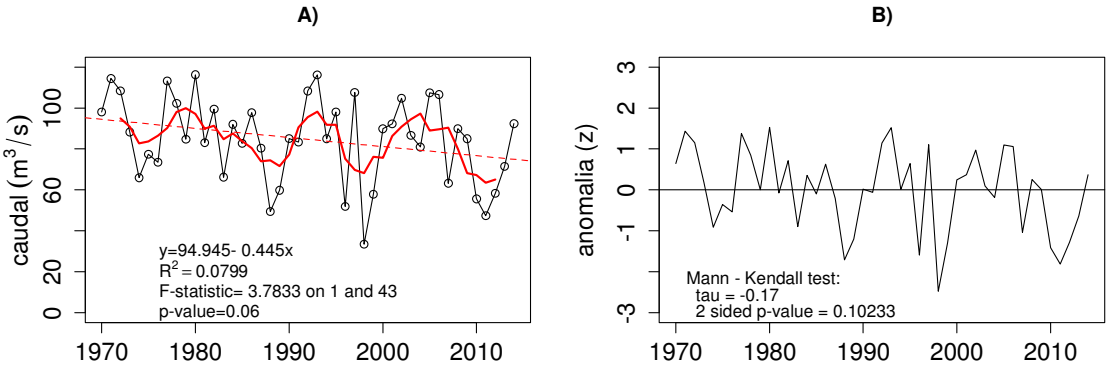


Figura 3.15. Análisis de la serie de caudales medios anuales del Río Cruces en Rucaco entre 1970 y 2013: **A)** Alisado de la serie para un periodo de 10 a 13 meses (la línea roja continua) y el ajuste de un modelo lineal (línea rojas segmentada) y, **B)** Anomalías estadarizadas de la serie .

3.4.4. Selección de fechas para los muestreos de calidad de agua y sedimentos

En la Figura 3.16, se muestran los periodos seleccionados para el muestreo de calidad de agua y sedimentos durante el año 2014. Esta selección se apoyó en los análisis de series de tiempo de precipitaciones en Valdivia y caudales hídricos en el río Cruces, sector Rucaco. El muestreo llevado a cabo entre el 7 y 10 de abril correspondió al período de bajo caudal hídrico; cuando el nivel del espejo de agua fue inferior a 1 m y el caudal hídrico tenía un flujo inferior a 27 m^3/s, valores similares a los medidos durante el periodo enero - marzo del presente año. La toma de muestras de agua correspondiente al período de inicio de las lluvias, se realizó entre el 27 y 30 de mayo, cuando el espejo de agua alcanzó entre 1,3 a 1,9 m y el caudal era de 66 - 145 m^3/s. El muestreo correspondiente a la época de mayor caudal se realizó entre el 29 de julio y el 1 de agosto; durante el mismo, el espejo de agua alcanzó aproximadamente 3,5 m de altura, variando el caudal hídrico entre 340 y 460 m^3/s (Fig. 3.16). Lo señalado anteriormente pone en evidencia que los períodos seleccionados para el muestreo de calidad de agua y sedimentos fueron adecuados y se correspondieron plenamente con lo indicado en la propuesta metodológica del Programa de Diagnóstico.

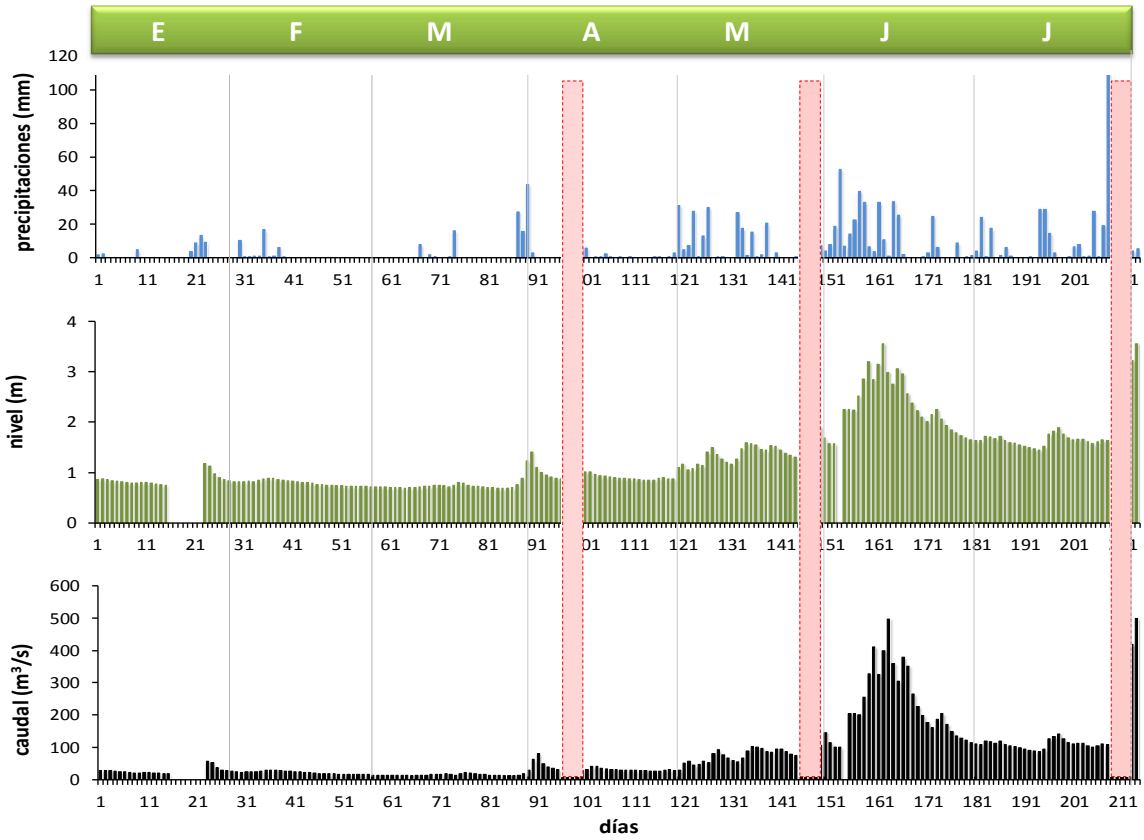


Figura 3.16. Variaciones diarias de las precipitaciones, nivel del espejo de agua y caudal hídrico en Rucaco durante el período enero - julio de 2014. Las barras de color rosado indican los días en que se realizaron muestreos: periodo de bajo caudal hídrico: 7 - 10 de abril; período de inicio de las precipitaciones: 27 - 30 de mayo; periodo de mayor caudal hídrico: 29 de julio - 1 de agosto.

3.5. Conclusiones

- Las temperaturas mínimas del aire registradas desde 1960 a 2014, muestran una marcada estacionalidad. Estas comienzan a disminuir en otoño, específicamente en el mes de marzo, para alcanzar su mínimo en julio (*ca.* 5°C) y luego comenzar su ascenso a partir de septiembre.
- La variación promedio de las temperaturas mínimas mensuales a través de los años no muestra tendencias a aumentar o disminuir; sin embargo, se observan fluctuaciones con periodicidad en torno a los 120 meses.

- A nivel anual, la temperatura mínima del aire muestra la misma tendencia y estacionalidad observada a nivel mensual; es decir, con fluctuaciones a nivel de décadas en torno al promedio el cual prácticamente no cambia durante el periodo analizado.
- La serie histórica mensual de precipitaciones (1960-2014), muestra que las lluvias comienzan a incrementar en otoño, específicamente en el mes de abril, para alcanzar su máximo entre junio y agosto.
- Fuera de la estacionalidad de las precipitaciones se observan también, tanto en la serie mensual como anual, fluctuaciones a nivel de décadas en torno a un nivel promedio que disminuye lentamente.
- La serie de precipitaciones muestra un decaimiento entre 1960 y 2013, coincidente con el decrecimiento significativo de las precipitaciones anuales desde 1901 al 2005 señalado por González-Reyes & Muñoz (2013).
- El periodo de bajas precipitación del año 2014, típica de la época estival, se extendió hasta fines de abril, lo cual armoniza con lo indicado por González-Reyes & Muñoz (2013), quienes indican la existencia una extensión de las condiciones estivales hacia parte del otoño y una concentración más acentuada de las precipitaciones en los meses de invierno.
- Durante el año 2014, el total de agua caída en abril no superó el promedio de precipitaciones ocurridas en los tres primeros meses del año ni su promedio histórico.
- La serie histórica mensual de los caudales hídricos del río Cruces en Rucaco, muestra una estacionalidad marcada entre invierno y verano, la cual se asocia de manera directa y significativa con la estacionalidad de las precipitaciones en el área de Valdivia (Fig. 3.12; $p<0,05$). Así, el caudal comienza históricamente a incrementar en otoño (específicamente en el mes de abril), para alcanzar su máximo en julio.
- Durante el año 2014, el caudal del río Cruces en Rucaco se mantuvo bajo hasta fines de abril y recién en mayo - coincidente con el aumento de las precipitaciones -, comenzó a aumentar.

- Los muestreos de la calidad del agua y sedimentos realizados se ajustaron plenamente a los periodos indicados en la propuesta metodológica del presente estudio, es decir a los periodo de bajas, medias y altas precipitaciones y caudales.

3.6. Referencias

CONAMA. 2007. Final report: Study about climate variability in Chile during the 21 st century. Comisión Nacional sobre Medio Ambiente, Santiago-Chile, 63 pp.

González-Reyes A & A.A. Muñoz. 2013. Cambios en la precipitación de la cuidad de Valdivia (Chile) durante los últimos 150 años. *Bosque* (Valdivia) 34(2): 191-200. Chile. DOI:10.4067/S0717-92002013000200008.

Huber A. 1970. Diez años de observaciones climatológicas en la Estación Teja-Valdivia (Chile) 1960 – 1969. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas 46 pp.

Kendall M.G. 1970. Rank Correlation Methods, 2nd Ed., New York: Hafner.

Koppe C. & G. De Long. 1958. Weather and Climate. McGraw-Hill Company, Inc., New York, Toronto, London. 341 p.

Mann H.B. 1945). Nonparametric tests against trend, Econometrica, 13, 245–259.

Quintana J.M. & P. Aceituno. 2012. Changes in the rainfull regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43 S. *Atmósfera (México),* vol. 25, núm.1, pp. 1-22. Available in : http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56523435001.

R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

Reyes J.C. 1981. Características de las precipitaciones de Valdivia: 1960-1976. Tesis. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1981.

Rusticucci M & O. Penalba. 2000. Interdecadal changes in precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature. *Climate Research* 16, 1-15.

UACh. 2009. Informe Final. Recopilación y análisis de información en apoyo psara la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental, para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia. Junio de 2009. 220 pp.

UACh. 2014. Informe final: Diagnóstico ambiental del humedal del Río Cruces basado en la comparación de condiciones ambientales actuales e históricas: Bases para su monitoreo y sustentabilidad. Convenio Servicio de Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Universidad Austral de Chile. Marzo de 2014. 374 pp.

4. ESTUDIOS ESPECIFICOS

Se presentan a continuación los objetivos, metodologías, resultados y conclusiones de los 15 estudios específicos que forman parte de este programa de Diagnóstico Ambiental.

4.1. Calidad del agua y sedimentos (Estudio 1):

4.1.1. Antecedentes

La cuenca del río Cruces drena una superficie de alrededor de 3.223 km^2. El río nace en la pre cordillera al sur de la provincia de Cautín en la vertiente occidental de los cerros situados entre los lagos Villarrica y Calafquén, y drena la depresión de San José en la parte norte de Valdivia, avanzando de NE al SW. Este río cruza los pueblos de Loncoche, Lanco y San José de la Mariquina; su longitud total alcanza los 125 km; a la vez que su ancho varía en su parte terminal entre 75 m y 3,5 km. En promedio, la profundidad del cauce del río Cruces varía entre cuatro y ocho metros y las mayores profundidades se encuentran en el sector sur, en los últimos 10 km donde puede alcanzar hasta los 12 metros de profundidad. En los bañados o áreas cercanas a las riberas y de profundidades bajas (*e.g.*, <1m) y áreas de pantano, la profundidad es de aproximadamente dos metros, presentando fuertes variaciones. Por otra parte, existen variaciones en el nivel de las aguas de ocurrencia diaria por el efecto mareal y también estacional. En invierno, el aumento del caudal de los ríos producto de las lluvias, eleva el nivel alrededor de un metro de la media, en tanto en verano el nivel puede bajar hasta 0,3 metros. La cuenca del río Cruces tiene un régimen netamente pluvial, con una alta variabilidad anual de caudal.

Antes de confluír con el río Valdivia, confluyen hacia el río Cruces otros ríos tributarios como el Cudico, Nanihue, Santa María, Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo, conformando un extenso sistema de humedales que se extiende al norte de Valdivia y parte del cual fuera declarado en 1981, Santuario de la Naturaleza. Estos humedales se

originaron como consecuencia del hundimiento de los terrenos colindantes al lecho del río Cruces, luego del terremoto del año 1960, el que provocó profundas modificaciones geomorfológicas (Saint-Amand, 1962; Weischet, 1963; Rojas, 2010), permitiendo la aparición del complejo de humedales del río Cruces, gran parte de los cuales están bajo la categoría de Santuario de la Naturaleza y sitio Ramsar desde 1981. Estos humedales presentan diversas características naturales e histórico-culturales que les confieren gran importancia (véanse Morales & Varela, 1985; Muñoz-Pedreros *et al.,* 1993a; Schlatter *et al.,* 2002; Corti &Schlatter, 2002; Muñoz-Pedreros, 2003).

A lo largo de su curso, el río está bajo la influencia de diferentes actividades antrópicas que pueden contaminar y afectar la calidad de sus aguas y sedimentos a través de descargas puntuales o difusas. En este contexto, el agua representa una condición transiente de los compuestos químicos tanto de origen natural como los de origen antrópico, a la vez que los sedimentos pueden ser considerados como el último reservorio de una gran cantidad de sustancias y elementos que circulan por el ambiente acuático, particularmente sustancias como compuestos orgánicos, clorados y metales pesados. Estos últimos, no obstante, se caracterizan por tener un origen natural y otro antropogénico (Giordano *et al*., 1992; French, 1993), los cuales llegan al sistema acuático utilizando las mismas vías geoquímicas; por lo tanto, en el ambiente existe una mezcla de ambas fracciones lo que dificulta establecer su origen y por lo tanto la estimación de los flujos y/o aportes desde cada fuente. Esta dificultad también se refleja en los sedimentos, ya que estos retendrán estas señales donde existan las condiciones adecuadas (*e.g*., dominio de tamaño de grano finos) y condiciones químicas reductoras que favorecen la formación de compuestos insolubles. En estas condiciones, los sedimentos pueden registrar los aportes de las diferentes sustancias permitiendo conocer la evolución temporal (historia) de los procesos que las aportan (Goldberg *et al*., 1977; Benninger & Krisnaswami *et al*., 1981). Sin embargo, procesos como la resuspensión o mezcla biogénica de los sedimentos pueden alterar los registros naturales, removilizando las sustancias que están presentes en los mismos (Matisoff, 1982; Aller *et al*., 1981).

Para establecer el estado actual de la calidad del agua y sedimentos del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, se realizaron durante el año 2014 muestreos de ambas matrices, con el objetivo de conocer las variaciones espaciales y temporales de las características físicas y químicas del área.

4.1.2. Objetivos

Medir y analizar en el agua superficial los siguientes parámetros:

- Temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos.
- Sólidos suspendidos totales (particulados) y transparencia.
- Oxígeno disuelto, demanda bioquímica (DBO_5) y química (DQO) de oxígeno.
- Carbono orgánico total.
- Nutrientes (Amonio, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno total, Fósforo total, Fosfato o Fósforo soluble y Fósforo total).
- Bacterias coliformes totales y fecales.
- Cloruros y Sulfatos.
- Metales pesados (fracción disuelta y particulada) (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio).
- Ácidos grasos, ácidos resínicos y compuestos Órgano-Halogenados Absorbibles (AOX).
- Dioxinas y Furanos (17 congéneres incluidos en el Convenio de Estocolmo de 2001).

Medir y analizar en el sedimento los siguientes parámetros:

- Textura, granulometría y contenido de materia orgánica y carbono orgánico total.
- Redox (potencial óxido - reducción).

● Metales pesados (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) medida con ICP - ms ("Inductive Coupling Plasma" con detector de masas).

● Ácidos grasos, ácidos resínicos, compuestos Órgano-Halogenados Absorbibles (AOX) y Órgano-Halogenados Extraíbles (EOX).

● Dioxinas y Furanos (17 congéneres incluidos en el Convenio de Estocolmo de 2001).

4.1.3. Material y métodos

Los muestreos de calidad del agua se realizaron en 14 puntos que se indican en la Figura 4.1.1 y Tabla 4.1.1, a través de tres campañas de muestreo durante los meses de abril, mayo y julio del año 2014. En este Informe se entregan los resultados de todas las campañas realizadas y se presentan las fechas específicas de muestreo en la Tabla 4.1.1. Los muestreos para el análisis de calidad de sedimentos se realizaron en las mismas estaciones de calidad de agua; la selección de los meses de muestreo corresponden a los períodos de menor (abril) y mayor caudal hídrico (mayo y julio). Es en estos períodos cuando probablemente ocurren las mayores depositaciones y resuspensiones de sedimento y por lo tanto, los periodos más adecuados para realizar comparaciones estacionales de calidad del sedimento.

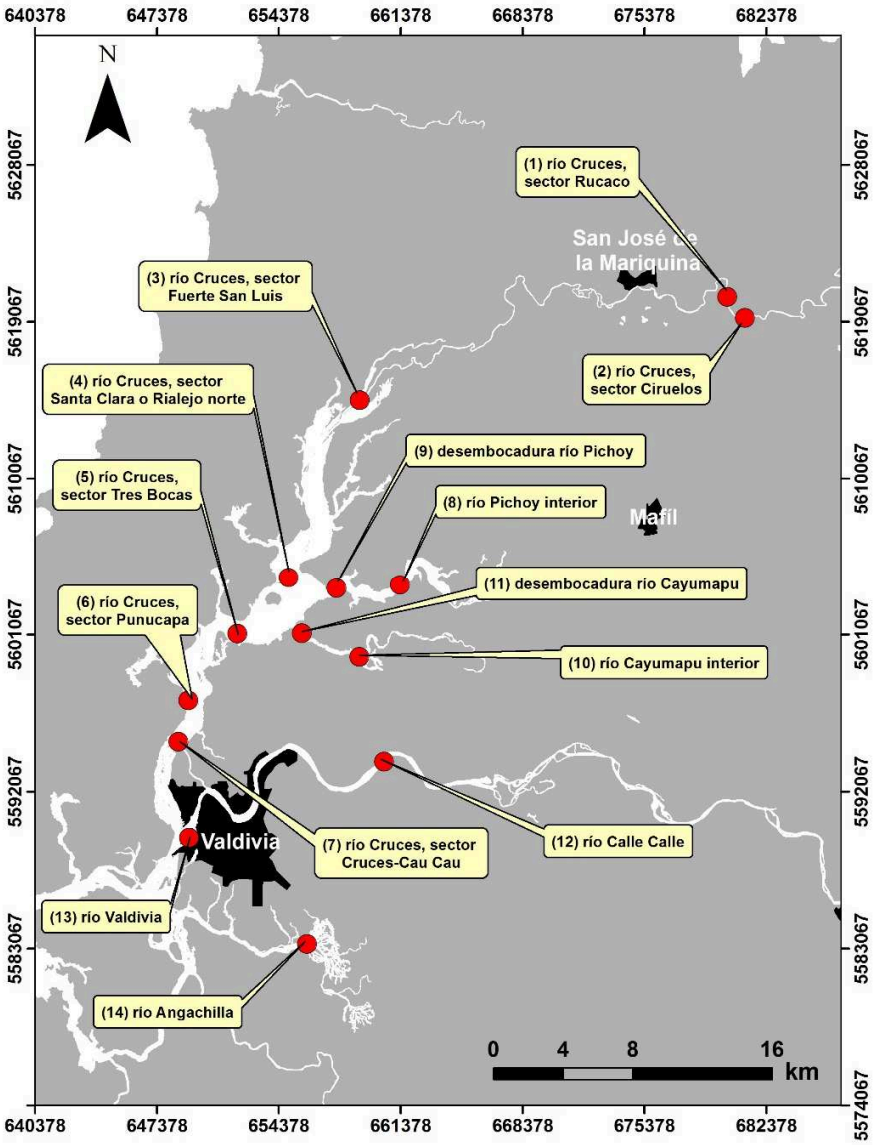


Figura 4.1.1. Ubicación de los sitios de muestreo para análisis de calidad del agua y sedimentos en el área de estudio.

Tabla 4.1.1. Estaciones y fechas de muestreos de la calidad del agua y sedimentos durante abril, mayo y julio de 2014 en el área de estudio.

Estaciones	menor caudal	inicio de las lluvias	mayor caudal
Porción superior del río Cruces (sector límnico)			
1 (sector Ciruelos)	07-abr-14	29-may-14	01-ago-14
2 (sector Rucaco)	07-abr-14	29-may-14	01-ago-14
Eje central del río Cruces (sector estuarial)			
3 (sector Fuerte San Luis)	09-abr-14	29-may-14	01-ago-14
4 (sector Santa Clara)	09-abr-14	28-may-14	29-jul-14
5 (sector Tres Bocas)	09-abr-14	28-may-14	29-jul-14
6 (sector Punucapa)	09-abr-14	28-may-14	29-jul-14
7 (sector Cruces-Cau Cau)	09-abr-14	28-may-14	29-jul-14
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)			
8 (río Pichoy interior)	10-abr-14	27-may-14	30-jul-14
9 (desembocadura río Pichoy)	10-abr-14	27-may-14	30-jul-14
10 (río Cayumapu interior)	10-abr-14	27-may-14	30-jul-14
11 (desembocadura río Cayumapu)	10-abr-14	27-may-14	30-jul-14
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios			
12 (río Calle Calle)	07-abr-14	30-may-14	31-jul-14
13 (río Valdivia)	07-abr-14	30-may-14	31-jul-14
14 (río Angachilla)	08-abr-14	30-may-14	31-jul-14

Las metodologías de obtención de muestras, mediciones *in situ* y análisis de laboratorio utilizadas para los **estudios de calidad del agua** fueron:

• Recolección de agua superficial (*ca.* 20 cm de profundidad) con: **i)** balde plástico (limpiado químicamente con detergentes no iónicos y enjuagados con agua des ionizada y agua Tipo I) para llenar envases de vidrio previamente tratados para los análisis de Sulfatos, Cloruros, Oxígeno disuelto, DBO_5, DQO y compuestos orgánicos, y **ii)** vara de PVC con frascos limpios Nalgene® en su extremo para

obtener agua para los análisis de metales pesados y así evitar la eventual contaminación de las muestras por la cercanía de la embarcación.

• Temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos: uso de sonda multi-paramétrica para mediciones *in situ* (Unidades: °C, unidades de pH, umS/cm y mg/L, respectivamente).

• Sólidos suspendidos particulados y transparencia: método gravimétrico (Unidad: mg/L) y Disco Secci (Unidad: cm).

• Oxígeno disuelto: uso de sonda multi-paramétrica para mediciones *in situ* y titulación por Método de Winkler (A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis, First edition. Timothy R Parsons; Yoshiaki Maita; Carol M Lalli, 1984).

• Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. 2005. Method 5210 B.

• Demanda química de oxígeno (DQO): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. 2005. Method 5220.

• Carbono orgánico total: método de combustión catalítica (Unidad: % C).

• Nutrientes: (Amonio, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno total, Fósforo total, Fosfato o Fósforo soluble y Fósforo total): mediante absorción molecular (Unidades: mg/L, amonio; µmol/L).

• Bacterias coliformes totales y fecales: metodología de cultivo y recuento de colonias (NMP/100 ml).

• Cloruros: Volumetría. NCh2313/32.Of199 y/o Cromatografía Iónica. EPA Method 300.0.

• Sulfatos: Gravimetría.Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.21st Edition. 2005. 4500-SO42-C y/o Cromatografía Iónica. EPA Method 300.0.

• Metales pesados: **i)** separación de la fracción disuelta de la particulada mediante filtración de las muestras con una membrana de 0,45 µm de tamaño de poro, y **ii)** cuantificación mediante espectroscopia de masa de plasma inductivamente

acoplado (ICP-MS). Análisis de Mercurio por espectrometría de absorción atómica de vapor frio (Unidades: metales disueltos: µg/L y metales particulados: µg/g).

• Ácidos grasos: cromatografía gaseosa con detección de masa (Unidad: µg/L).

• Ácidos resínicos: cromatografía gaseosa con detección de masa (Unidad: µg/L).

• Órgano-Halogenados Absorbibles (AOX): titulación microcoulombimétrica con adsorción en carbono activado (Unidad: mg/L).

• Dioxinas y Furanos: Cromatografía gaseosa de alta resolución con detección de masa de alta resolución (HRGC/HRMS) y preparación automática de muestras (FMS) utilizando Extracción en Fase Sólida (SPE) (Unidad: ng/L).

Las metodologías de obtención de muestras, mediciones *in situ* y análisis de laboratorio para **estudios de calidad del sedimento** fueron:

• Uso de draga PONAR que cubre un área del fondo de 33 x 33 cm. Uso de toma – testigo plástico de 10 cm de diámetro enterrado a 20 cm de profundidad en los sedimentos contenidos en la draga, para los análisis que se indican más abajo. Parte de los sedimentos así recolectados se colocaron en envolturas de aluminio (*i.e.*, alusa foil) para los análisis de compuestos orgánicos y en bolsas plásticas selladas (tipo Whirl pack®) para los análisis de metales pesados.

• Potencial redox: sonda con electrodo para medición de potencial óxido-reducción.

• Análisis de textura mediante metodología de tamizado en húmedo (Anderson *et al.*, 1981) y granulometría de la arena mediante velocidad de decantación de las partículas (Emery, 1938) y método de momentos (Seward-Thompson & Hails, 1973) (Unidades: % para análisis texturales y micrones para granulometría).

• Materia orgánica: calcinación y gravimetría (Unidad: % de materia orgánica por clase textural).

• Carbono orgánico total: combustión catalítica (Unidad: % C).

• Metales pesados: mediante espectroscopia de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) (Unidad: µg/g). El mercurio se analizó por espectrometría de absorción atómica de vapor frío (Unidad: µg/g).

• Ácidos grasos: cromatografía gaseosa con detección de masa (Unidad: µg/g)

• Ácidos resínicos: .cromatografía gaseosa con detección de masa (Unidad: µg/g.

• Compuestos Órgano-Halogenados Absorbibles (AOX): titulación micro coulombimétrica con adsorción en carbono activado (Unidad: µg/g)

• Compuestos Órgano-Halogenados Extraíbles (EOX): titulación micro coulombimétrica con extracción en hexano. (Unidad: µg/g)

• Dioxinas y Furanos: Cromatografía gaseosa de alta resolución con detección de masa de alta resolución (HRGC/HRMS) y preparación automática de muestras (FMS) utilizando Extracción Presurizada Liquida (PLE) (Unidad: ng/g)

Análisis estadísticos

La base de datos construida para comprender la variabilidad espacial y temporal de los parámetros físico-químicos estudiados en agua y sedimentos del área de estudio, incluye variables cualitativas (sectores del humedal y campañas temporales) y variables cuantitativas continuas (*e.g.*, concentración de metales pesados y porcentajes de fracciones texturales en los sedimentos).

En general, se debe establecer que en los análisis estadísticos se considera que los sectores predefinidos para el área de estudio, representan una variación tal que es posible categorizarlos como:

• L = sector límnico del río Cruces; es decir, la parte del río que no es afectada por las mareas. Incluye las estaciones 1 y 2 (Fig. 4.1.1).

• EE = eje estuarial y central del río Cruces; es decir, la parte del río afectada por las mareas. Incluye las estaciones 3, 4, 5, 6 y 7 (Fig. 4.1.1).

• T = ríos tributarios del humedal del río Cruces; es decir, ríos afectados por mareas - estuarios - y que se comunican con el eje central del mismo río. Incluye las estaciones 8, 9, 10 y 11 (Fig. 4.1.1).

• F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; área afectada por mareas. Incluye las estaciones 12, 13 y 14 (Fig. 4.1.1).

De igual forma, la variabilidad registrada en las campañas mensuales también permite categorizar situaciones como de bajo y alto caudal hídrico (muestreos de abril y julio 2014, respectivamente). Así, en los análisis posteriores, ambas variables categóricas son consideradas como factores fijos. Además, dado que estas variables toman valores en diferentes magnitudes y escalas de variación, el análisis estadístico se enfocó a determinar patrones de variación generales y que generen una base comparativa de datos que permita plantear conclusiones que ayuden a comprender la variabilidad espacio temporal en la calidad de agua y sedimentos del área de estudio.

El análisis de las variables estudiadas se enfocó a la aplicación de básicamente dos técnicas: **Análisis Univariado** y **Análisis Multivariado**.

El **Análisis Univariado** consideró la aplicación de Análisis de Varianza (ANDEVA), para evaluar la existencia o no de diferencias significativas entre los factores principales de interés (ver Sokal & Rohlf, 1994): **sectores del área de estudio** y **campañas de muestreo**, ambos considerados como factores fijos. Como primera regla de decisión, se consideró aplicar el ANDEVA sobre los datos sin transformar, evaluando los supuestos de normalidad en forma visual y mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual está basada en la función de distribución acumulativa empírica (FDCE) de la variable y cuyo gráfico de probabilidades esperadas *vs* observadas (plot Q-Q) permite inspeccionar visualmente la distribución de la variable. Este análisis fue realizado sobre los residuos del modelo ANDEVA de cada variable analizada. Por otra parte, el supuesto de homogeneidad de varianzas u homocedasticidad fue evaluado usando las Pruebas de Bartlett y de Levene. La primera aplica cuando los datos provienen de distribución normal, pero no es muy robusta a fuertes desviaciones de la normalidad. La Prueba de Levene aplica cuando

la variable proviene de una distribución contínua pero no necesariamente normal, dado que la misma considera la distancia de la observación a la mediana en lugar de la media (esto la hace más robusta en análisis de muestras pequeñas). Cuando no se cumplieron estos supuestos se aplicó la prueba de Kruskall-Wallis para comparar entre niveles de los factores principales (sectores y campañas de muestreo). Esta prueba es la versión no paramétrica del ANDEVA y se basa en la comparación de las medianas entre dos o más niveles de un factor y tiene la debilidad que es afectada por la presencia de datos extremos ("outlayers") en la muestra. Esta prueba se basa en los siguientes supuestos: i) las poblaciones (muestras) a comparar son independientes y tomadas aleatoriamente desde una muestra con distribución contínua, y ii) las distribuciones de las muestras a comparar son de la misma forma.

Como regla de decisión general, y dado que para efectos comparativos el ANDEVA es robusto ante desviaciones de la normalidad y homocedasticidad y que tiene mayor poder o baja probabilidad de cometer error de Tipo II (cuando no se rechaza una hipótesis nula siendo esta falsa) que cualquier prueba no paramétrica, en este informe se describen principalmente los resultados de ANDEVA. En aquellos casos en que no se cumple alguno de los supuestos, se presentan también los resultados para la prueba de Kruskall-Wallis. Aunque en general, ambas pruebas entregan conclusiones estadísticas similares, en la descripción de resultados se detallan esos casos y se revisan los casos cuando ambas pruebas generan conclusiones estadísticas similares o contrastantes en términos de valor de significancia.

En general, los datos fueron analizados sin transformaciones. Sin embargo, las necesarias excepciones fueron los datos de porcentajes de fracciones texturales del sedimento las que fluctúan entre 1 y 100 (porcentajes) y por lo tanto requieren ser transformadas usando la raíz cuadrada del dato previo a la aplicación de ANDEVA. Se transformaron además los datos de metales pesados en sedimentos cuyas fuertes desviaciones de normalidad fueron corregidas usando transformación logarítmica en base 10.

Luego de la aplicación del ANDEVA y en aquellos casos en que los factores principales sectores y campañas de muestreo, evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$), se aplicó la prueba *a posteriori* de Tukey para determinar que sector o campaña era el responsable de generar las diferencias entre niveles de cada factor. La prueba de Tukey permite comparar entre todas las medias de los niveles de un factor. Dado que el uso repetido de cada nivel comparado con el resto de niveles del factor, aumenta la probabilidad de cometer error de Tipo I (cuando no se acepta una hipótesis nula siendo ésta verdadera) y la prueba de Tukey no es tan conservadora, el valor de significancia de todas las comparaciones (tasa de error familiar) fue fijado en 0,05. Los resultados de las pruebas de Tukey se resumieron estableciendo relaciones de igualdad *vs* desigualdad entre niveles de cada factor. Todos los procedimientos anteriores se realizaron usando el módulo Generalized Linear Models implementado en MINITAB v13 (MINITAB 2003).

El **Análisis Multivariado** consideró el uso de Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA) para probar si existen diferencias entre sectores y entre campañas de muestreo y si estas son producidas por grupos de los parámetros físicos o químicos analizados (*cf.* Tabachnick & Fidell, 2013). Esta prueba se basó en el uso de Wilks (lamba) como estadígrafo de prueba (Ramajo *et al*., 2013). Además, se utilizó Análisis Discriminante (DFA) sobre los datos físico-químicos para visualizar las diferencias espaciales entre diferentes sectores y campañas de muestreo y para examinar el éxito en la reclasificación de las muestras tomadas en esos sectores y campañas. Dado las diferencias en tamaños muestreales a través de sectores y campañas, la probabilidad *a priori* del modelo cuadrático de DFA fue definida a partir de los tamaños observados de cada muestra. La estimación de éxito en la matriz de reclasificación fue validada utilizando métodos de aleatorización ("Jacknife"). Todos estos análisis fueron implementados usando del módulo Análisis Discriminante clásico implementado en SYSTAT v14.

4.1.4. Resultados

4.1.4.1. Calidad del agua

Estructura físico - química de la columna de agua

Las Figuras 4.1.2 a la 4.1.4 muestran la variabilidad vertical de la temperatura, salinidad (expresada en unidades psu (psu = "practical salinity unit" y que corresponde a una concentración de 35 g de sal en un litro de agua) y oxígeno en la columna de agua de las estaciones de muestreo de la 3 a la 14. Se excluyen de este análisis las estaciones 1 y 2 debido a la escasa profundidad de las mismas.

No se observó mayor variabilidad en la distribución vertical de estas variables en el agua de las estaciones estudiadas. Los gráficos de las Figuras 4.1.2 y 4.1.3, muestran que durante el muestreo de abril (período de menor caudal hídrico), los valores de temperatura y salinidad fueron más altos que durante los muestreos de mayo y julio, cuando en general los valores de ambas variables, fueron similares. La variabilidad vertical del oxígeno disuelto muestra que para algunas estaciones se registraron mayores concentraciones durante el muestreo de mayo (*e.g.,* estaciones 8, 9 y 11, Fig. 4.1.4).

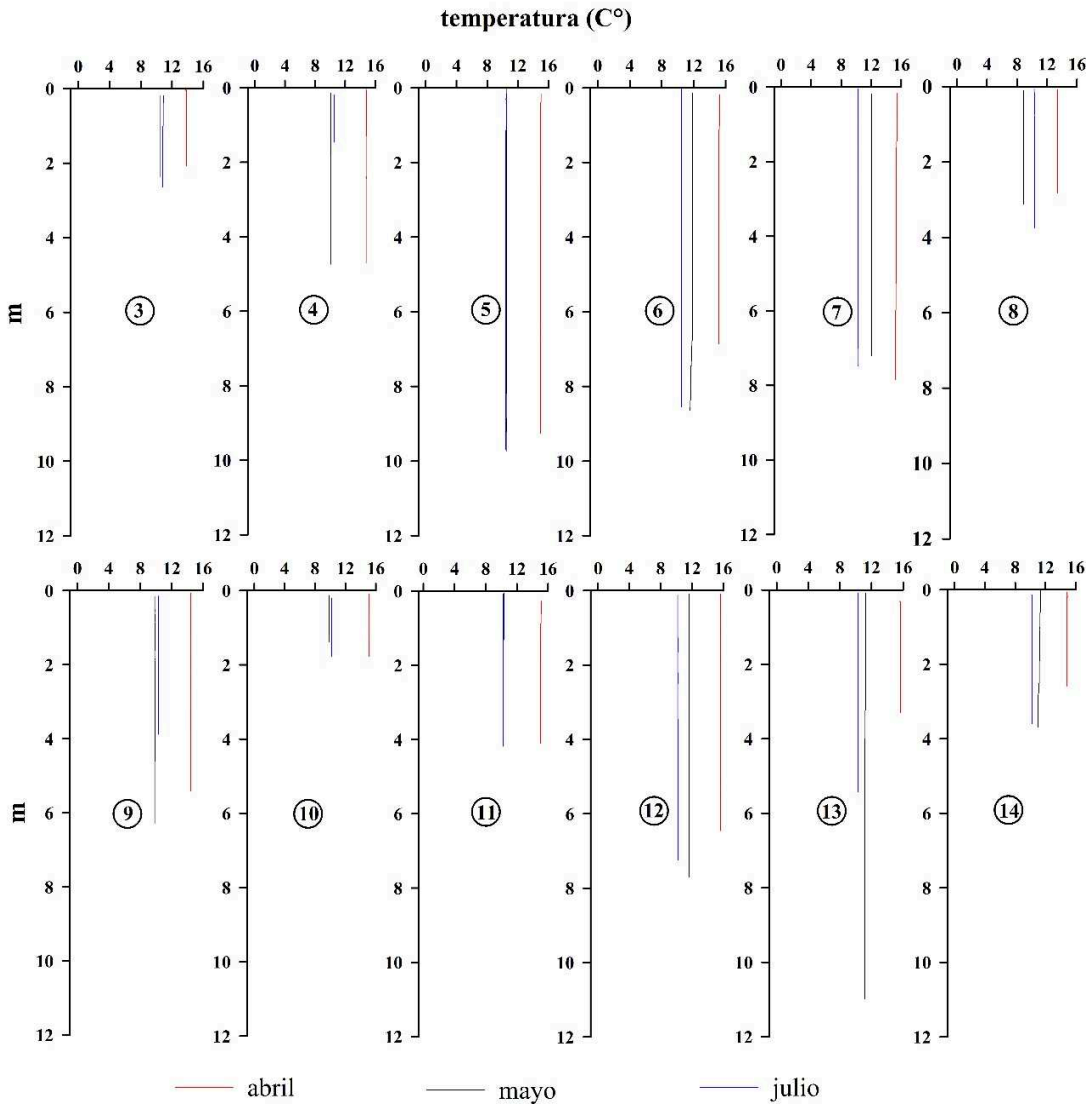


Figura 4.1.2. Variabilidad vertical de la temperatura en la columna de agua para las estaciones de muestreo 3 a 14.

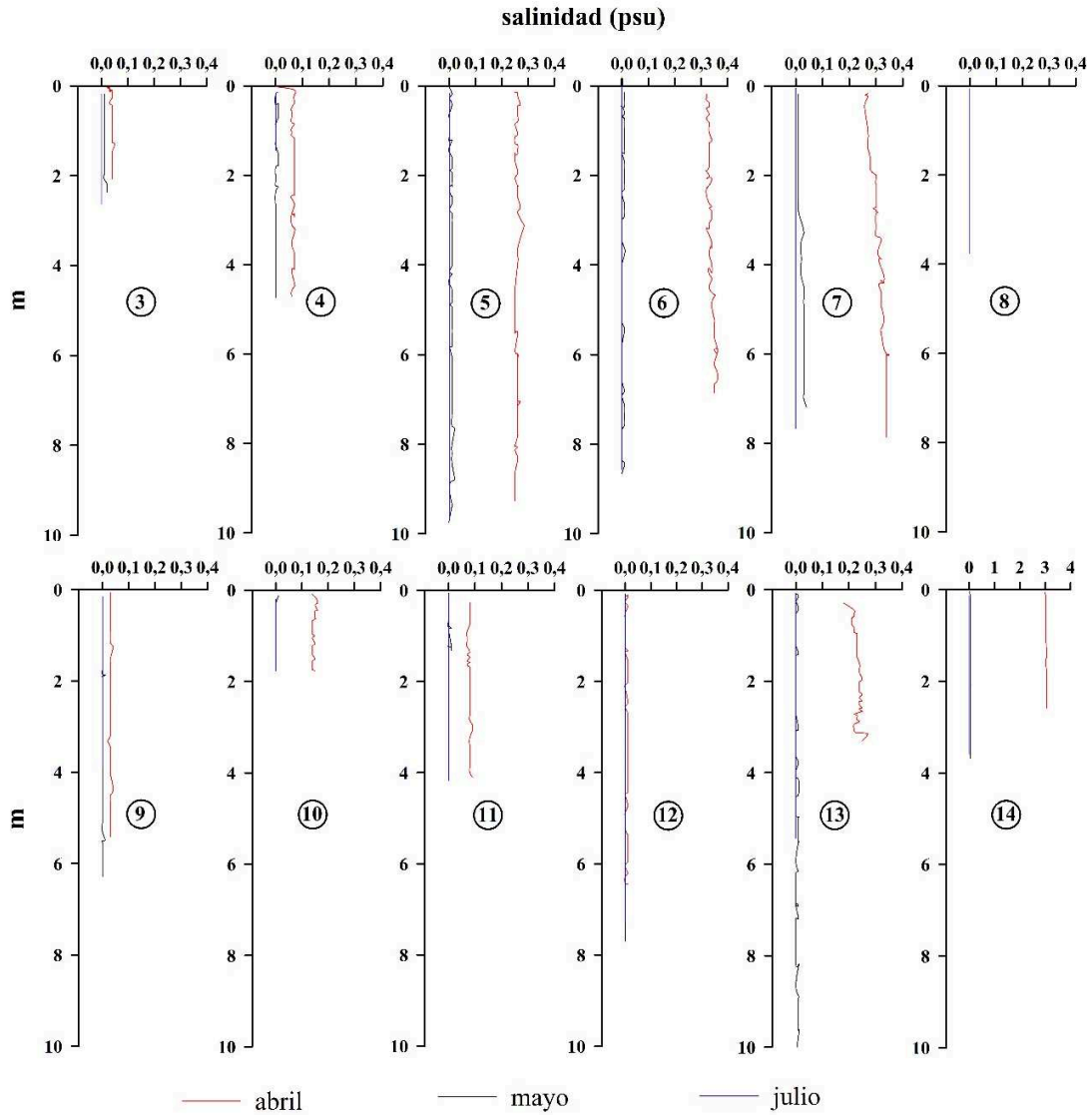


Figura 4.1.3. Variabilidad vertical de la salinidad (expresada en psu) en la columna de agua para las estaciones de muestreo 3 a 14.

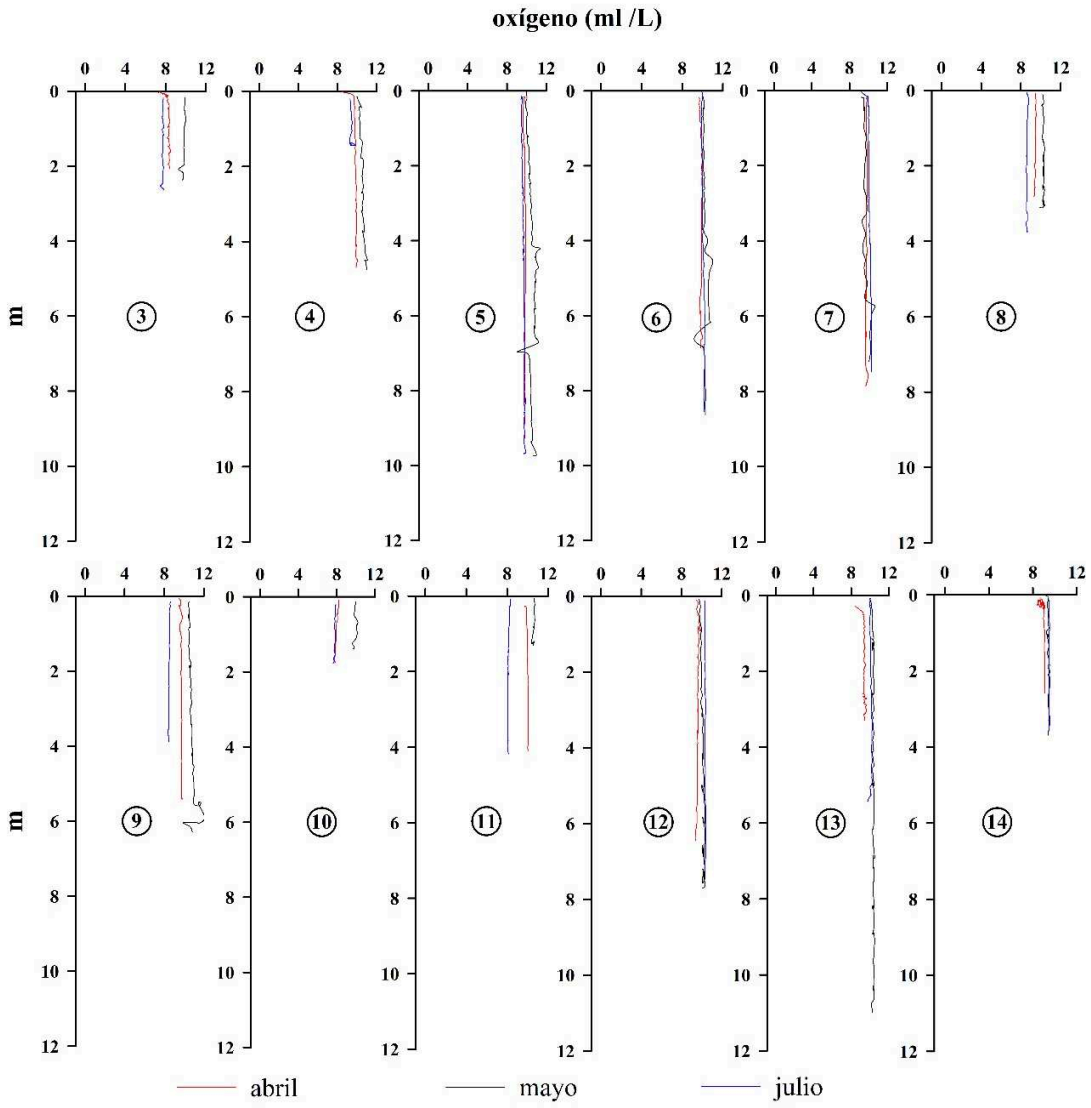


Figura 4.1.4. Variabilidad vertical del oxígeno en la columna de agua para las estaciones de muestreo 3 a 14.

Aguas superficiales

Temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos totales (SDT)

La Tabla 4.1.2 y Figuras 4.1.5 - 4.1.8 muestran la variabilidad espacial y temporal de la temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos totales durante abril, mayo y julio. Nótese sin embargo que el muestreo de Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto 2014.

Tabla 4.1.2. Variabilidad de la temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos totales (SDT) en el agua del área de estudio. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	°C			pH			conductividad (µS/cm)			SDT (mg/L)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	13,1	10,1	10,3	7,0	7,6	7,0	33,4	25	18	28	22	17
2 (sector Rucaco)	13,6	10,4	10,5	7,2	7,5	7,1	108,0	40	21	90	36	19
Eje central del río Cruces (sector estuarial)												
3 (sector Fuerte San Luis)	13,8	10,4	11,7	8,4	7,3	7,8	98,1	48	26	81	43	23
4 (sector Santa Clara)	14,7	10,0	10,5	8,3	7,5	7,6	131,7	42	26	107	38	23
5 (sector Tres Bocas)	15,0	10,7	10,4	8,2	7,2	7,2	437,2	41	24	352	36	22
6 (sector Punucapa)	15,1	11,6	10,4	8,1	7,2	7,2	579,9	44	25	465	38	23
7 (sector Cruces - Cau Cau)	15,4	11,9	10,3	8,0	7,2	7,1	496,7	87	25	396	76	22
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)												
8 (río Pichoy interior)	13,3	8,8	10,2	8,0	7,6	6,6	30,5	25	19	26	24	17
9 (desembocadura río Pichoy)	14,4	9,8	10,2	7,9	7,1	6,5	94,6	37	19	77	34	17
10 (río Cayumapu interior)	15,1	9,8	10,1	7,5	7,4	7,4	286,6	36	20	230	33	18
11 (desembocadura río Cayumapu)	15,0	10,3	10,2	7,6	7,0	6,9	173,2	39	20	139	36	18
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios												
12 (río calle Calle)	15,6	11,6	10,1	7,6	7,1	6,7	39,2	30	27	31	27	25
13 (río Valdivia)	15,6	11,2	10,2	7,2	7,4	7,0	476,2	46	28	378	41	25
14 (río Angachilla)	14,8	11,3	10,5	7,4	7,3	7,1	4503,7	104	27	3636	91	24

En términos generales, la variabilidad espacial de la temperatura en el área de estudio muestra una disminución gradual de la misma desde el muestreo de abril a julio del 2014 (Fig. 4.1.5). Durante el muestreo de abril, los valores más bajos ocurrieron en el sector límnico del área de estudio (estaciones 1 y 2), a la vez que durante el muestreo de mayo tales valores ocurrieron en ríos tributarios del humedal (estaciones 8, 9 y 10; Tabla 4.1.2 y Fig. 4.1.5). Durante el muestreo de julio y con excepción de un solo valor (estación 3, sector Fuerte San Luis), los valores de temperatura del agua fueron muy similares en toda el área (Tabla 4.1.2 y Fig. 4.1.5).

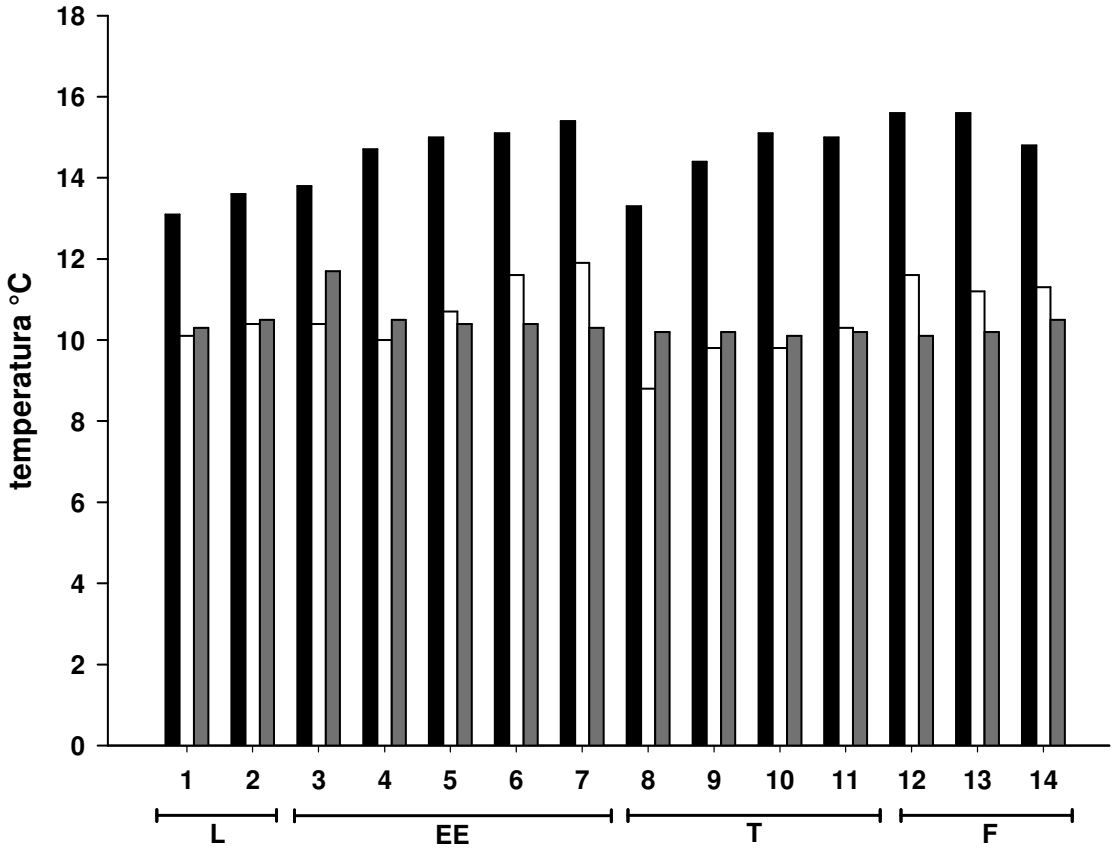


Figura 4.1.5. Temperatura del agua en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Los rangos de pH medidos en el agua variaron entre 7,0 y 8,4 durante el mes de abril, entre 7,1 y 7,6 durante el mes de mayo y entre 6,5 y 7,8 durante el muestreo del mes de julio (Tabla 4.1.2 y Figura 4.1.6). Los valores de pH medidos durante abril 2014, fueron, en general, más altos en el eje central del río Cruces y en los ríos tributarios; durante el muestreo de mayo no se observó mayor variación entre sectores, a la vez que durante el mes de julio los valores más bajos de pH se midieron en aguas de los ríos tributarios (Tabla 4.1.2 y Fig. 4.1.6).

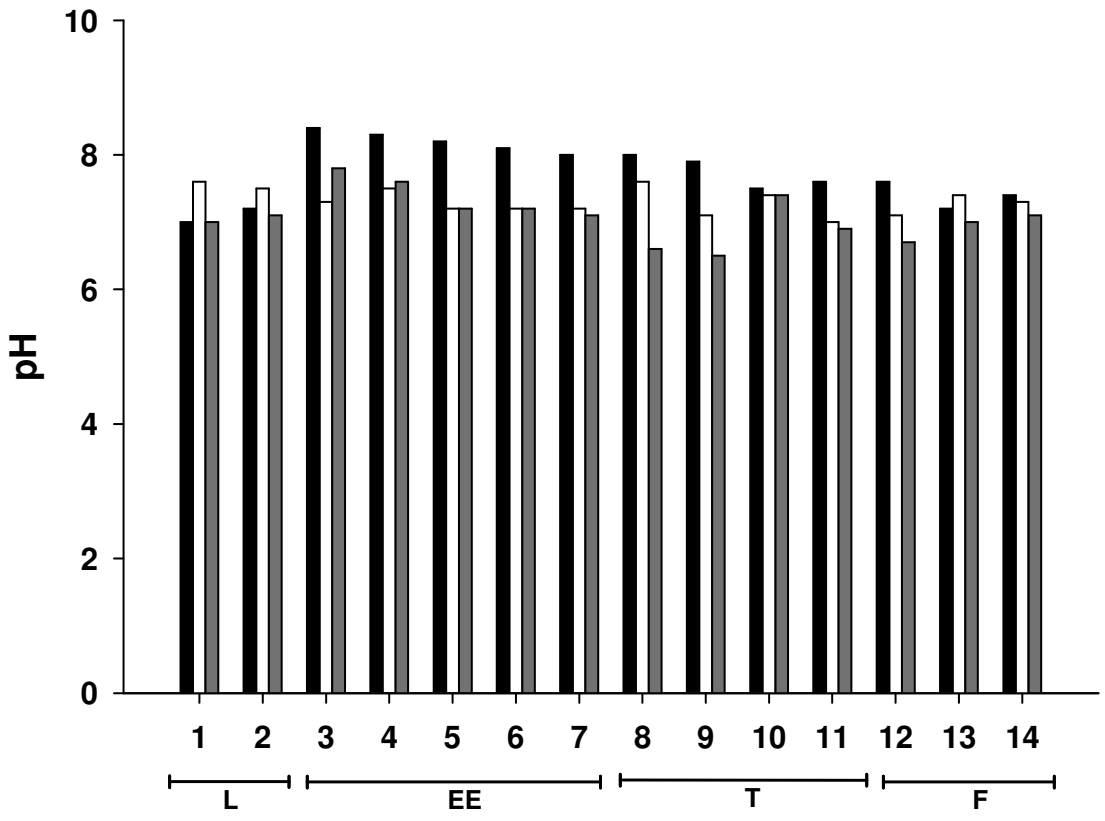


Figura 4.1.6. pH del agua en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

La conductividad del agua mostró valores más altos y mayor heterogeneidad espacial durante el muestreo de abril. Los valores más altos durante esa campaña (> 400 µS/cm) se registraron en la porción inferior del río Cruces (sectores Punucapa y Cruces - Cau Cau) y en los ríos Valdivia y Angachilla (en este último sitio de muestreo se detectó la conductividad más alta del agua: 4503,7 µS/cm) (Tabla 4.1.2 y Fig. 4.1.7). Los valores de conductividad del agua fueron notoriamente más bajos durante los muestreos de mayo y julio (en general < 50 µS/cm). Durante el muestreo de mayo, el agua del río Angachilla - similar a lo observado en abril - fue la que tuvo la mayor conductividad (104 µS/cm); por el contrario, durante el muestreo de julio la conductividad del agua fue similar en toda el área de estudio (< 30 µS/cm) (Tabla 4.1.2 y Fig. 4.1.7).

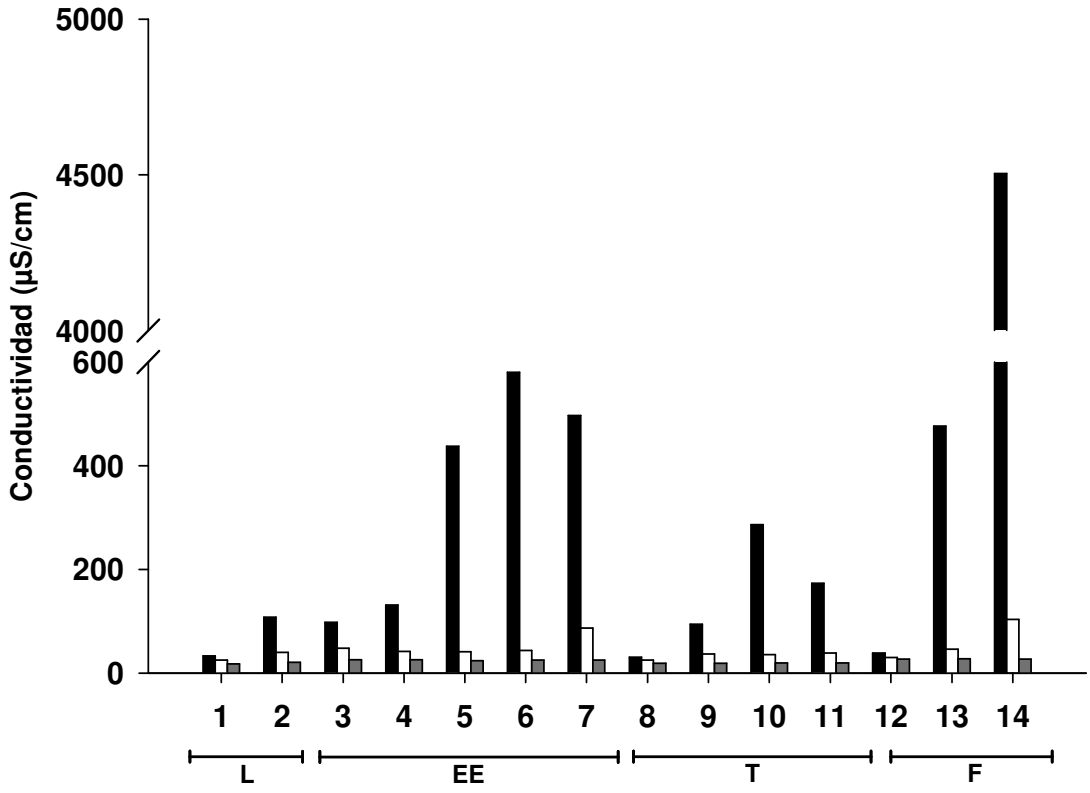


Figura 4.1.7. Conductividad del agua en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

La variabilidad temporal y espacial de las concentraciones de sólidos disueltos totales, tuvo un patrón similar al de la conductividad del agua; *i.e.*, valores más altos durante abril y en la porción inferior del eje central del río Cruces (estaciones 5, 6 y 7) y ríos Valdivia y Angachilla (Tabla 4.1.2 y Fig. 4.1.8).

La Tabla 4.1.2 y Figuras 4.1.7 y 4.1.8, muestran también que los rangos de variabilidad de la conductividad del agua y los sólidos disueltos totales, fueron notoriamente más bajos durante los muestreos de mayo y julio, situación que está relacionada a la mayor dilución de solutos durante los dos últimos muestreos (*vs* abril) cuando la precipitación y caudal del río fueron más altos (*cf.* Capítulo 2. ANÁLISIS DE DATOS AMBIENTALES DE LARGO PLAZO**,** Fig. 2.16).

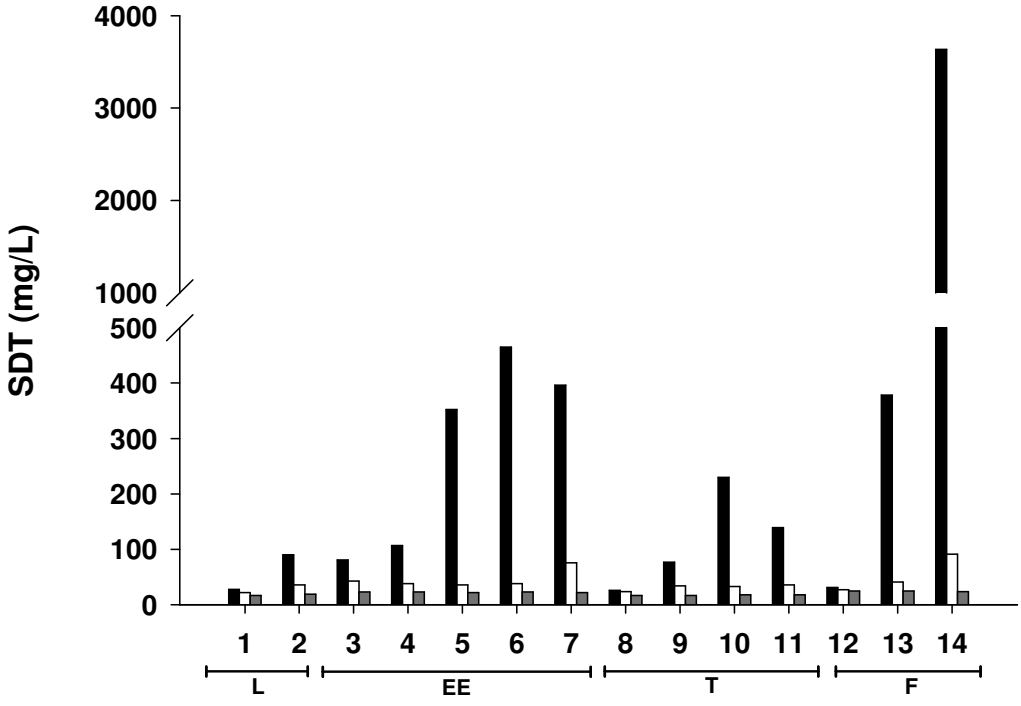


Figura 4.1.8. Concentración de sólidos disueltos totales en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

Las variables temperatura y pH del agua presentaron variabilidad significativa, tanto a través de las campañas temporales como entre sectores (Tabla 4.1.3). La variabilidad temporal indica que durante el mes de abril se registraron los valores más altos de temperatura y pH. Sin embargo, la variabilidad entre sectores fue diferente para ambos parámetros.

Por otra parte, la conductividad y concentración de sólidos disueltos totales (SDT), no presentaron variaciones significativas, ni entre mes o campañas de muestreo ni entre sectores ($p>0,05$). Ya que la variable conductividad no cumplío los supuestos de ANDEVA, se entrega información de la Prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis, la que mostró una conclusión diferente para el factor mes (diferencias significativas entre meses para SDT), pero igual para el factor sector (sin diferencias entre sectores para conductividad).

El Análisis de Función Discriminante realizado sobre las dos variables que presentaron diferencias significativas (temperatura y pH), evidenció que ambas aportan en mayor proporción a la diferenciación a través del tiempo (MANOVA, $p<0,0001$), que entre sectores (MANOVA, $p= 0,073$). El bajo poder discriminatorio de los datos a través de sectores se evidencia también en el bajo nivel de éxito de reclasificación de las muestras en el análisis por sectores (43%); por el contrario, entre meses o campañas temporales, el éxito en la reclasificación alcanza a un 83% (Fig. 4.1.9).

Tabla 4.1.3. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos totales registrados entre los factores principales. Estos son Mes de muestreo (abril, mayo, julio 2014) y Sector (L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela, cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Temperatura	Mes (M)	2	158,814	67,4	216,26	**<0,0001**	abr > may = jul
	Sector (S)	3	6,719	2,24	7,19	**0,0010**	L = T < EE = F
	M x S	6	4,533	0,756	2,42	**0,0500**	
	Error	30	9,35	0,312			
	Total	41	179,416				
pH	Mes (M)	2	3,06926	0,95656	17,05	**<0,0001**	abr >may >jul
	Sector (S)	3	1,37417	0,45806	8,16	**<0,0001**	EE > L = T = F
	M x S	6	1,70863	0,28477	5,07	**0,0010**	
	Error	30	1,6834	0,05611			
	Total	41	7,83546				
Conductividad	Mes (M)	2	2340147	1150535	2,79	0,0770	
(*)	Sector (S)	3	1761900	587300	1,43	0,2540	(0,191)
	M x S	6	3334555	555759	1,35	0,2670	
	Error	30	12351643	411721			
	Total	41	19788245				
SDT	Mes (M)	2	1497240	737900	2,75	0,0800	(<0,001)
	Sector (S)	3	1146379	382126	1,42	0,2560	(0,224)
	M x S	6	2161787	360298	1,34	0,2700	
	Error	30	8061368	268712			
	Total	41	12866774				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple supuestos de normalidad y homocedasticidad, Kruskall Wallis para Conductividad: Mes, p **<0,001**; Sector: p = 0,191

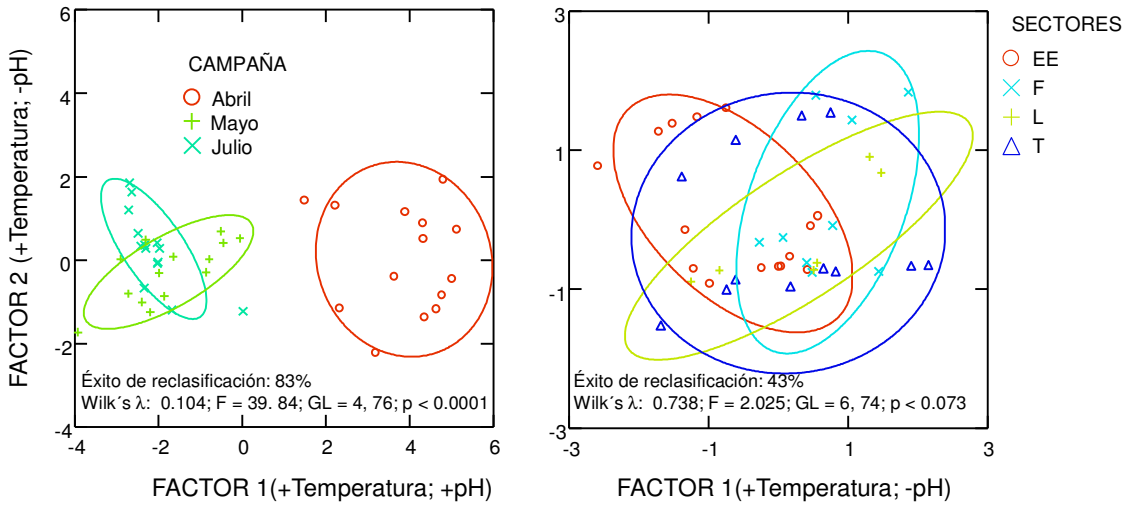


Figura 4.1.9. Funciones Discriminantes para la variabilidad temporal (meses o Campañas) y espacial (Sectores), generadas mediante el uso de los datos de temperatura y pH del agua en el área de estudio. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia

La Tabla 4.1.4 y Figuras 4.1.10 y 4.1.11 muestran la variabilidad en el contenido de sólidos suspendidos totales (SST) y la transparencia del agua durante abril, mayo y julio del 2014 en el área de estudio. El contenido de SST aumentó desde el muestreo de abril al de mayo y julio; por ejemplo, en el sector límnico (estaciones 1 y 2) la variabilidad en SST fue de 3,9 - 4,5 mg/L durante abril, 16,9 - 18,2 mg/L durante mayo y 18,7 - 20,9 mg/L durante el muestreo de julio. Esta variabilidad temporal estuvo probablemente causada por aumentos en el caudal hídrico lo que implica entre otros efectos, mayor escorrentía hacia los cauces y consecuentemente, mayor concentración de SST. En general y durante las tres campañas, el contenido de SST fue más alto en estaciones ubicadas en el eje central del río Cruces (porción límnica y estuarial) y en ríos tributarios del mismo (Tabla 4.1.4, Fig. 4.1.10).

Tabla 4.1.4. Variabilidad de los sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia en el agua del área de estudio. Los valores para los SST son promedios con desviación estándar en paréntesis. *= debido al bajo caudal del río durante abril, no fue posible obtener una medida real de transparencia ya que en estas estaciones el fondo era claramente visualizado y no estaba a más de 30 a 40 cm de profundidad. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

Estaciones	**SST (mg/L)**			**transparencia (cm)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**Julio**
1 (sector Ciruelos)	3,9 (0,7)	16,9 (1,5)	20,9 (1,9)	*	75	70
2 (sector Rucaco)	4,5 (0,3)	18,2 (1,6)	18,7 (4,4)	*	90	50
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	1,7 (0,2)	4,3 (0,3)	4,4 (0,3)	440	210	150
4 (sector Santa Clara)	2,5 (0,2)	5,8 (1,1)	14,3 (1,0)	300	180	80
5 (sector Tres Bocas)	4,5 (0,3)	5,0 (1,0)	10,6 (1,2)	270	180	100
6 (sector Punucapa)	4,2 (0,6)	5,6 (0,6)	7,2 (0,8)	290	240	130
7 (sector Cruces-Cau Cau)	3,2 (0,3)	2,4 (0,2)	10,8 (0,1)	400	300	80
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	4,6 (0,3)	2,5 (0,2)	29,5 (5,1)	200	300	60
9 (desembocadura río Pichoy)	3,5 (0,3)	3,6 (0,3)	19,3 (1,7)	300	250	80
10 (río Cayumapu interior)	3,2 (0,4)	4,0 (0,3)	7,6 (1,1)	250	250	100
11 (desembocadura río Cayumapu)	4,2 (0,3)	2,0 (0,3)	9,8 (0,9)	300	150	100
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	2,2 (0,5)	6,2 (0,2)	16,1 (3,2)	660	150	130
13 (río Valdivia)	3,9 (0,1)	5,4 (0,9)	12,2 (2,1)	290	170	125
14 (río Angachilla)	5,1 (0,2)	7,0 (0,5)	4,9 (0,6)	290	150	140

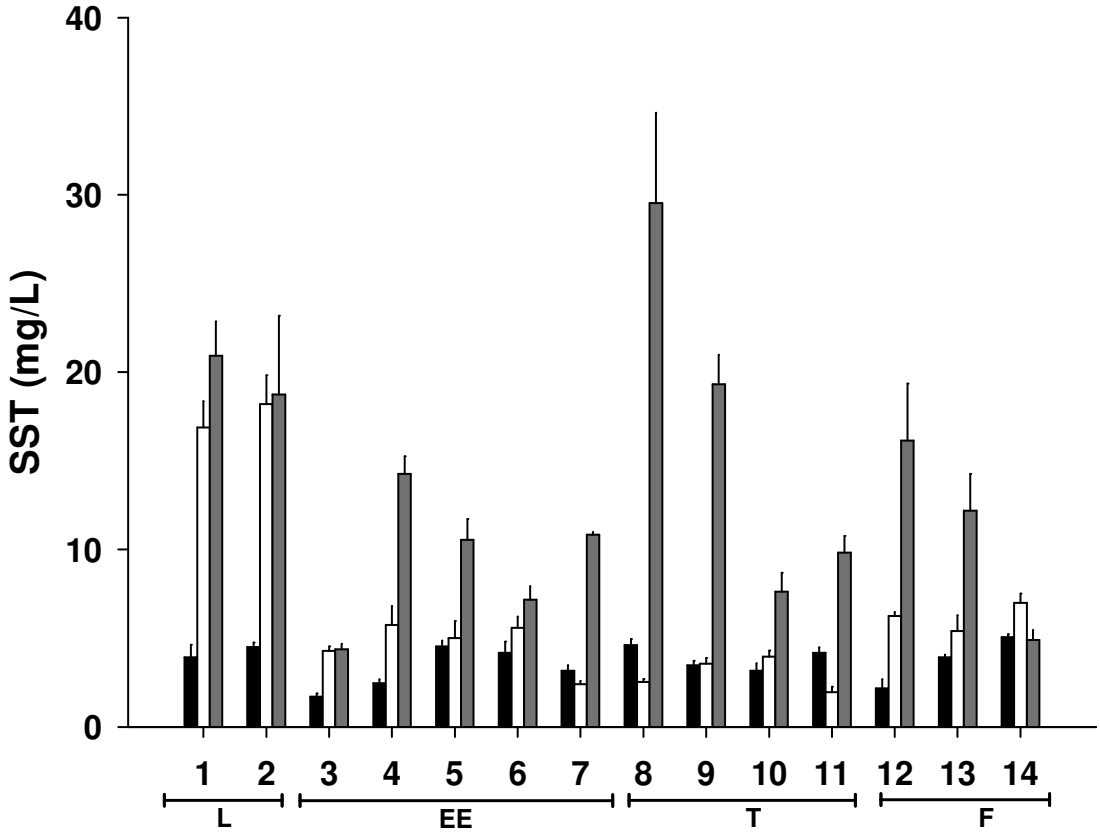


Figura 4.1.10. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

En general, la transparencia del agua fue menor durante la campaña de julio 2014 (Tabla 4.1.4 y Fig. 4.1.11), situación probablemente relacionada a que los muestreos de esa campaña coincidieron con el período del mayor caudal hídrico, lo que resulta en mayor arrastre de material particulado desde las laderas u orillas de la cuenca a los cuerpos hídricos estudiados.

La transparencia del agua varió inversamente con la concentración de sólidos suspendidos totales; *i.e.,* a mayores concentraciones de sólidos suspendidos totales menor fue la transparencia del agua y *viceversa* (ver Tabla 4.1.4, Fig. 4.1.11).

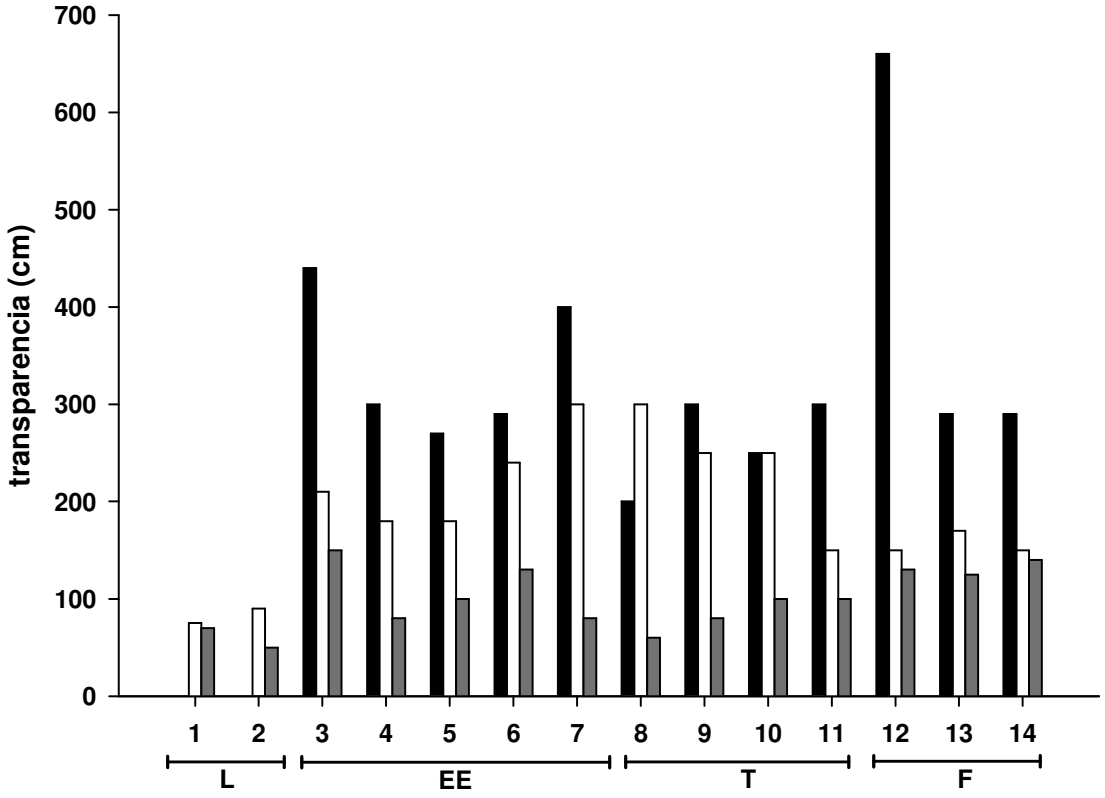


Figura 4.1.11. Transparencia en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

El análisis de varianza factorial sólo pudo realizarse con los datos de sólidos suspendidos totales (SST), ya que la transparencia presentó un desbalance al no ser muestreada en el sector límnico en abril. Los resultados para SST indican diferencias significativas entre meses o campañas de muestreo y sectores, siendo menor en abril respecto a mayo y julio, y mayor en el sector límnico respecto a las otras áreas del humedal (Tabla 4.1.5). La prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis indica que existen diferencias significativas a través del tiempo y entre sectores del humedal (Tabla 4.1.5).

El análisis multivariado permite usar ambos parámetros ambientales para evaluar su poder discriminatorio a través de las campañas (meses) y Sectores del humedal, registrándose una diferenciación temporal significativa entre sectores del humedal (Wilks, $p < 0,0001$) pero no a través de los sectores ($p = 0,134$, Fig. 4.1.12). Este poder discriminatorio también se evidencia en el bajo éxito en la reclasificación de las muestras entre sectores (48%) respecto al 70% de éxito en el caso de la comparación entre Campañas (Fig. 4.1.12).

Tabla 4.1.5. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de sólidos suspendidos totales (SST) registrados entre los factores principales. Estos son Mes de muestreo (abril, mayo, julio 2014) y Sector (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa. Además, se presenta resumen de Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para el parámetro transparencia del agua.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
SST	Mes (M)	2	1258,35	624,4	48,26	**<0,001**	abr <may <jul
(*)	Sector (S)	3	512,11	170,7	13,19	**<0,001**	L > EE = T = F
	M x S	6	470,64	78,44	6,06	**<0,001**	
	Error	72	931,64	12,94			
	Total	83	3172,74				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho.(*) No cumple supuestos de normalidad y homocedasticidad. Kruskall Wallis entrega igual conclusión para Factor Mes: p <0,001; y para Sector: p = 0,026

Transparencia (Prueba Kruskal-Wallis); Mes: H = 27,21; GL = 2; P **< 0,0001,** Sectores: H = 9,16; GL = 3; P = **0,027**

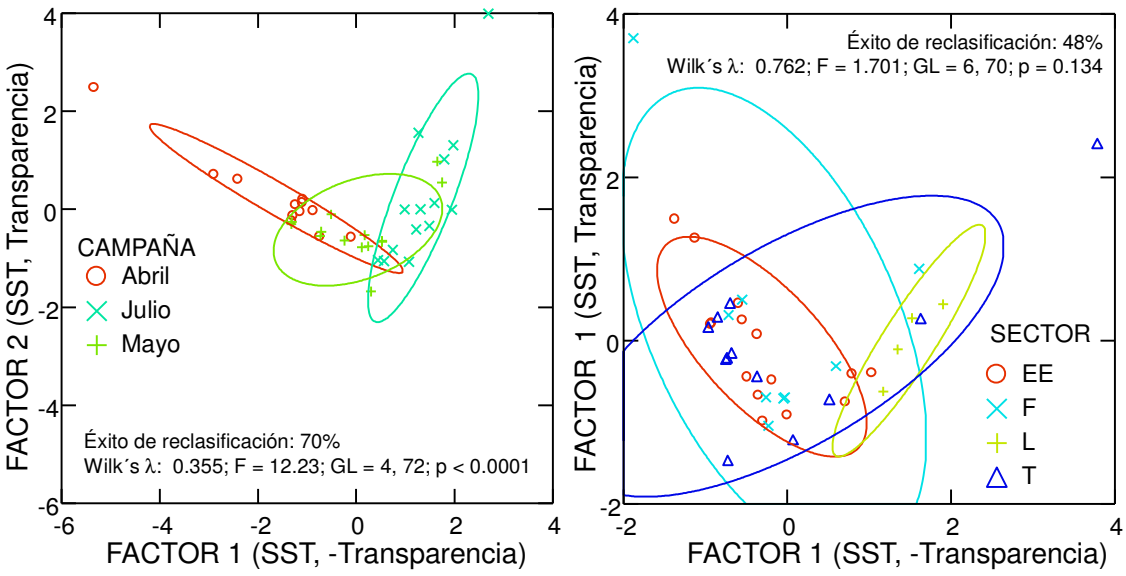


Figura 4.1.12. Funciones Discriminantes para la variabilidad temporal (meses o Campañas) y espacial (Sectores) generadas mediante el uso de los datos de SSt y transparencia del agua en el área de estudio. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Oxígeno disuelto y saturación de oxígeno

La Tabla 4.1.6 y Figuras 4.1.13 y 4.1.14 muestran la variabilidad en la concentración de oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación de oxígeno durante los meses de abril, mayo y julio de 2014. En general, los valores de ambos parámetros mostraron los valores más altos durante la campaña de mayo.

Los valores más bajos de concentración de oxígeno en abril, se midieron en la estación 10 (río Cayumapu interior) alcanzando a 7,62 mg/L, en tanto que el valor más alto (10,84 mg/L) se midió en la estación 2 (sector Rucaco), ubicada en la porción límnica del río Cruces. Durante el muestreo de mayo, los valores oscilaron entre 9,25 mg/L en la estación 14 (río Angachilla) y 11,52 mg/L en la estación 4 (río Cruces, sector Santa Clara). En julio se observaron concentraciones que variaron entre 7,70 mg/L en la estación 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis) y 11,09 mg/L en la estación 12 (río Calle Calle) (Tabla 4.1.6).

Tabla 4.1.6. Variabilidad del oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno en el agua del área de estudio. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

Estaciones	**O_2 (mg / L)**			**O_2 (%)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**Julio**
1 (sector Ciruelos)	10,66	10,35	10,39	101,49	91,97	92,61
2 (sector Rucaco)	10,84	9,85	10,56	104,38	88,14	94,62
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	8,18	9,91	7,70	79,01	88,70	70,95
4 (sector Santa Clara)	10,07	11,52	10,49	99,34	102,03	93,95
5 (sector Tres Bocas)	10,01	11,45	10,49	99,35	103,16	93,83
6 (sector Punucapa)	9,96	11,0	10,68	99,24	101,11	95,49
7 (sector Cruces - Cau Cau)	9,97	10,61	10,79	99,77	98,25	96,17
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	9,50	10,84	9,05	90,84	93,39	80,65
9 (desembocadura río Pichoy)	9,89	11,45	8,97	96,76	100,88	79,87
10 (río Cayumapu interior)	7,62	10,67	8,55	75,71	94,09	75,93
11 (desembocadura río Cayumapu)	10,15	11,34	8,48	100,71	101,13	75,46
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	9,59	10,67	11,09	96,38	98,06	98,51
13 (río Valdivia)	9,61	10,93	11,04	96,61	99,46	98,20
14 (río Angachilla)	9,38	9,25	8,82	94,32	84,37	79,06

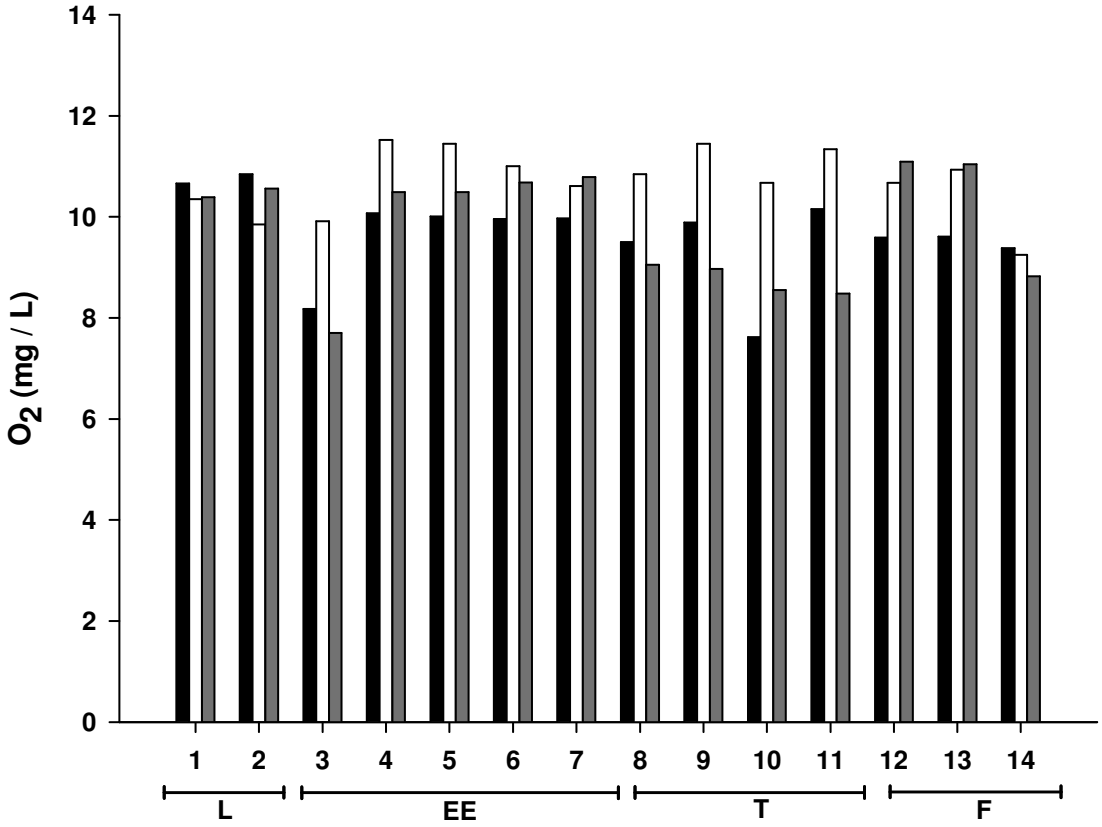


Figura 4.1.13. Oxígeno disuelto en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

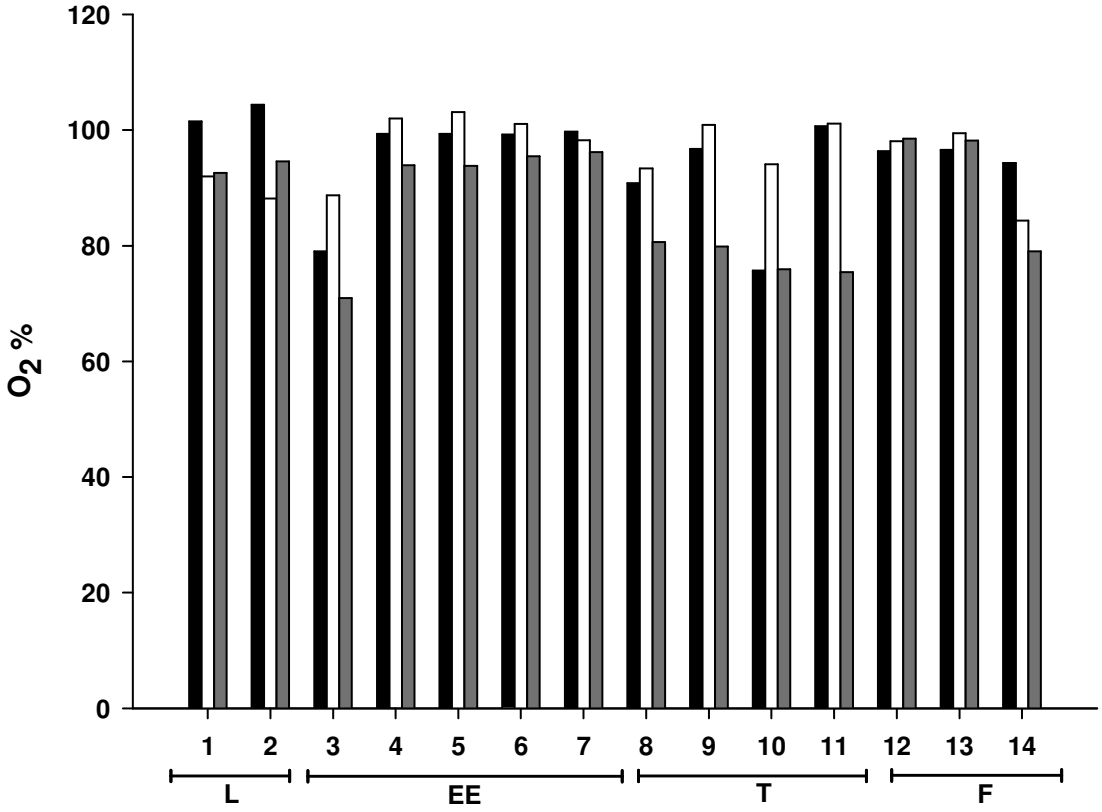


Figura 4.1.14. Porcentaje de saturación del oxígeno en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Demanda bioquímica (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO)

La Tabla 4.1.7 y Figuras 4.1.15 y 4.1.16 muestran la representación numérica del contenido de la demanda bioquímica y química de oxígeno, en el agua del área de estudio durante los meses de abril, mayo y julio 2014. Durante el muestreo de mayo no se detectó consumo de oxígeno en el agua de algunas estaciones, condición que se ve aumentada durante la campaña de julio, donde siete de las catorce estaciones no presentaron consumo de oxígeno.

En contraste a lo observado para la demanda bioquímica de oxígeno, la tendencia de la variabilidad espacio temporal de la demanda química de oxígeno muestra valores más altos durante el muestreo de julio (Tabla 4.1.7, Fig. 4.1.16).

Tabla 4.1.7. Valores de DBO_5 y DQO en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. ND = No detectado.

estaciones	**DBO_5 (mg / L)**			**DQO (mg / L)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**Mayo**	**Julio**
1 (sector Ciruelos)	1,7 (0,7)	1,1 (0,4)	ND	5,0 (0,0)	4,0 (0,0)	7,0 (0,0)
2 (sector Rucaco)	1,4 (0,6)	0,8 (0,3)	ND	6,0 (1,4)	6,0 (3,0)	7,0 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	0,7 (0,1)	0,7 (0,1)	ND	6,0 (1,4)	4,0 (1,0)	5,0 (0,0)
4 (sector Santa Clara)	1,3 (0,7)	0,8 (0,0)	2,2 (0,3)	5,5 (0,7)	5,0 (0,0)	9,0 (0,0)
5 (sector Tres Bocas)	1,4 (0,6)	1,3 (0,1)	0,9 (0,1)	7,5 (0,7)	6,0 (0,0)	9,0 (0,0)
6 (sector Punucapa)	0,8 (0,3)	1,1 (0,1)	1,1 (0,1)	7,5 (2,1)	3,0 (0,0)	6,0 (0,0)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	1,2 (0,0)	0,7 (0,1)	0,7 (0,1)	4,0 (0,0)	1,0 (0,0)	5,0 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	1,1 (0,1)	ND	2,6 (0,0)	6,0 (0,0)	6,0 (1,0)	12,0 (0,0)
9 (desembocadura río Pichoy)	1,3 (0,1)	1,8 (0,3)	ND	7,5 (2,1)	4,5 (1,0)	12,0 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	0,8 (0,0)	0,9 (0,1)	0,9 (0,1)	7,0 (1,4)	6,0 (0,0)	10,5 (0,7)
11 (desembocadura río Cayumapu)	1,0 (0,3)	0,8 (0,0)	0,9 (0,1)	8,5 (0,7)	5,0 (1,0)	11,0 (0,0)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	2,3 (0,4)	ND	ND	4,0 (0,0)	5,5 (1,0)	5,5 (0,7)
13 (río Valdivia)	1,6 (0,0)	ND	ND	4,5 (2,1)	8,0 (4,0)	4,5 (0,7)
14 (río Angachilla)	1,0 (0,3)	0,8 (0,0)	ND	11,5 (0,7)	6,5 (1,0)	5,0 (0,0)

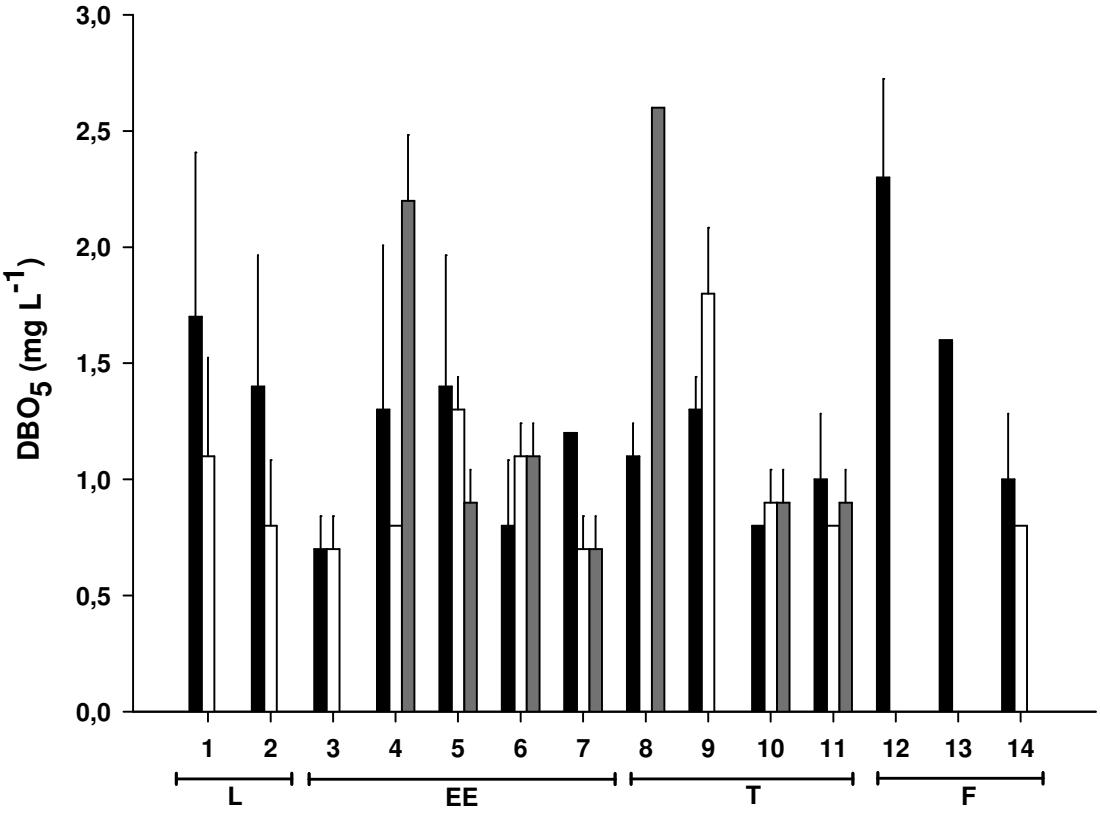


Figura 4.1.15. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

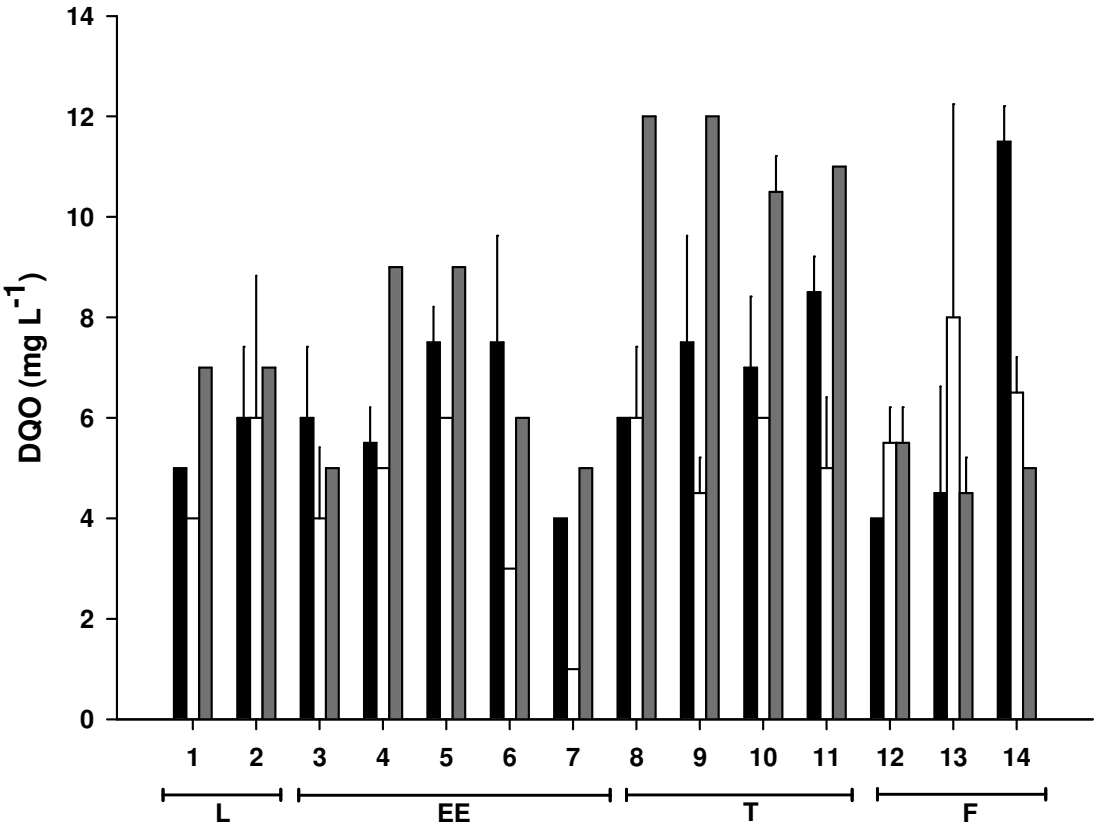


Figura 4.1.16. Demanda química de oxígeno (DQO) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

Los patrones de variabilidad del oxígeno e indicadores relacionados (DBO_5, DQO), presentaron variaciones significativas entre meses o campañas de terreno; con la excepción de la DQO - la que mostró valores significativamente más altos en los ríos tributarios del humedal del río Cruces (sector T) - el resto de parámetros no presentó variabilidad espacial significativa (Tabla 4.1.8). No obstante lo anterior, se debe considerar que algunas variables no cumplieron con los supuestos de ANDEVA y por lo tanto se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis (KW). Las concentraciones de oxígeno fueron

significativamente más altos durante los meses de abril y mayo con respecto a julio, la DBO_5 fue significativamente más alta en abril, a la vez que la DQO fue significativamente más baja en abril y mayo con respecto a julio (Tabla 4.1.8).

El Análisis de Función Discriminante (DFA) fue realizado usando sólo los parámetros que evidenciaron variabilidad significativa en el ANDEVA factorial (saturación de oxígeno, DBO_5 y DQO, Tabla 4.1.8), registrándose una diferenciación temporal significativa entre sectores del humedal (Wilks, $p = 0,003$) pero no a través de los sectores ($p = 0,482$, Fig. 4.1.17). Este poder discriminartorio también se evidencia en el bajo éxito en la reclasificación de las muestras entre sectores (45%) respecto al 60% de éxito en el caso de la comparación entre meses o campañas de muestreo (Fig. 4.17).

Tabla 4.1.8. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración y porcentaje de saturación de oxígeno, DBO_5 y DQO registrados entre los factores principales. Estos son Mes de muestreo (abril, mayo, julio 2014) y Sector (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
O_2 mg/L	Mes (M)	2	8,8749	2,3067	3,28	0,051	
(*)	Sector (S)	3	2,6017	0,8672	1,23	0,314	
	M x S	6	8,656	1,4427	2,05	0,089	
	Error	30	21,0762	0,7025			
	Total	41	41,2088				
O_2 %	Mes (M)	2	623,32	222,62	3,77	**0,035**	abr = may >jul
(**)	Sector (S)	3	301,55	100,52	1,7	0,188	
	M x S	6	544,65	90,77	1,54	0,200	
	Error	30	1771,48	59,05			
	Total	41	3241				
DBO_5	Mes (M)	2	2,23	1,7595	5,91	**0,007**	abr >may = jul
(***)	Sector (S)	3	0,1509	0,0503	0,17	0,917	
	M x S	6	3,8143	0,6357	2,13	0,078	
	Error	30	8,9355	0,2979			
	Total	41	15,1307				
DQO	Mes (M)	2	59,476	20,666	6	**0,006**	abr = may <jul
(****)	Sector (S)	3	43,602	14,534	4,22	**0,013**	T > EE = L = F
	M x S	6	71,757	11,96	3,47	**0,010**	
	Error	30	103,283	3,443			
	Total	41	278,119				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho.

(*) No cumple Normalidad, Cumple homocedasticidad. Kruskall Wallis para O_2: Mes, p = 0,009; Sector, p = 0,615

(**) No cumple Normalidad, Cumple homocedasticidad. Kruskall Wallis O_2 (%): Mes, p = 0,017; Sector: p = 0,456

(***) No cumple Normalidad, Cumple homocedasticidad. Kruskall Wallis DBO_5: Mes, p< 0,001; Sector: p = 0,278

(****) No cumple ambos supuestos; Kruskall Wallis para DQO: Mes, p < 0,001; Sector: p = 0,013

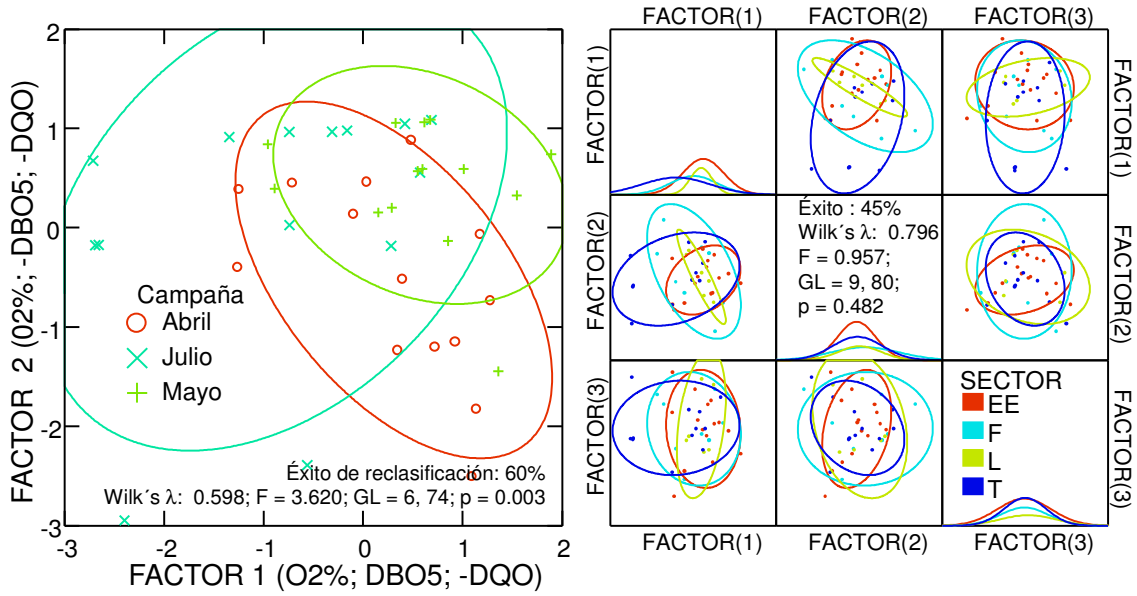


Figura 4.1.17. Funciones Discriminantes para la variabilidad temporal (meses o Campañas) y espacial (Sectores) generadas mediante el uso de los datos de porcentaje de saturación de oxígeno, DBO_5 y DQO en el área de estudio. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Carbono orgánico total (COT)

La Tabla 4.1.9 y Figura 4.1.18 muestran las concentraciones de carbono orgánico total (COT) del agua en el área de estudio durante los meses de abril, mayo y julio 2014. Los valores obtenidos en las tres campañas muestran una tendencia a aumentar desde abril a julio. Los valores más bajos se registraron en las estaciones 1, 12 y 13 (río Cruces, sector Ciruelos; río Calle Calle y río Valdivia, respectivamente) durante abril, a la vez que los valores más altos se registraron en julio (estaciones 8 y 9; río Pichoy interior y desembocadura, respectivamente) (Tabla 4.1.9 y Fig. 4.1.18).

Tabla 4.1.9. Concentraciones de carbono orgánico total (COT) en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

Estaciones	**COT**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**Mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	0,88 (0,01)	1,49 (0,01)	1,96 (0,05)
2 (sector Rucaco)	1,71 (0,07)	1,16 (0,02)	1,73 (0,06)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)			
3 (sector Fuente San Luis)	1,76 (0,27)	1,02 (0,08)	2,28 (0,73)
4 (sector Santa Clara)	1,62 (0,19)	1,67 (0,05)	2,78 (0,30)
5 (sector Tres Bocas)	1,64 (0,03)	1,65 (0,06)	2,79 (0,23)
6 (sector Punucapa)	1,77 (0,09)	1,68 (0,00)	2,47 (0,05)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	1,19 (0,09)	1,49 (0,00)	2,18 (0,05)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)			
8 (río Pichoy interior)	1,42 (0,13)	1,93 (0,00)	3,88 (0,04)
9 (desembocadura río Pichoy)	1,79 (0,14)	1,88 (0,00)	4,16 (0,05)
10 (río Cayumapu interior)	1,68 (0,14)	1,33 (0,00)	2,50 (0,04)
11 (desembocadura río Cayumapu)	1,74 (0,11)	1,99 (0,00)	2,68 (0,07)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios			
12 (río Calle Calle)	0,57 (0,08)	1,29 (0,11)	1,39 (0,07)
13 (río Valdivia)	0,69 (0,00)	1,71 (0,02)	1,21 (0,23)
14 (río Angachilla)	1,66 (0,00)	1,74 (0,00)	2,12 (0,23)

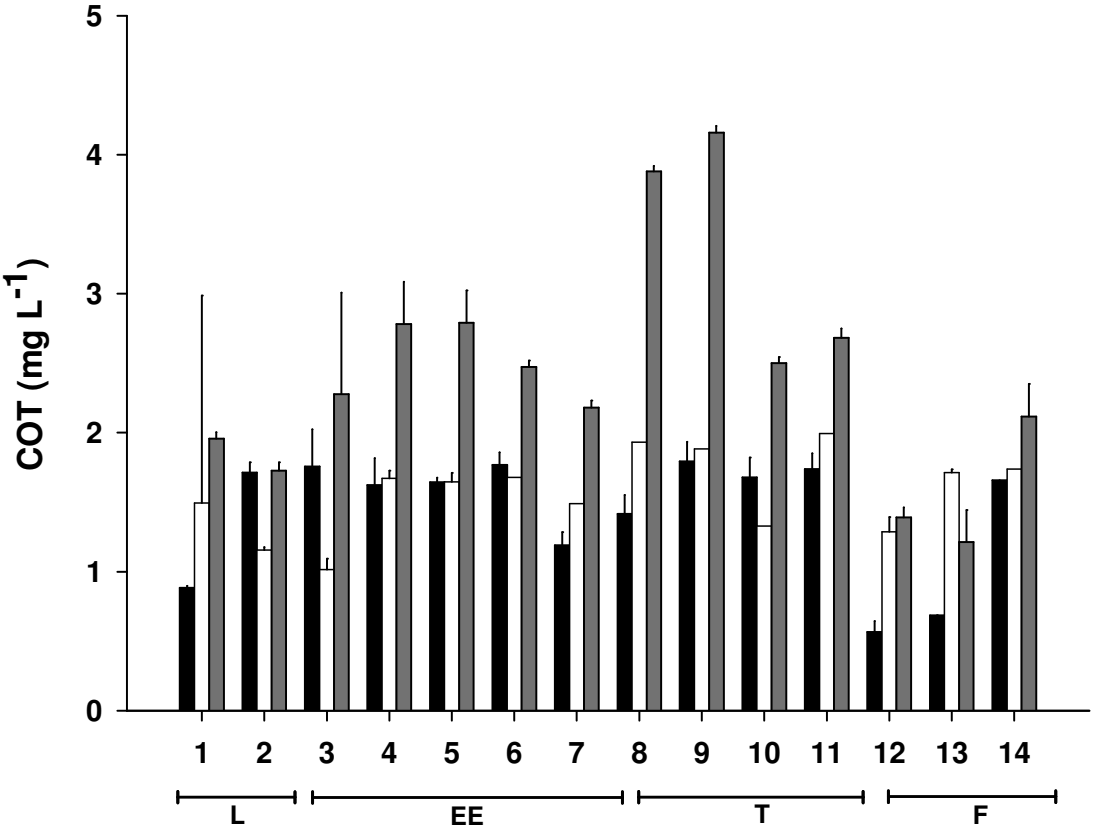


Figura 4.1.18. Concentración de carbono orgánico total (COT) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

La concentración de carbono orgánico total aumentó significativamente en el tiempo, con valores más altos en julio, respecto a los meses de mayo y abril 2014 (Tabla 4.1.10). En términos espaciales, el sector de los ríos tributarios del humedal presentó concentraciones significativamente más altas, pero esto primariamente durante la campaña de julio, lo cual se refleja en que la interacción Mes x Sector es significativa (Tabla 4.1.10). Dado que esta variable se analizó por separado no se aplicó el análisis DFA.

Tabla 4.1.10. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de carbono orgánico total registrados entre los factores principales. Estos son Mes de muestreo (abril, mayo, julio 2014) y Sector (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela, cuando la interacción M x S es significativa.

Parametro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
COT	Mes (M)	2	16,4896	6,0547	39,1	**<0,001**	abr = may <jul
(*)	Sector (S)	3	9,3653	3,1218	20,16	**<0,001**	T > L = F < EE
	M x S	6	5,3012	0,8835	5,71	**<0,001**	
	Error	72	11,1494	0,1549			
	Total	83	42,3054				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) Cumple Normalidad, no Cumple homocedasticidad. Kruskall Wallis entrega igual conclusión para Factor Mes: p <0,001; igual conclusión para Sector: p = 0,001

Nutrientes

Las Tablas 4.1.11 y 4.1.12 y Figuras 4.1.19 a la 4.1.22, muestran la variabilidad del contenido de Amonio, Nitrato, Nitrito y Nitrógeno total en el agua del área de estudio durante abril, mayo y julio del 2014.

Durante abril las concentraciones de Amonio estuvieron en general bajo el límite de detección del método utilizado en la mayoría de las estaciones ubicadas en el eje central del río Cruces y sus ríos tributarios. Durante la campaña de ese mes, el valor más alto (0,037 mg/L) se registró en la estación 13 (río Valdivia). Durante mayo y julio 2014, se registró Amonio en todas las estaciones de muestreo; durante mayo el valor más alto fue 0,023 mg/L (estación 2, río Cruces, sector Rucaco). En julio, las concentraciones más altas de amonio se registraron en las estaciones del río Pichoy (0,026 - 0,036 mg / L) (Tabla 4.1.11 y Fig. 4.1.19).

Las concentraciones de Nitrato fueron más altas durante el muestreo de julio y especialmente en el agua de las estaciones ubicadas en los sectores límnico, estuarial del eje central del río Cruces y tributarios del humedal (hasta 0,217 - 0,219 mg/L *vs* 0,127-0,131 y 0,134 - 0,139 mg/L durante abril y mayo, respectivamente) (Tabla 4.1.11 y Fig. 4.1.20).

En general, los contenidos de Nitrito fueron muy bajos o estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado (Tabla 4.1.12 y Fig. 4.1.21).

Las concentraciones de Nitrógeno total fueron similares durante abril y mayo 2014; por el contrario, los valores medidos durante la campaña de julio fueron más altos (hasta 0,458 - 0,471 mg/L *vs* 0,249 - 0,259 y 0,323 - 0,335 mg/L durante abril y mayo, respectivamente) (Tabla 4.1.12 y Figura 4.1.22).

Tabla 4.1.11. Concentraciones de Amonio ($N\text{-}NH_4$) y Nitrato ($N\text{-}NO_3$) en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	**$N\text{-}NH_4$ (mg / L)**			**$N\text{-}NO_3$ (mg / L)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**Mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	0,007 (0,000)	0,015 (0,002)	0,012 (0,000)	0,126 (0,000)	0,139 (0,004)	0,219 (0,001)
2 (sector Rucaco)	0,007 (0,001)	0,023 (0,004)	0,009 (0,001)	0,127 (0,000)	0,134 (0,001)	0,216 (0,001)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	0,013 (0,000)	0,019 (0,009)	0,007 (0,001)	0,131 (0,001)	0,126 (0,004)	0,189 (0,005)
4 (sector Santa Clara)	<0,003 (0,000)	0,006 (0,001)	0,007 (0,000)	0,045 (0,000)	0,084 (0,002)	0,217 (0,005)
5 (sector Tres Bocas)	<0,003 (0,000)	0,007 (0,001)	0,011 (0,001)	<0,002 (0,000)	0,058 (0,001)	0,136 (0,004)
6 (sector Punucapa)	<0,003 (0,000)	0,011 (0,001)	0,008 (0,002)	<0,002 (0,000)	0,044 (0,000)	0,105 (0,004)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	<0,003 (0,000)	0,014 (0,004)	0,010 (0,000)	0,005 (0,000)	0,041 (0,001)	0,108 (0,001)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	0,003 (0,000)	0,009 (0,001)	0,026 (0,001)	0,048 (0,001)	0,103 (0,001)	0,217 (0,001)
9 (desembocadura río Pichoy)	<0,003 (0,000)	0,006 (0,001)	0,036 (0,003)	0,014 (0,000)	0,102 (0,001)	0,205 (0,000)
10 (río Cayumapu interior)	<0,003 (0,000)	0,014 (0,006)	0,014 (0,004)	0,002 (0,000)	0,073 (0,001)	0,087 (0,001)
11 (desembocadura río Cayumapu)	<0,003 (0,000)	0,004 (0,001)	0,011 (0,000)	0,005 (0,000)	0,059 (0,021)	0,084 (0,001)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	0,005 (0,001)	0,004 (0,000)	0,012 (0,001)	0,016 (0,000)	0,066 (0,000)	0,091 (0,001)
13 (río Valdivia)	0,037 (0,001)	0,009 (0,001)	0,016 (0,000)	0,016 (0,000)	0,055 (0,001)	0,099 (0,001)
14 (río Angachilla)	0,004 (0,001)	0,017 (0,004)	0,003 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,036 (0,001)	0,069 (0,001)

Tabla 4.1.12. Concentraciones de Nitrito ($N\text{-}NO_2$) y Nitrógeno total (N-Total) en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	$N\text{-}NO_2$ (mg / L)			N-Total (mg / L)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**Mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,214 (0,001)	0,323 (0,017)	0,331 (0,008)
2 (sector Rucaco)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,259 (0,001)	0,335 (0,000)	0,321 (0,002)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,249 (0,003)	0,254 (0,022)	0,242 (0,001)
4 (sector Santa Clara)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,202 (0,010)	0,209 (0,018)	0,344 (0,001)
5 (sector Tres Bocas)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,188 (0,008)	0,182 (0,006)	0,326 (0,023)
6 (sector Punucapa)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,168 (0,000)	0,129 (0,007)	0,241 (0,005)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,133 (0,001)	0,122 (0,001)	0,241 (0,006)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,203 (0,000)	0,219 (0,011)	0,471 (0,008)
9 (desembocadura río Pichoy)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,184 (0,006)	0,173 (0,021)	0,458 (0,002)
10 (río Cayumapu interior)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,190 (0,032)	0,245 (0,032)	0,267 (0,002)
11 (desembocadura río Cayumapu)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,181 (0,005)	0,169 (0,029)	0,279 (0,014)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,082 (0,007)	0,153 (0,012)	0,187 (0,006)
13 (río Valdivia)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,161 (0,008)	0,162 (0,010)	0,204 (0,013)
14 (río Angachilla)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,193 (0,009)	0,158 (0,006)	0,150 (0,006)

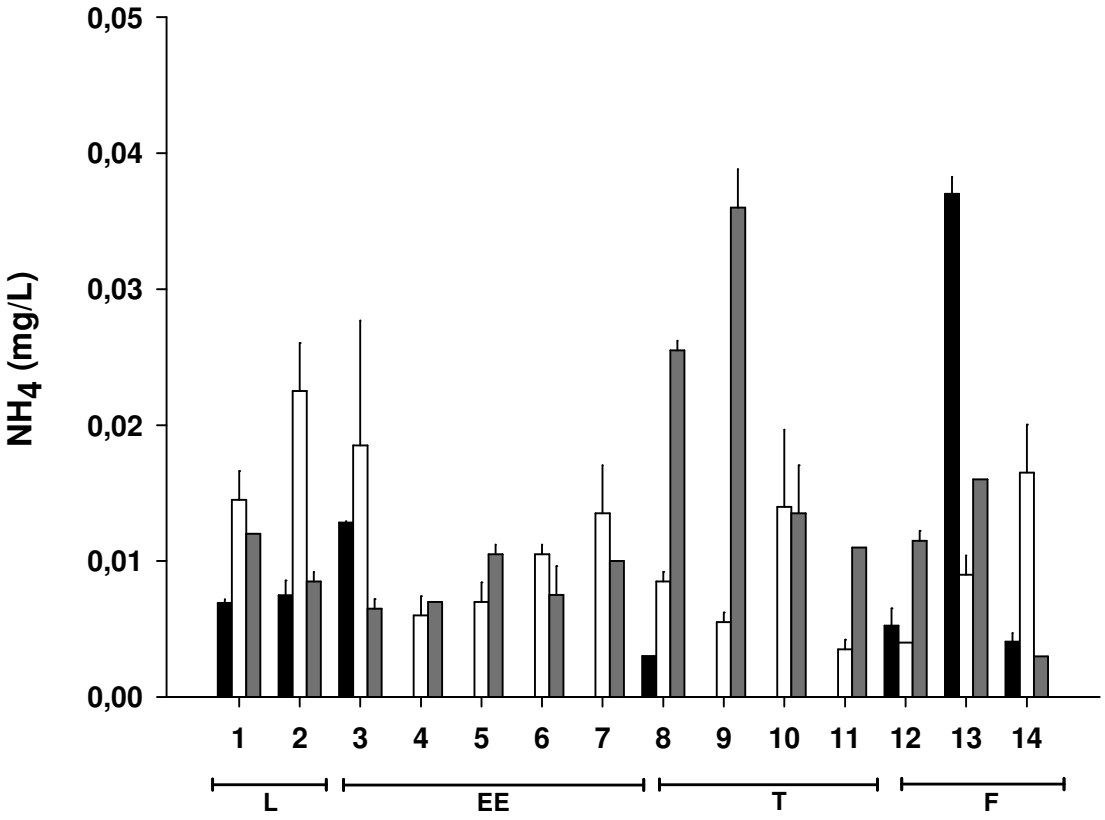


Figura 4.1.19. Concentraciones de Amonio (N-NH_4) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

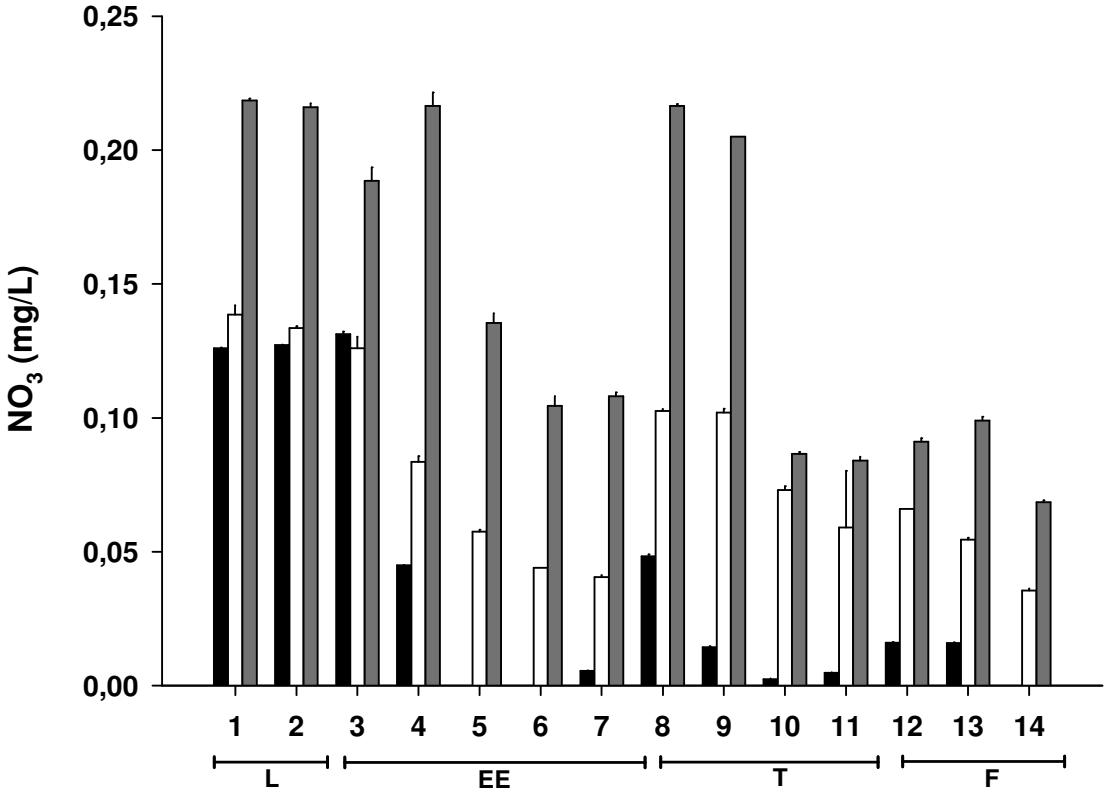


Figura 4.1.20. Concentraciones de Nitrato (N-NO_3) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

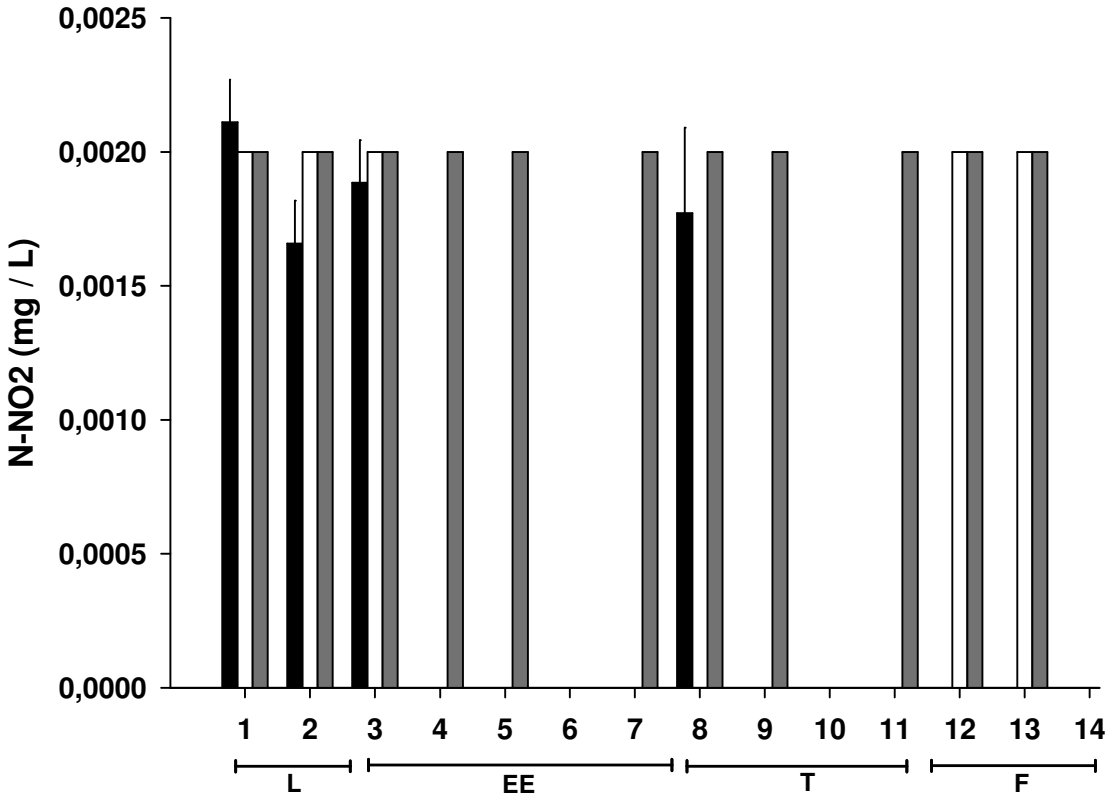


Figura 4.1.21. Concentraciones de Nitrito ($N\text{-}NO_2$) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

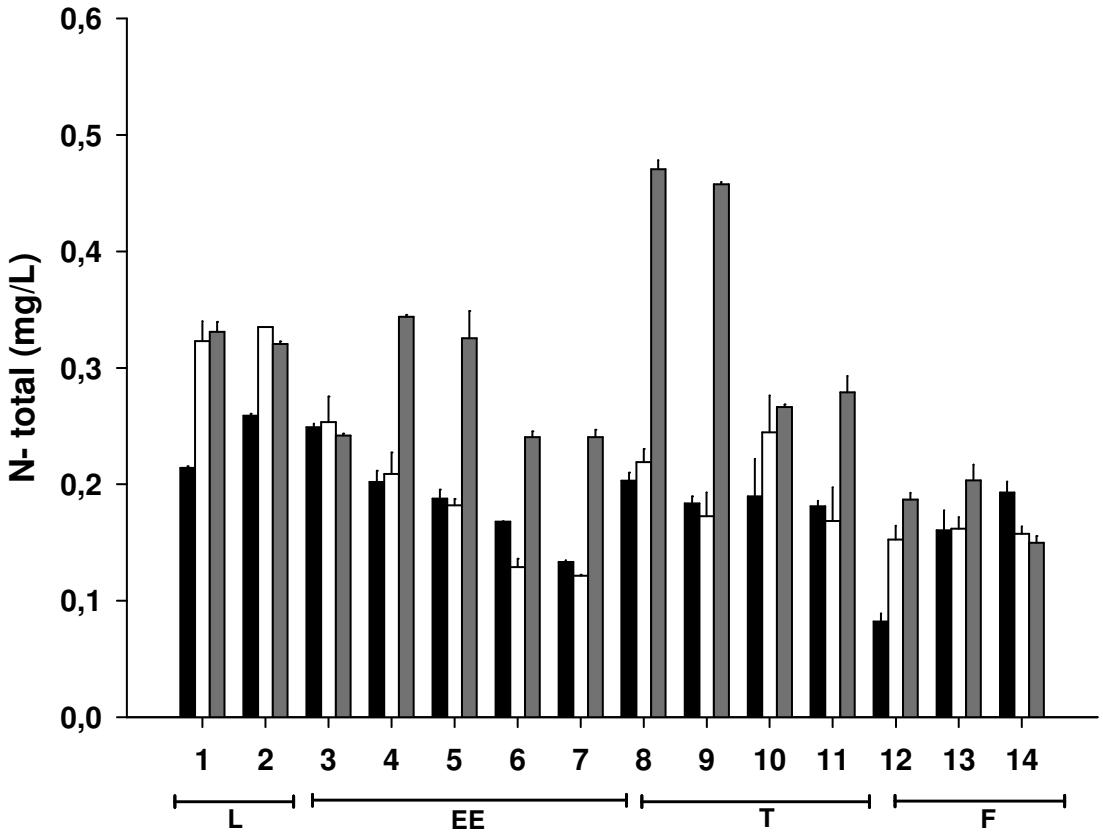


Figura 4.1.22. Concentraciones de Nitrógeno total (N-Total) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

La Tabla 4.1.13 y Figuras 4.1.23 y 4.1.24, muestran la variabilidad en las concentraciones de Fosfatos o Fósforo soluble y Fósforo total en el área de estudio durante abril, mayo y julio 2014.

Durante abril 2014, la concentración de Fosfato o Fósforo soluble estuvo en general bajo el límite de detección del método utilizado (0,002 mg/L); el valor más alto registrado durante este mes (0,005 mg/L), ocurrió en la estación 1 (río Cruces, sector

Ciruelos). Durante el muestreo de mayo 2014, la concentración de Fosfatos estuvo bajo el límite de detección del método utilizado, sólo en el agua de las estaciones 8 y 9 (río Pichoy), lo que muestra un alza general de este nutriente en esa campaña y en la de julio 2014 (Tabla 4.1.13).

Las concentraciones de Fósforo total estimadas durante el muestreo de abril 2014, registraron valores extremos de 0,009 y 0,020-0,022 mg/L (estación 12: río Calle Calle y estaciones 13 (río Valdivia) y 1 (río Cruces, sector Ciruelos). En general, las concentraciones de Fósforo total aumentaron durante las campañas de mayo y julio, especialmente en la porción superior o límnica del río Cruces (estaciones 1 y 2) (Tabla 4.1.13).

Tabla 4.1.13. Concentraciones de Fosfato o Fósforo soluble ($P\text{-}PO_4$) y Fosforo total (P-Total) en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

Estaciones	**$P\text{-}PO_4$ (mg / L)**			**P-Total (mg / L)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	0,005 (0,000)	0,004 (0,000)	0,003 (0,000)	0,022 (0,001)	0,052 (0,004)	0,039 (0,006)
2 (sector Rucaco)	0,003 (0,000)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,019 (0,002)	0,056 (0,002)	0,044 (0,006)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	0,002 (0,000)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,013 (0,001)	0,028 (0,007)	0,019 (0,000)
4 (sector Santa Clara)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,015 (0,002)	0,010 (0,011)	0,041 (0,005)
5 (sector Tres Bocas)	<0,002 (0,000)	0,003 (0,001)	0,002 (0,000)	0,015 (0,001)	0,017 (0,002)	0,036 (0,001)
6 (sector Punucapa)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,015 (0,001)	0,017 (0,000)	0,024 (0,000)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	<0,002 (0,000)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,012 (0,001)	0,015 (0,001)	0,030 (0,000)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,018 (0,000)	0,015 (0,001)	0,054 (0,004)
9 (desembocadura río Pichoy)	0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,015 (0,003)	0,014 (0,000)	0,048 (0,000)
10 (río Cayumapu interior)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	0,016 (0,003)	0,020 (0,002)	0,026 (0,000)
11 (desembocadura río Cayumapu)	<0,002 (0,000)	0,002 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,019 (0,004)	0,014 (0,001)	0,028 (0,000)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	<0,002 (0,000)	0,005 (0,000)	0,003 (0,000)	0,009 (0,002)	0,019 (0,001)	0,024 (0,000)
13 (río Valdivia)	0,003 (0,000)	0,002 (0,000)	0,004 (0,000)	0,020 (0,002)	0,015 (0,000)	0,030 (0,001)
14 (río Angachilla)	0,002 (0,001)	0,003 (0,000)	<0,002 (0,000)	0,019 (0,000)	0,023 (0,001)	0,013 (0,001)

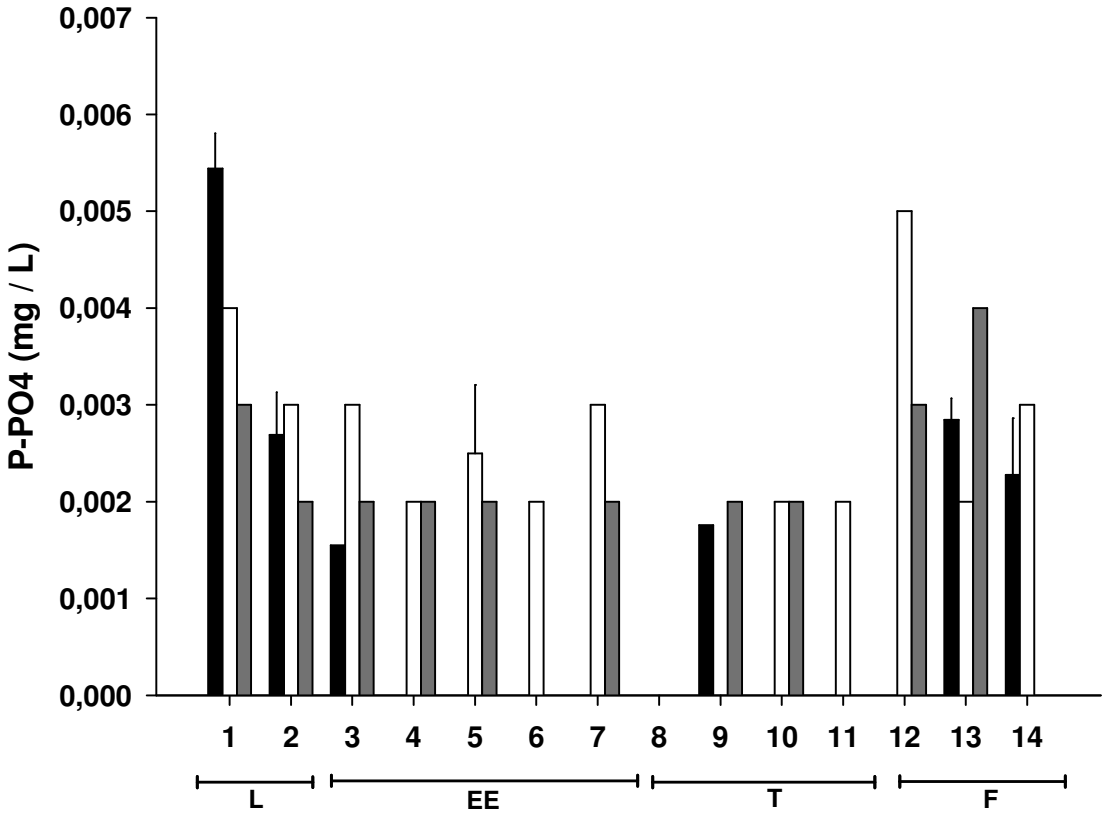


Figura 4.1.23. Concentraciones de Fosfato o Fósforo soluble ($P\text{-}PO_4$) en el agua del área de estudio**.** Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

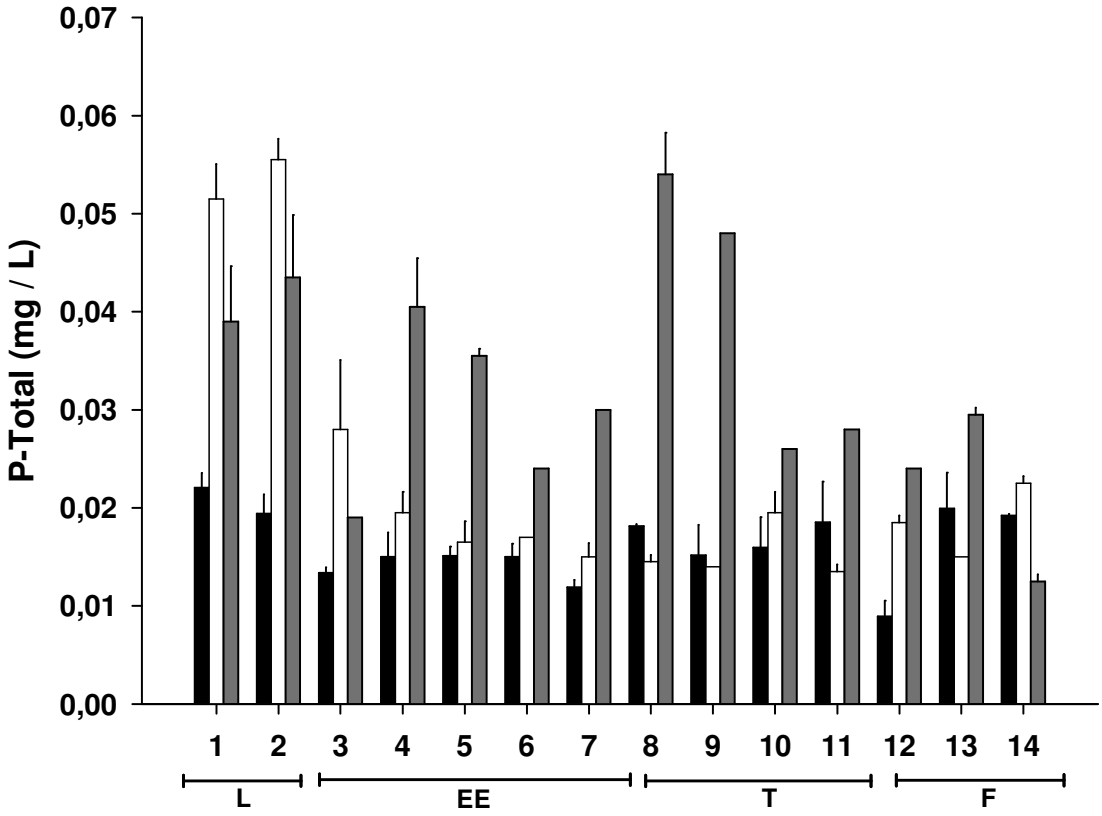


Figura 4.1.24. Concentraciones de Fosforo total (P-Total) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

No se incluye en los análisis siguientes al Nitrito, debido a que en varios casos las concentraciones fueron inferiores al límite de detección de la técnica utilizada.

En general, el Amonio sólo presentó diferencias significativas a través del tiempo (Campañas), mientras que todos los demás parámetros presentaron también diferencias entre sectores (Tabla 4.1.14). En general, las concentraciones de Amonio, Nitrato y Nitrógeno total presentaron concentraciones significativamente más altas durante el muestreo de julio y en el sector límnico del humedal. Por otra parte, el Fosfato y Fósforo total presentaron patrones temporales inversos: mayores concentraciones de Fosfato en abril y mayo y mayores concentraciones de Fósforo total en julio. En general, las concentraciones más altas para ambos parámetros se midieron en el sector límnico (Tabla 4.1.14). Para el caso de las variables que no cumplían los ambos supuestos de ANDEVA (NH_4, NO_3, PO_4), la aplicación de la prueba de Kruskall Wallis entrega similares conclusiones para las comparaciones entre los factores por separado. Similares conclusiones se logran también en aquellas variables que cumplían sólo el supuesto de Normalidad (N-Total, P-Total).

El Análisis de Función indica que Nitrógeno y Fósforo tienen un fuerte poder discriminatorio a través de las campañas y sectores (Fig. 4.1.25). Esto se evidencia por un éxito relativamente alto en la reclasificación de las muestras, tanto en lo que se refiere a campañas (58%) como a sectores (50%) (con valores significativos de la Prueba de Wilk´s (MANOVA, $p < 0,001$)) (Fig. 4.1.25).

Tabla 4.1.14. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de nutrientes (NH_4, NO_3, PO_4) y sus fracciones totales (Fósforo y Nitrógeno Total) entre los factores principales Mes (abril, mayo, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Comparación
$N\text{-}NH_4$	Mes (M)	2	0,0004836	0,0001707	3,69	**0,030**	abr <may = jul
(*)	Sector (S)	3	0,0002202	0,0000734	1,59	0,200	
	M x S	6	0,0015709	0,0002618	5,66	**<0,001**	
	Error	72	0,003328	0,0000462			
	Total	83	0,0056027				
$N\text{-}NO_3$	Mes (M)	2	0,162446	0,066855	50,78	**<0,001**	abr <may <jul
(*)	Sector (S)	3	0,088942	0,029647	22,52	**<0,001**	L > EE = T > F
	M x S	6	0,01031	0,001718	1,31	0,266	
	Error	72	0,094797	0,001317			
	Total	83	0,356495				
N-Total	Mes (M)	2	0,174641	0,064534	27,66	**<0,001**	abr = may <jul
(**)	Sector (S)	3	0,157615	0,052538	22,52	**<0,001**	L = T < EE > F
	M x S	6	0,072286	0,012048	5,16	**<0,001**	
	Error	72	0,167983	0,002333			
	Total	83	0,572525				
$P\text{-}PO_4$	Mes (M)	2	0,0000023	0,0000013	3,22	**0,046**	abr = may >jul
(*)	Sector (S)	3	0,000021	0,000007	17,21	**<0,001**	L = F > EE = T
	M x S	6	0,0000061	0,000001	2,51	**0,029**	
	Error	72	0,0000293	0,0000004			
	Total	83	0,0000588				
P-TOTAL	Mes (M)	2	0,0037016	0,0016419	40,77	**<0,001**	abr <may <jul
	Sector (S)	3	0,0032624	0,0010875	27	**<0,001**	L > EE = T = F
	M x S	6	0,0026939	0,000449	11,15	**<0,001**	
	Error	72	0,0028998	0,0000403			
	Total	83	0,0125577				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho. (*) No cumple ambos supuestos de ANDEVA; Kruskall Wallis para: NH_4: Mes, p < 0,001, Sector: p < 0,001; NO_3: Mes: p < 0,001, Sector: p < 0,001; PO_4: Mes, p = 0,074, Sector, p < 0,001; (**) Cumple Normalidad, no cumple Homocedasticidad: N-Total: Mes, p <0,001; Sector, p < 0,001; P-Total: Mes, p < 0,001; Sector, p <0,001

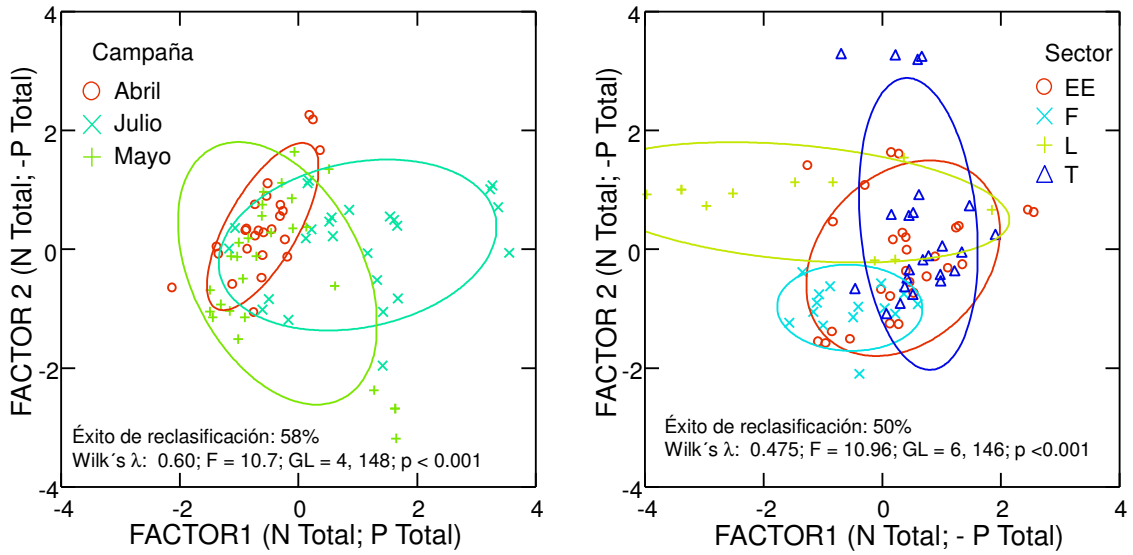


Figura 4.1.25. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) y temporal (Campañas) generadas usando los datos de Fosforo y Nitrógeno Total registrados través del área de estudio. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Bacterias coliformes totales y fecales

La Tabla 4.1.15 y Figuras 4.1.26 y 4.1.27 muestran las concentraciones de Bacterias coliformes totales y fecales, en el agua del área de estudio durante el período de abril, mayo y julio del 2014.

En general, las concentraciones más altas de coliformes totales y fecales se encontraron fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; el valor más alto de coliformes totales se registró en la estación 13 (río Valdivia) durante abril 2014 (41.000 NMP/100 mL).

Tabla 4.1.15. Concentración de Bacterias coliformes totales y fecales en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	coliformes totales (NMP /100 mL)			coliformes fecales (NMP / 100 mL)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	1895 (1987)	6400 (2121)	3600 (1838)	355 (191)	465 (332)	410 (113)
2 (sector Rucaco)	4100 (1131)	15950 (11384)	2300 (0)	345 (163)	1200 (707)	385 (148)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	895 (573)	4900 (0)	465 (332)	41 (11)	410 (113)	40 (13)
4 (sector Santa Clara)	59 (15)	410 (113)	4345 (5028)	33 (0)	30 (4)	790 (0)
5 (sector Tres Bocas)	56 (32)	155 (107)	2800 (707)	17 (8)	33 (0)	535 (361)
6 (sector Punucapa)	640 (212)	4900 (0)	4750 (4455)	33 (23)	945 (219)	200 (42)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	1395 (1280)	6650 (6152)	7900 (0)	560 (325)	3450 (1626)	1245 (643)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	200 (42)	275 (78)	560 (325)	56 (32)	55 (34)	360 (184)
9 (desembocadura río Pichoy)	56 (32)	560 (325)	330 (0)	28 (7)	47 (33)	110 (86)
10 (río Cayumapu interior)	268 (314)	410 (113)	385 (148)	7 (8)	35 (16)	117 (33)
11 (desembocadura río Cayumapu)	56 (32)	420 (396)	385 (219)	20 (4)	46 (0)	132 (54)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	230 (0)	3550 (1909)	1895 (1987)	76 (76)	3550 (1909)	1095 (856)
13 (río Valdivia)	41000 (11314)	2000 (1838)	4100 (1131)	10450 (3606)	2000 (1838)	4100 (1131)
14 (río Angachilla)	2800 (707)	3100 (2546)	235 (134)	150 (113)	3100 (2546)	27 (6)

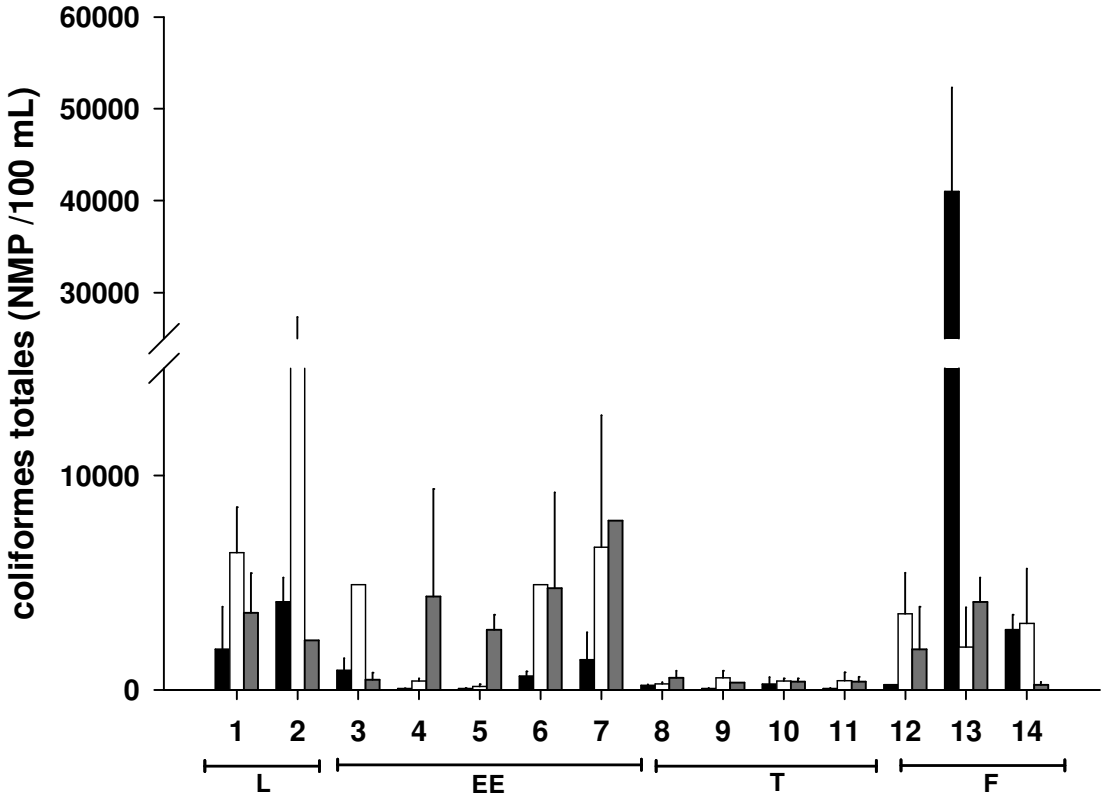


Figura 4.1.26. Concentraciones de Coliformes totales en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

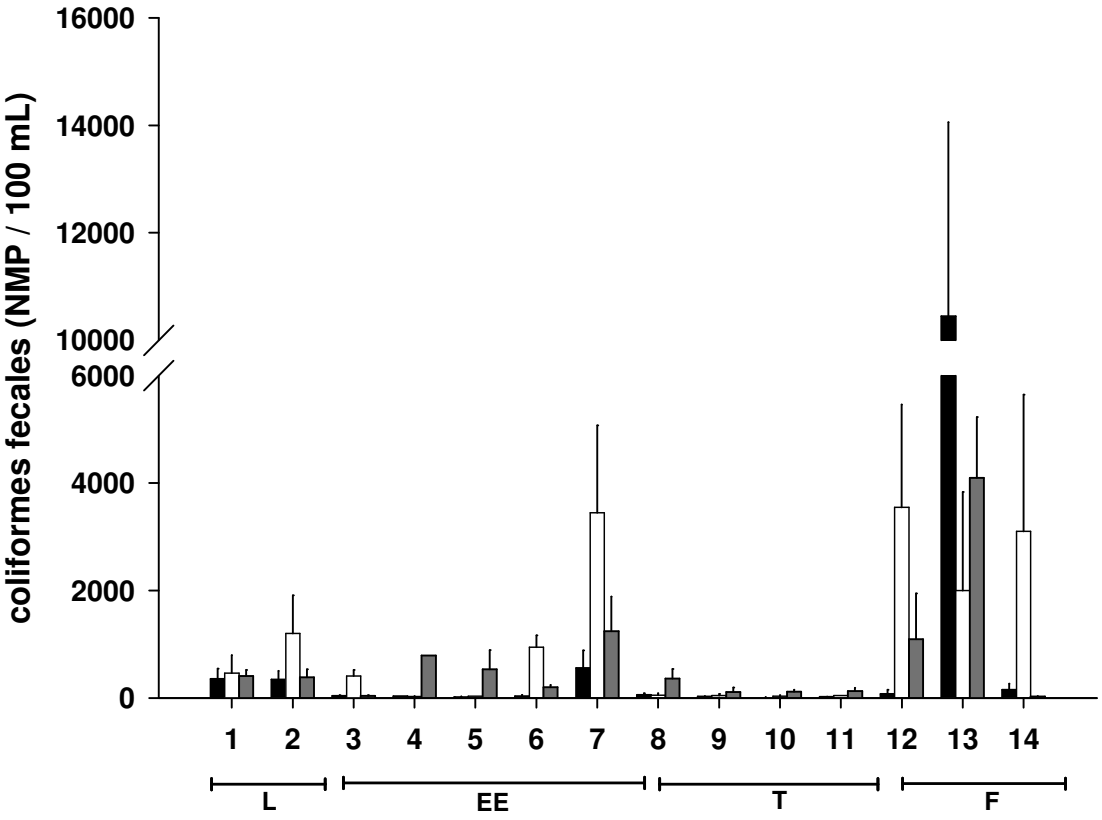


Figura 4.1.27. Concentraciones de Coliformes fecales en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

Las concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales presentaron un claro patrón espacial, caracterizado por concentraciones significativamente más altas en estaciones ubicadas fuera del humedal del río Cruces, lo cual se mantiene relativamente constante a través de las campañas de muestreo (Tabla 4.1.16). En aquellas variables con problemas con los supuestos de ANDEVA, la Prueba de Kruskall-Wallis (KW) presentó diferencias en la conclusión estadística al comparar entre Meses (sin diferencias significativas con ANDEVA, con diferencias significativas con KW (Tabla 4.1.16).

Este patrón de diferenciación espacial también fue detectado por el Analisis Discriminante al comparar entre sectores (MANOVA, p < 0,005), evidenciando también un mayor éxito en reclasificación entre sectores (51%) que entre campañas (30%) (Figura 4.1.28).

Tabla 4.1.16. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba a posteriori de Tukey para evaluar diferencias en los valores de Coliformes totales y fecales entre los factores principales Mes (abril, mayo, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones a posteriori deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Col. Totales	Mes (M)	2	30677605	39069824	1,04	0,359	
(*)	Sector (S)	3	482678979	160892993	4,28	**0,008**	F > T = L = EE
	M x S	6	812999730	135499955	3,6	**0,004**	
	Error	72	2708356858	37616067			
	Total	83	4034713172				
Col. Fecales	Mes (M)	2	2426682	1377661	0,46	0,632	
(*)	Sector (S)	3	81258305	27086102	9,08	**<0,001**	F > T = L = EE
	M x S	6	11886157	1981026	0,66	0,679	
	Error	72	214886546	2984535			
	Total	83	310457690				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple Normalidad, No cumple homocedasticidad. Kruskall-Wallis para Col. Totales: Mes, p = 0,022; Sector, p = 0,001; Col. Fecales: Mes, p = 0,005; Sector, p <0,001

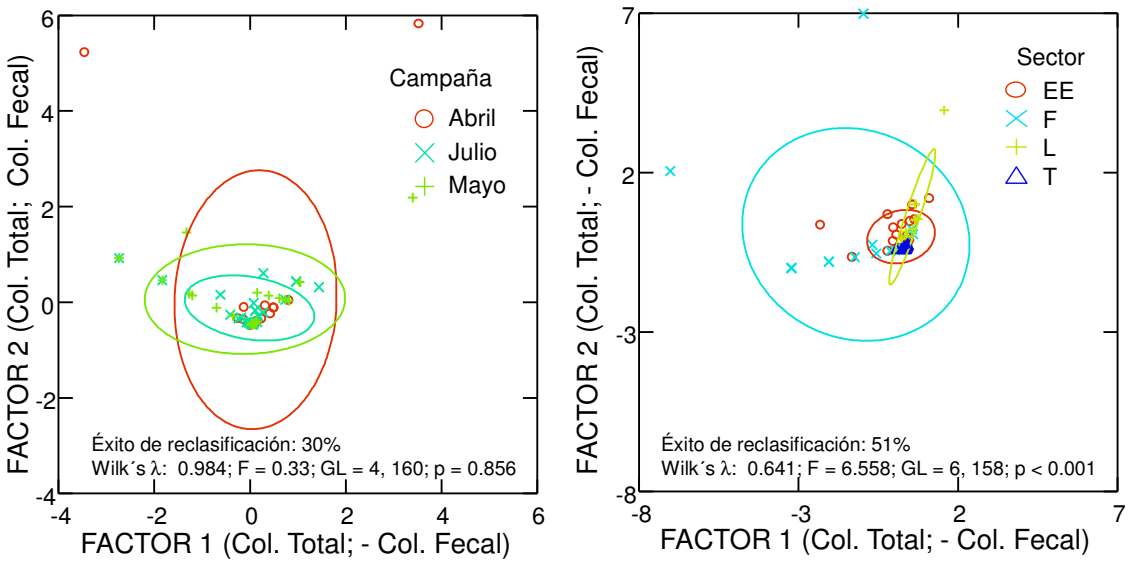


Figura 4.1.28. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) y temporal (Campañas) generadas usando los datos de Coliformes fecales y totales registrados través del área de estudio. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Cloruro y Sulfato

La Tabla 4.1.17 y Figuras 4.1.29 y 4.1.30 muestran las concentraciones de los iones disueltos Cloruro y Sulfato en el agua del área de estudio durante los meses de abril, mayo y julio de 2014.

Las concentraciones de ambos iones disminuyen de forma progresiva desde la primera a la tercera campaña (abril a julio). Las concentraciones medidas durante la campaña de abril fueron aproximadamente dos órdenes de magnitud mayores que las de mayo y julio, situación probablemente causada por efecto de dilución provocado por el mayor caudal del río durante esas dos últimas campañas. La estación 14 (río Angachilla) mostró el mayor contenido de estos iones durante la campaña de abril: 1.670,3 y 205,2 mg/L para Cloruro y Sulfato, respectivamente (Tabla 4.1.17 y Fig. 4.1.29 y 4.1.30).

La Tabla 4.1.17 y Figuras 4.1.29 y 4.1.30 muestran también que durante el muestreo de abril, se detectaron concentraciones más bajas de Cloruro y Sulfato en los ríos tributarios del humedal (Pichoy y Cayumapu) que en el eje central del río Cruces.

Tabla 4.1.17. Concentración de Cloruro y Sulfato (iones disueltos) en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	**Cloruro (mg / L)**			**Sulfato (mg / L)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	2,8 (0,01)	2,3 (0,13)	2,0 (0,04)	0,9 (0,01)	0,9 (0,00)	0,6 (0,01)
2 (sector Rucaco)	16,3 (0,93)	4,1 (0,14)	2,7 (0,02)	13,5 (0,29)	5,1 (0,25)	1,1 (0,04)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	12,9 (0,25)	5,0 (0,06)	3,0 (0,01)	11,3 (0,19)	6,7 (0,20)	1,6 (0,02)
4 (sector Santa Clara)	23,3 (1,63)	5,2 (0,07)	3,2 (0,01)	9,2 (0,09)	6,2 (0,20)	1,5 (0,01)
5 (sector Tres Bocas)	141,2 (4,00)	6,8 (0,15)	3,5 (0,04)	23,0 (0,32)	4,4 (0,06)	1,4 (0,07)
6 (sector Punucapa)	178,8 (0,86)	6,5 (0,17)	4,2 (0,01)	27,8 (0,91)	2,8 (0,01)	1,6 (0,01)
7 (sector Cruces-Cau Cau)	156 (5,99)	7,9 (0,01)	2,8 (0,17)	23,9 (0,40)	2,9 (0,02)	1,3 (0,00)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	3,8 (0,10)	3,7 (0,06)	3,2 (0,12)	1,2 (0,02)	1,5 (0,07)	0,9 (0,00)
9 (desembocadura río Pichoy)	20,4 (0,07)	4,7 (0,03)	3,2 (0,16)	4,3 (0,00)	4,4 (0,03)	0,9 (0,01)
10 (río Cayumapu interior)	85,6 (0,67)	5,5 (0,04)	3,6 (0,19)	13,9 (0,06)	3,8 (0,06)	1,3 (0,02)
11 (desembocadura río Cayumapu)	44,2 (0,04)	5,3 (0,04)	3,9 (0,14)	9,8 (0,09)	4,3 (0,08)	1,2 (0,03)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	1,5 (0,13)	1,6 (0,01)	2,0 (0,06)	1,7 (0,00)	2,0 (0,03)	1,4 (0,09)
13 (río Valdivia)	96,4 (5,67)	4,7 (0,03)	2,3 (0,03)	12,3 (0,26)	3,2 (0,10)	1,3 (0,01)
14 (río Angachilla)	1670,3 (6,60)	39,6 (0,01)	6,3 (0,03)	205,2 (1,45)	4,2 (0,00)	1,1 (0,00)

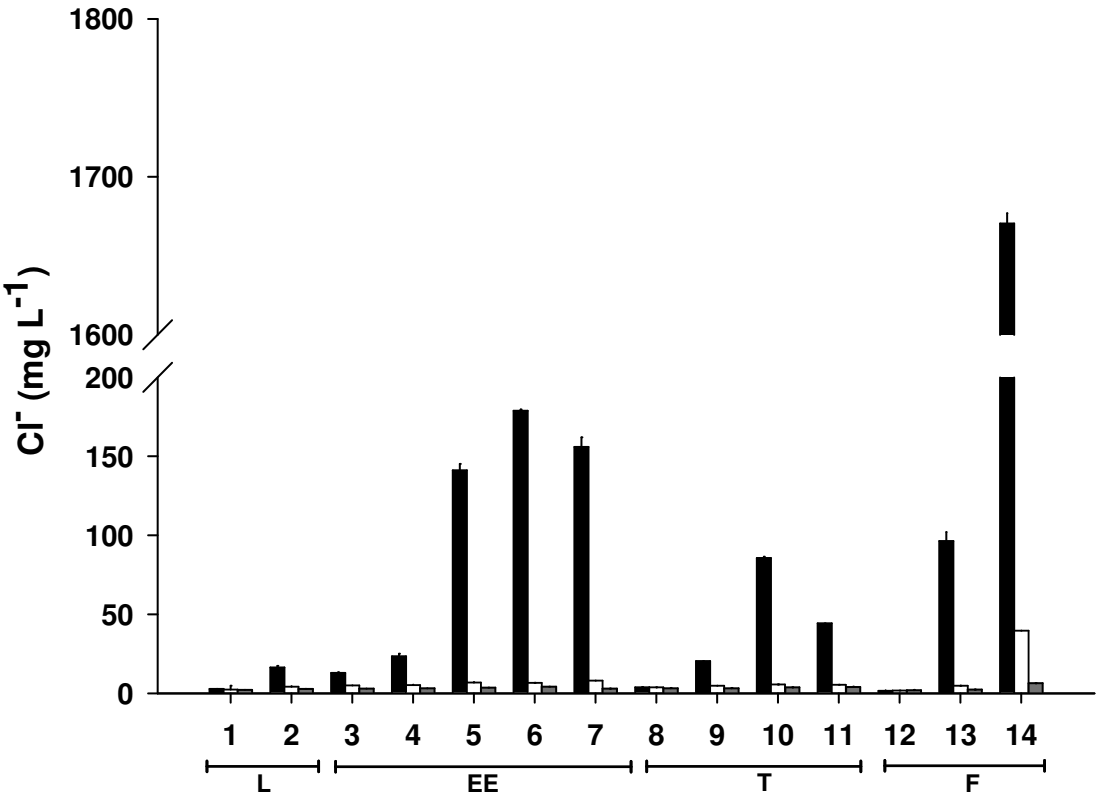


Figura 4.1.29. Concentración de Cloruro en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

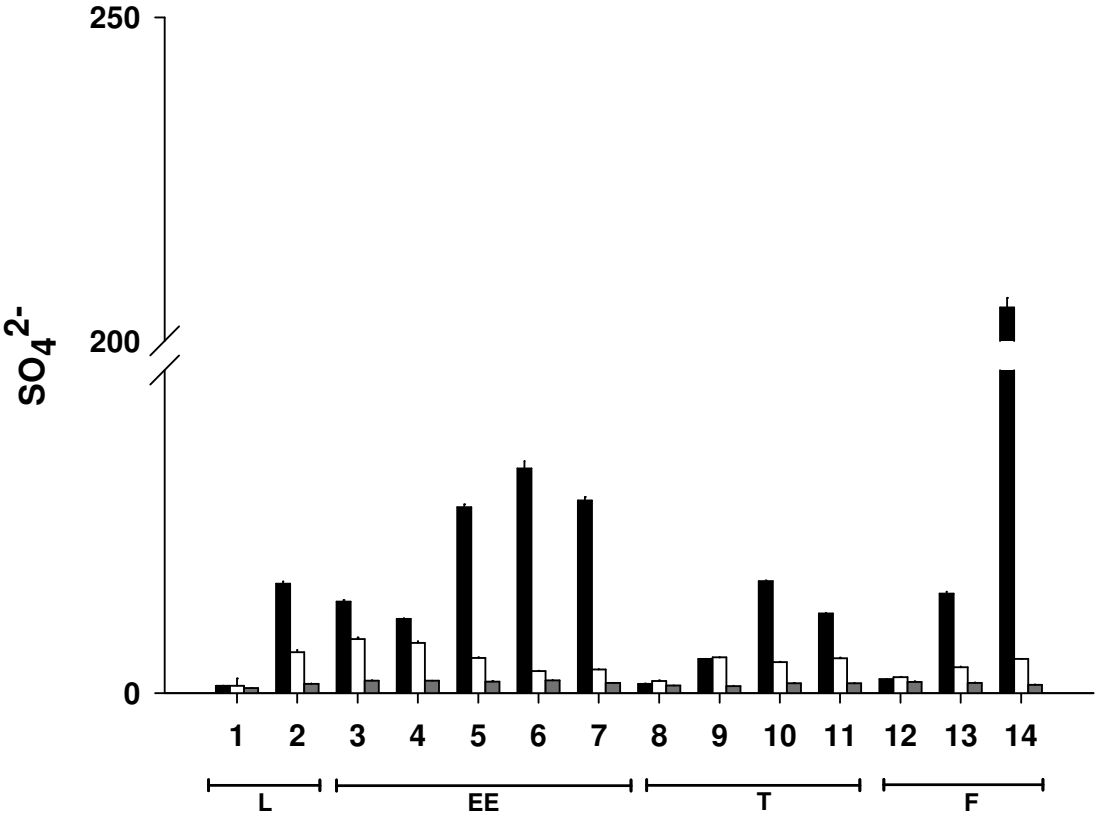


Figura 4.1.30. Concentración de Sulfato en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

La variabilidad en la concentración de Cloruro y Sulfato a través del área de estudio se caracterizó por concentraciones significativamente más altas en el mes de abril, respecto a mayo y julio (Tabla 4.1.18). Esto se reflejó en un fuerte patrón de discriminación entre campañas estimado mediante DFA (MANOVA, p< 0,001), y alta reclasificación de las muestras (81%). Sin embargo, no se observó que la variabilidad espacial permitiera detectar un patrón de discriminación entre sectores, principalmente por la fuerte correlación lineal (r = 0,997) que existe entre Cloruros y Sulfatos a través del los sectores del humedal (Fig. 4.1.31). Ambas parámetros no cumplieron los supuestos de ANDEVA pero, con la excepción de la comparación entre Sector en el caso del Sulfato, el resto de comparaciones entrega la misma conclusión estadística usando una u otra prueba (Tabla 4.1.18).

Tabla 4.1.18. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Cloruros y Sulfatos entre los factores principales Mes (abril, mayo, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
SO_4^{-2}	Mes (M)	2	10039,4	4940,8	6,66	**0,002**	abr >may = jul
(*)	Sector (S)	3	5935,2	1978,4	2,67	0,054	
	M x S	6	12071,6	2011,9	2,71	**0,020**	
	Error	72	53435,8	742,2			
	Total	83	81482				
CL^-	Mes (M)	2	539336	268492	5,41	**0,006**	abr >may = jul
(*)	Sector (S)	3	465510	155170	3,13	**0,031**	F > T = L = EE
	M x S	6	876958	146160	2,94	**0,013**	
	Error	72	3573591	49633			
	Total	83	5455396				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple ambos supuestos. Kruskall-Wallis: SO_4^{-2}: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,013; CL^-: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,018

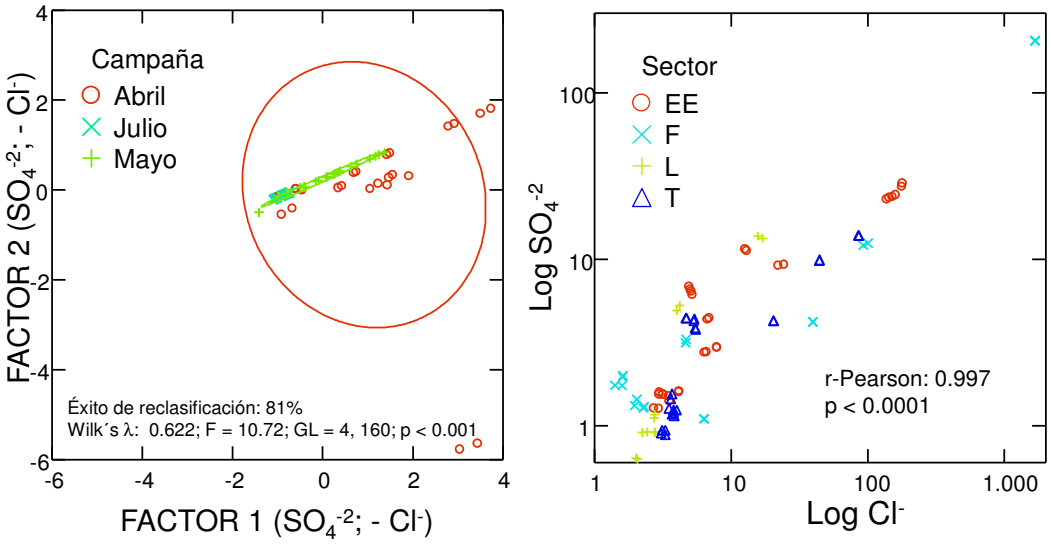


Figura 4.1.31. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) y temporal (Campañas) generadas usando los datos de Cloruros y Sulfatos registrados través del área de estudio. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Metales pesados disueltos

Las Tablas 4.1.19 a la 4.1.21 y Figuras 4.1.32 a la 4.1.37 muestran las concentraciones de metales pesados disueltos en el agua del área de estudio durante los meses de abril, mayo y julio de 2014.

Los metales pesados más representados (*i.e.,* mayores concentraciones) fueron Hierro, Aluminio y Manganeso, respectivamente (Tabla 4.1.19). En general, las concentraciones de Hierro fueron más altas durante los meses de abril y mayo, a la vez que las de Aluminio fueron más altas durante Julio.

El Cobre y Zinc presentaron escasa variabilidad entre campañas y estaciones de muestreo, a la vez que el Plomo se detectó básicamente en el muestreo de mayo (Tabla 4.1.20).

El Cadmio sólo se detectó durante el muestreo de abril y sólo en dos estaciones (1 y 5; Tabla 4.1.21), a la vez que el Arsénico y Mercurio no fueron detectados en ninguna de las estaciones, ni en ninguna de las campañas de muestreo (Tabla 4.1.21).

Tabla 4.1.19. Concentración de Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	Hierro (µg / L)			Aluminio (µg / L)			Manganeso (µg / L)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	111,2 (31,0)	47,2 (5,6)	45,6 (4,3)	9,9 (2,0)	8,2 (1,1)	20,4 (1,4)	17,7 (0,28)	4,7 (0,17)	1,4 (0,16)
2 (sector Rucaco)	10,7 (3,7)	47,8 (7,9)	46,6 (12,4)	6,3 (0,6)	11,2 (0,9)	23,4 (7,0)	24,4 (0,52)	5,5 (0,51)	1,6 (0,35)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)									
3 (sector Fuerte San Luís)	65,2 (13,6)	46,8 (0,7)	40,0 (6,2)	7,6 (1,5)	11,6 (0,3)	11,9 (1,2)	26,5 (1,47)	10,0 (0,12)	2,2 (0,02)
4 (sector Santa Clara)	57,2 (7,4)	100,3 (1,7)	53,9 (12,0)	12,9 (1,4)	14,8 (1,2)	17,9 (2,1)	0,9 (0,05)	9,2 (5,49)	2,0 (0,03)
5 (sector Tres Bocas)	53,9 (2,2)	74,8 (13,0)	58,1 (22,0)	10,9 (0,5)	13,2 (1,7)	17,2 (4,9)	1,7 (0,04)	1,1 (0,29)	4,1 (0,08)
6 (sector Punucapa)	44,0 (2,1)	64,8 (6,7)	52,7 (15,3)	9,0 (0,5)	11,8 (0,8)	13,5 (3,2)	1,4 (0,16)	0,8 (0,02)	2,5 (0,33)
7 (sector Cruces – Cau Cau)	31,4 (1,0)	56,6 (9,8)	41,4 (4,8)	6,7 (0,2)	11,3 (1,4)	13,8 (1,6)	1,9 (0,04)	1,1 (0,02)	2,2 (0,03)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)									
8 (río Pichoy interior)	117,5 (38,1)	136,1 (53,8)	63,9 (4,9)	12,6 (1,8)	21,0 (5,3)	28,3 (1,0)	27,0 (0,31)	19,1 (0,45)	22,6 (0,87)
9 (desembocadura río Pichoy)	167,4 (7,1)	89,9 (6,3)	65,2 (4,1)	19,5 (1,1)	15,5 (0,8)	25,9 (1,9)	3,9 (0,32)	2,6 (0,21)	34,7 (0,66)
10 (río Cayumapu interior)	93,0 (1,2)	112,0 (24,3)	66,5 (1,2)	6,6 (0,5)	19,2 (2,8)	38,5 (1,6)	22,4 (0,19)	4,9 (0,46)	5,4 (0,12)
11 (desembocadura río Cayumapu)	79,9 (1,9)	74,7 (13,0)	73,9 (37,4)	14,0 (0,0)	13,2 (1,1)	54,9 (36,9)	0,9 (0,04)	1,6 (0,11)	4,9 (0,02)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios									
12 (río Calle Calle)	23,7 (0,2)	33,2 (0,0)	23,7 (0,2)	5,3 (0,6)	20,0 (1,1)	10,5 (1,7)	3,5 (0,07)	0,9 (0,07)	1,8 (0,25)
13 (río Valdivia)	26,6 (1,4)	66,7 (4,3)	26,6 (1,4)	6,0 (0,0)	15,4 (0,9)	15,8 (4,9)	3,5 (0,24)	0,6 (0,02)	1,7 (0,15)
14 (río Angachilla)	12,0 (0,1)	71,9 (5,1)	12,0 (0,1)	4,5 (0,6)	17,8 (2,7)	17,5 (0,5)	11,3 (0,12)	1,8 (0,12)	2,0 (0,03)

Tabla 4.1.20. Concentración de Cobre, Zinc y Plomo disuelto en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	Cobre (µg / L)			Zinc (µg / L)			Plomo (µg / L)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	0,3 (0,02)	0,3 (0,07)	0,5 (0,01)	0,82 (0,42)	0,34 (0,04)	0,79 (0,02)	ND	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)
2 (sector Rucaco)	0,3 (0,01)	0,3 (0,02)	0,6 (0,06)	0,81 (0,40)	0,33 (0,10)	0,55 (0,14)	ND	ND	0,02 (0,00)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)									
3 (sector Fuerte San Luís)	0,4 (0,07)	0,6 (0,17)	0,4 (0,00)	0,73 (0,38)	0,51 (0,07)	ND	ND	0,01 (0,00)	ND
4 (sector Santa Clara)	0,4 (0,02)	0,5 (0,04)	1,6 (1,61)	0,36 (0,06)	0,37 (0,07)	0,47 (0,00)	ND	0,01 (0,00)	ND
5 (sector Tres Bocas)	0,5 (0,02)	0,9 (0,43)	0,5 (0,07)	0,22 (0,00)	4,48 (4,24)	0,85 (0,47)	ND	0,34 (0,47)	ND
6 (sector Punucapa)	0,5 (0,04)	0,4 (0,02)	0,4 (0,01)	0,66 (0,65)	0,60 (0,21)	ND	ND	0,02 (0,01)	ND
7 (sector Cruces – Cau Cau)	0,4 (0,06)	0,6 (0,16)	0,4 (0,03)	0,17 (0,01)	0,32 (0,15)	ND	ND	0,01 (0,00)	ND
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)									
8 (río Pichoy interior)	0,4 (0,01)	0,5 (0,08)	0,7 (0,02)	0,66 (0,23)	0,39 (0,01)	1,05 (1,11)	ND	0,01 (0,00)	ND
9 (desembocadura río Pichoy)	0,5 (0,00)	0,5 (0,03)	0,8 (0,23)	0,65 (0,02)	0,28 (0,00)	0,29 (0,00)	ND	ND	ND
10 (río Cayumapu interior)	0,4 (0,02)	0,6 (0,02)	0,6 (0,03)	0,53 (0,17)	0,30 (0,22)	0,28 (0,00)	ND	0,01 (0,00)	ND
11 (desembocadura río Cayumapu)	0,4 (0,04)	0,5 (0,01)	0,5 (0,03)	1,25 (1,41)	0,16 (0,07)	0,49 (0,56)	ND	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios									
12 (río Calle Calle)	0,2 (0,01)	0,5 (0,08)	0,3 (0,03)	0,26 (0,01)	0,21 (0,09)	1,00 (0,27)	ND	0,01 (0,00)	ND
13 (río Valdivia)	0,2 (0,01)	0,4 (0,03)	0,3 (0,00)	0,45 (0,04)	0,25 (0,02)	1,11 (0,00)	ND	0,01 (0,00)	ND
14 (río Angachilla)	0,5 (0,06)	0,5 (0,14)	0,2 (0,00)	0,35 (0,01)	0,71 (0,07)	ND	ND	0,02 (0,01)	ND

Tabla 4.1.21. Concentración de Cadmio, Arsénico y Mercurio disuelto en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. ND= No detectado.

estaciones	Cadmio (µg / L)			Arsénico (µg / L)			Mercurio (µg / L)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	ND	0,004 (0,00)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2 (sector Rucaco)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)									
3 (sector Fuerte San Luís)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4 (sector Santa Clara)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5 (sector Tres Bocas)	ND	0,266 (0,00)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6 (sector Punucapa)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7 (sector Cruces – Cau Cau)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)									
8 (río Pichoy interior)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9 (desembocadura río Pichoy)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10 (río Cayumapu interior)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11 (desembocadura río Cayumapu)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios									
12 (río Calle Calle)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13 (río Valdivia)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14 (río Angachilla)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

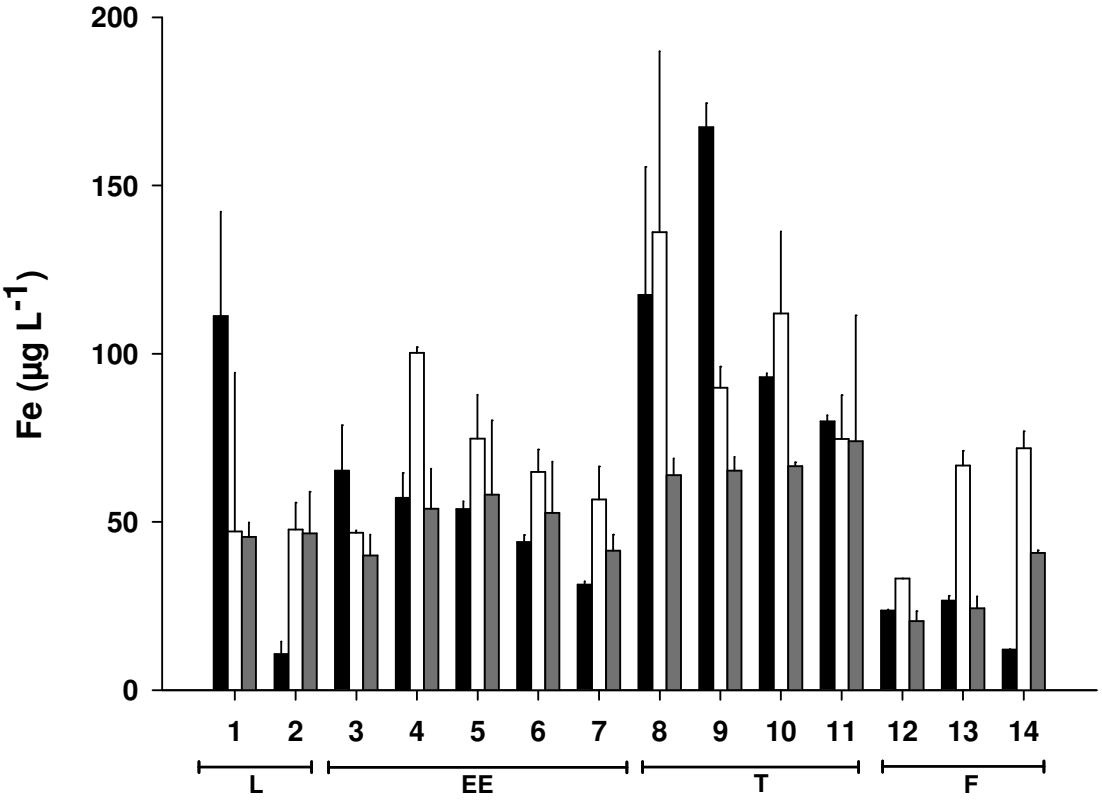


Figura 4.1.32. Concentración de Hierro disuelto en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

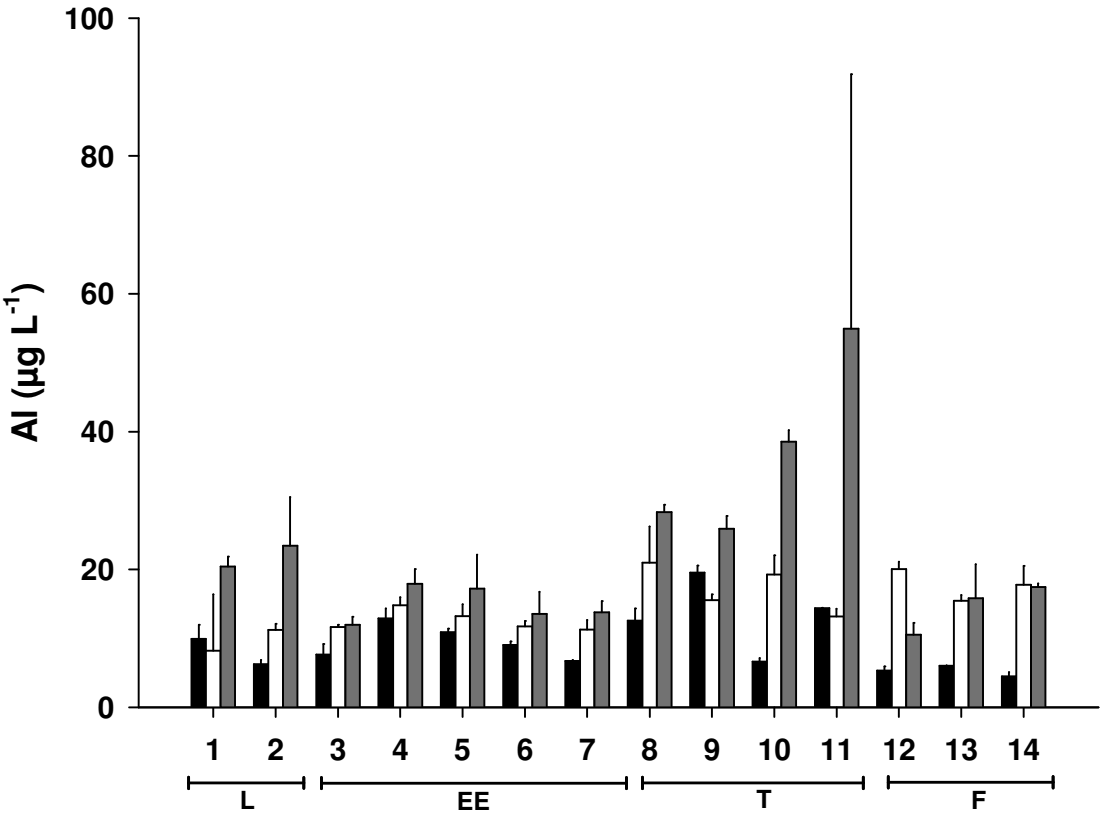


Figura 4.1.33. Concentración de Aluminio disuelto en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

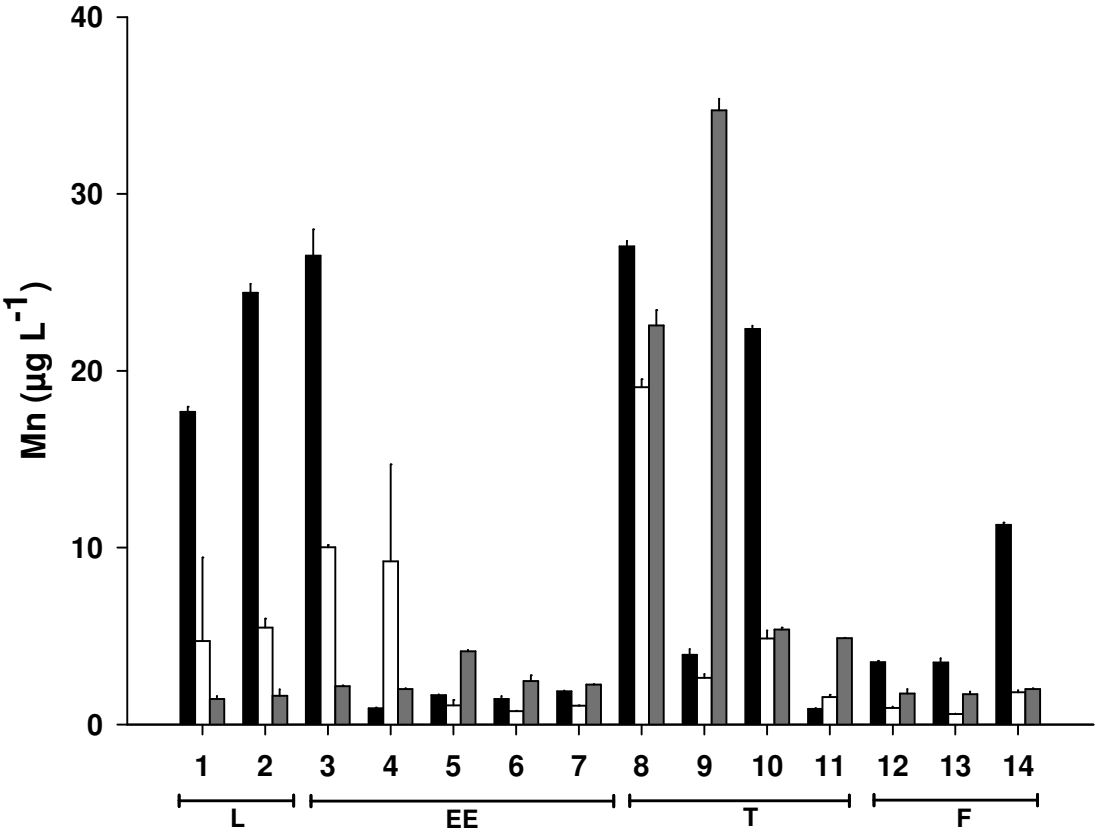


Figura 4.1.34. Concentración de Manganeso disuelto en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

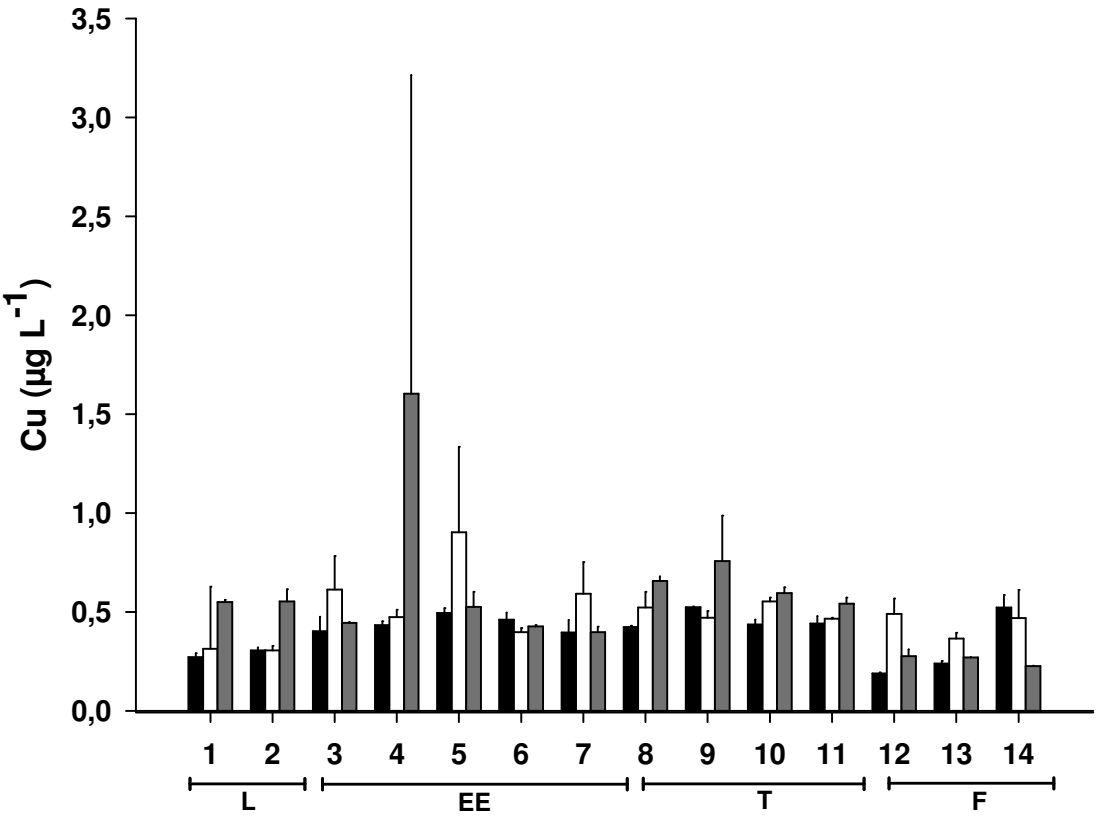


Figura 4.1.35. Concentración de Cobre disuelto en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

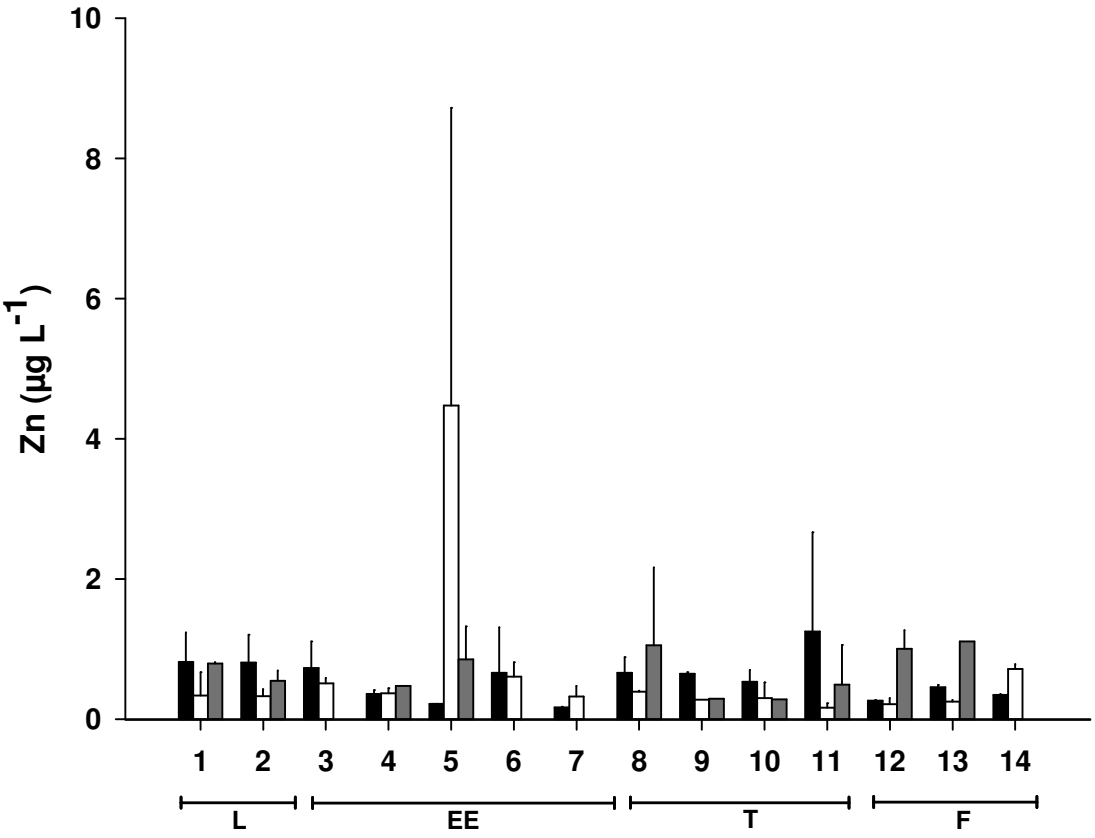


Figura 4.1.36. Concentración de Zinc disuelto en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

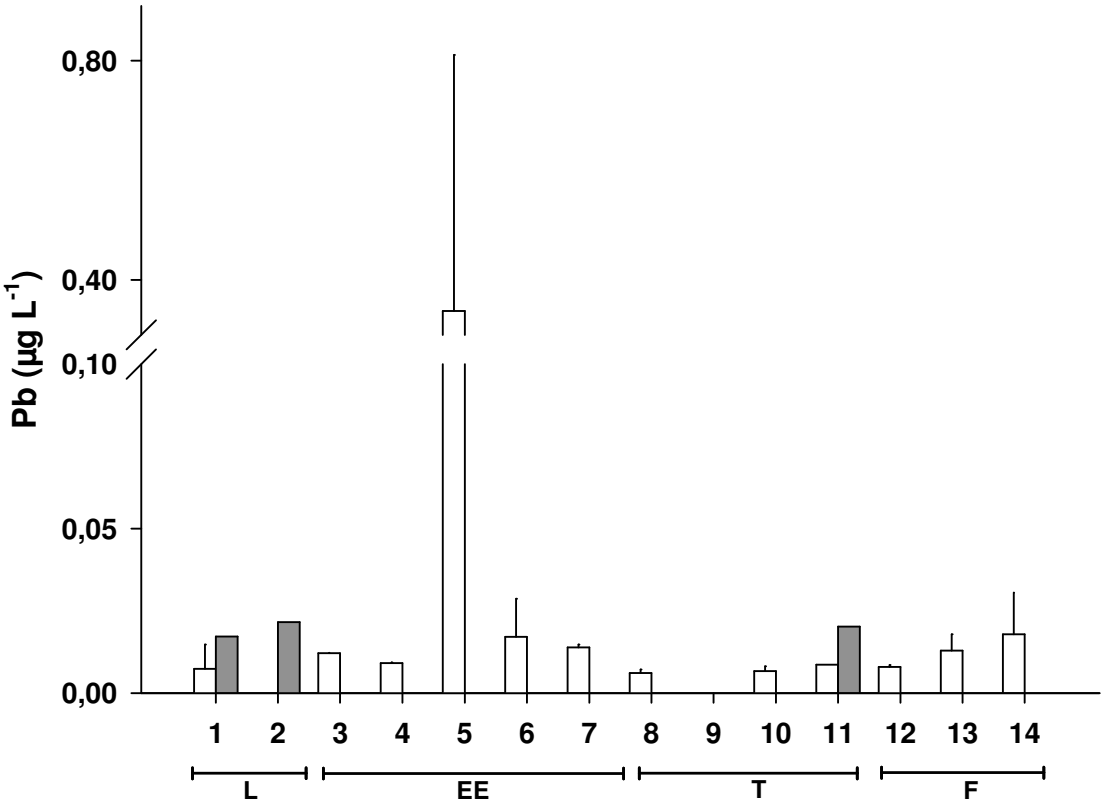


Figura 4.1.37. Concentración de Plomo disuelto en el agua del área de estudio. Las columnas en blanco representan los resultados de la campaña de mayo, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

Las concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio disuelto no alcanzaron valores por sobre el límite de detección de la técnica. Cuando se detectó Plomo, este no ocurrió en todas los meses de campaña o sectores. Debido a lo anterior, ninguno de los metales anteriores fue incluido en los análisis estadísticos.

Con la excepción del Zinc, los metales pesados disueltos presentaron diferencias significativas entre los factores principales (Mes, Sectores), pero estos patrones de variación temporal no fueron similares a través del tiempo ya que, por ejemplo, las mayores concentraciones de Hierro se registraron en abril y mayo, pero en el caso del Alumnio se registró un aumento significativo en julio (Tabla 4.1.22). En términos espaciales, se observa la tendencia a que todos los metales aumentan en concentración en el sector de los ríos tributarios del humedal (Pichoy y Cayumapu). Sin embargo, en el caso del Hierro, Alumnio y Manganeso, la interacción MxS es significativa, por lo que se debe tener cautela en su interpretación. Para el caso del Cobre, la mayor concentración de este metal se registró en el sector del eje central del río Cruces (Tabla 4.1.22). Debe considerarse que tanto el Hierro como el Manganeso, no cumplieron los supuestos de ANDEVA. Sin embargo, sólo la comparación entre meses de la concentración de Manganeso presentó diferentes conclusiones estadísticas entre ambas pruebas (Tabla 4.1.22).

El Análisis de Función Discriminante (DFA) no incluyó a Zn, ya que no presentó variabilidad significativa a través de las campañas ni sectores de muestreo. En general, las concentraciones de metales pesados disueltos evidencian una fuerte capacidad discriminatoria entre campañas (MANOVA, $p < 0,001$) y sectores (MANOVA, $p < 0,001$) del humedal. En ambos casos se observa una alta tasa de éxito en la reclasificación de las muestras entre campañas (64%) y entre sectores (65%) (Fig. 4.1.38). Lo anterior indica que los patrones de variación registrados en estos muestreos - aún cuando complejos - son consistentes en términos espaciales y temporales, por lo que evidencia la necesidad de

realizar muestreos de alta resolución a través del tiempo y sectores del HRC y sus ríos tributarios.

Tabla 4.1.22. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre y Zinc disuelto entre los factores principales Mes (abril, mayo, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe	Mes (M)	2	7861,2	2918,8	5,18	**0,008**	abr = may >jul
(*)	Sector (S)	3	41122,1	13707,4	24,33	**<0,001**	L = F < EE < T
	M x S	6	9145,9	1524,3	2,71	**0,020**	
	Error	72	40565,2	563,4			
	Total	83	98694,4				
Al	Mes (M)	2	2274,82	1076,59	25,15	**<0,001**	abr <may <jul
	Sector (S)	3	1695,85	565,28	13,21	**<0,001**	L = EE = F < T
	M x S	6	1405,15	234,19	5,47	**<0,001**	
	Error	72	3081,55	42,8			
	Total	83	8457,38				
Mn	Mes (M)	2	519,86	386,92	6,91	**0,002**	abr <may = jul
(*)	Sector (S)	3	1252,6	417,53	7,46	**<0,001**	T > F = EE = L
	M x S	6	907,48	151,25	2,7	**0,020**	
	Error	72	4030,2	55,97			
	Total	83	6710,13				
Cu	Mes (M)	2	0,37252	0,15092	1,92	0,154	
	Sector (S)	3	0,7763	0,25877	3,3	**0,025**	EE > F = L = T
	M x S	6	0,34029	0,05672	0,72	0,633	
	Error	72	5,64985	0,07847			
	Total	83	7,13896				
Zn	Mes (M)	2	0,7438	0,0939	0,12	0,884	
	Sector (S)	3	0,6209	0,207	0,27	0,845	
	M x S	6	6,8433	1,1406	1,5	0,189	
	Error	72	54,605	0,7584			
	Total	83	62,813				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho. (*) Cumple ambos supuestos de ANDEVA. Kruskall-Waliis: Fe: Mes, p = 0,010, Sector, p < 0,001; Mn: Mes, p = 0,149; Sector, p < 0,001

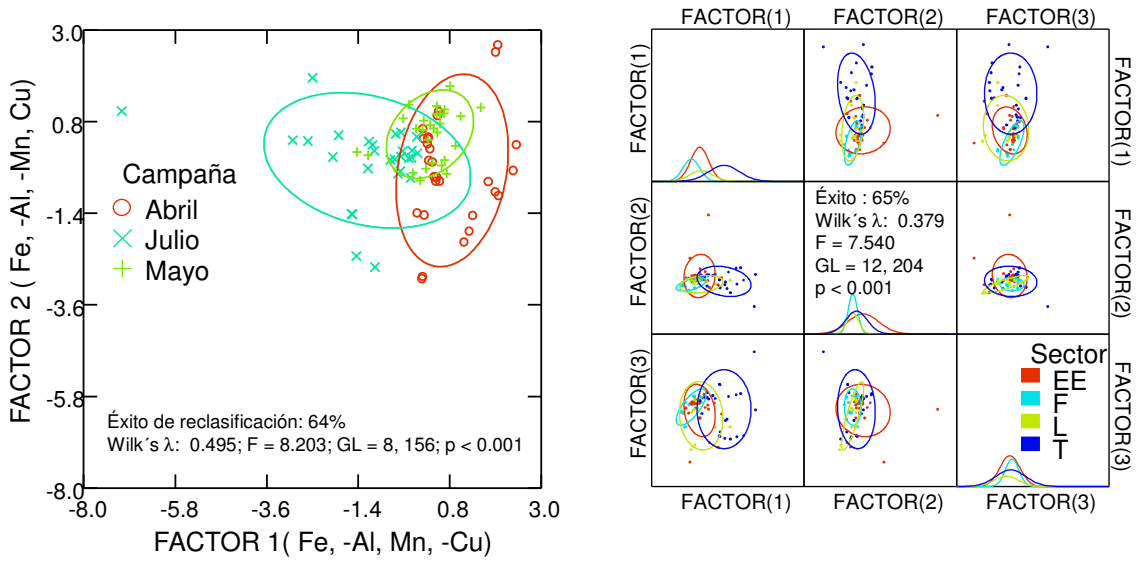


Figura 4.1.38. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) y temporal (Campañas) generadas usando los datos de Hierro, Aluminio, Manganeso y Cobre disuelto a través del área de estudio. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Metales pesados particulados

Las Tablas 4.1.23 - 4.1.25 y Figuras 4.1.39 a la 4.1.47 muestran las concentraciones de metales pesados particulados en el agua del área de estudio durante los meses de abril, mayo y julio de 2014.

Similar a lo observado en la fracción disuelta, el Hierro, Aluminio y Manganeso fueron los metales pesados más representados (*i.e.,* mayores concentraciones) en la fracción particulada; mostrando en general concentraciones más altas durante la campaña de abril (Tabla 4.1.23), tendencia similar a la mostrada por el Cobre y el Zinc particulado (Tabla 4.1.24). Por el contrario, el Plomo particulado presentó concentraciones muy similares entre las tres campañas de muestreo (Tabla 4.1.24).

A diferencia de lo observado para la fracción disuelta, los resultados de la fracción particulada muestran la presencia de Cadmio, Arsénico y Mercurio durante la campaña de mayo y julio con valores comparables en las estaciones y campañas (Tabla 4.1.25).

Tabla 4.1.23. Concentración de Hierro, Aluminio y Manganeso particulado en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	Hierro (µg / g)			Aluminio (µg / g)			Manganeso (µg / g)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	119527 (10850)	60206 (1540)	69100 (3012)	84230 (8752)	59507 (1528)	116150 (4446)	8054 (447)	1045 (38)	613 (27)
2 (sector Rucaco)	127230 (27561)	60530 (1539)	85519 (6609)	75520 (5500)	61246 (1498)	124234 (15907)	7665 (1239)	1005 (48)	1712 (1413)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)									
3 (sector Fuerte San Luís)	159483 (7301)	83002 (8772)	81850 (7672)	105237 (43)	65495 (6528)	101954 (26672)	11685 (109)	2804 (1044)	1942 (119)
4 (sector Santa Clara)	65804 (1949)	58997 (256)	92697 (430)	54370 (3537)	59584 (1738)	100934 (1276)	5982 (145)	2519 (171)	1888 (25)
5 (sector Tres Bocas)	57867 (2977)	70010 (17009)	102849 (3489)	60178 (6160)	55522 (18724)	103089 (5071)	4420 (264)	1751 (679)	22015 (106)
6 (sector Punucapa)	52039 (2642)	51435 (2824)	94179 (1702)	47656 (3301)	61979 (1465)	98845 (368)	3797 (333)	1153 (97)	1570 (24)
7 (sector Cruces – Cau Cau)	61152 (2811)	42881 (1705)	75647 (11805)	62314 (1770)	45852 (1516)	99457 (661)	4267 (210)	1103 (76)	736 (358)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)									
8 (río Pichoy interior)	156069 (23378)	108666 (53391)	79760 (4820)	88029 (23562)	71654 (13682)	111112 (10073)	7331 (1792)	2196 (1235)	860 (465)
9 (desembocadura río Pichoy)	90606 (10132)	87684 (7872)	84009 (491)	76978 (6875)	72024 (2793)	117888 (1165)	7184 (767)	2031 (41)	2558 (175)
10 (río Cayumapu interior)	66307 (6141)	64629 (1551)	84967 (1659)	56208 (7884)	49938 (3371)	126119 (3710)	3182 (386)	1505 (168)	634 (30)
11 (desembocadura río Cayumapu)	59279 (781)	112577 (4153)	82900 (1573)	60568 (17747)	62769 (5395)	117274 (5368)	5003 (43)	1878 (117)	684 (1)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios									
12 (río Calle Calle)	64638 (23788)	39052 (2052)	51783 (467)	83408 (11219)	48114 (4984)	81481 (564)	3673 (625)	817 (23)	834 (27)
13 (río Valdivia)	48921 (1571)	44167 (752)	51098 (208)	55240 (2127)	49683 (1384)	77398 (2365)	2995 (55)	884 (16)	856 (53)
14 (río Angachilla)	39939 (4661)	40012 (2120)	85183 (4902)	39810 (3875)	50210 (531)	113025 (174)	597 (68)	661 (6)	1022 (16)

Tabla 4.1.24. Concentración de Cobre, Zinc y Plomo particulado en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	Cobre (µg / g)			Zinc (µg / g)			Plomo (µg / g)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	148 (10)	62 (9)	88 (8)	211 (41)	234 (67)	196 (16)	18 (2,4)	12 (0,2)	18 (0,3)
2 (sector Rucaco)	157 (41)	55 (2)	93 (6)	284 (0,4)	142 (10)	213 (11)	20 (3,2)	12 (0,9)	21 (0,3)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)									
3 (sector Fuerte San Luís)	238 (26)	45 (5)	45 (5)	646 (42)	87 (17)	213 (17)	24 (1,7)	10 (0,3)	14 (1,4)
4 (sector Santa Clara)	138 (45)	48 (4)	63 (1)	189 (67)	103 (24)	133 (14)	10 (1,6)	11 (0,5)	18 (1,1)
5 (sector Tres Bocas)	109 (22)	56 (39)	50 (0)	41 (9)	193 (223)	150 (3)	12 (0,9)	7 (0,0)	18 (0,1)
6 (sector Punucapa)	111 (32)	42 (4)	43 (2)	107 (23)	172 (164)	118 (0)	11 (1,0)	18 (10)	16 (0,0)
7 (sector Cruces – Cau Cau)	113 (10)	41 (2)	44 (1)	268 (59)	152 (111)	105 (3)	18 (2,4)	24 (8)	18 (1,1)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)									
8 (río Pichoy interior)	157 (84)	51 (11)	48 (3)	304 (67)	148 (31)	119 (35)	17 (6,1)	47 (37)	20 (0,1)
9 (desembocadura río Pichoy)	110 (11)	45 (6)	48 (6)	47 (1,1)	88 (75)	96 (25)	14 (2,8)	21 (2,4)	20 (1,0)
10 (río Cayumapu interior)	103 (18)	33 (2)	44 (2)	65 (5)	150 (55)	136 (11)	11 (3,6)	15 (2,4)	17 (0,7)
11 (desembocadura río Cayumapu)	91 (16)	45 (5)	43 (2)	97 (26)	30 (13)	127 (4)	10 (1,4)	18 (7,6)	17 (0,3)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios									
12 (río Calle Calle)	192 (31)	41 (1)	38 (0)	704 (31)	82 (21)	127 (22)	28 (20)	9 (0,5)	14 (0,7)
13 (río Valdivia)	156 (15)	37 (1)	40 (3)	229 (32)	27 (7)	118 (19)	18 (0,4)	9 (0,8)	15 (1,4)
14 (río Angachilla)	144 (21)	36 (2)	41 (0)	140 (10)	42 (4)	183 (1)	9 (0,7)	13 (1,1)	18 (0,5)

Tabla 4.1.25. Concentración de Cadmio, Arsénico y Mercurio particulado en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. ND= No detectado.

estaciones	Cadmio (µg / g)			Arsénico (µg / g)			Mercurio (µg / g)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**Julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	ND	0,24 (0,14)	0,21 (0,01)	ND	18 (0,2)	18 (0,7)	ND	0,06 (0,0)	0,10 (0,0)
2 (sector Rucaco)	ND	0,15 (0,05)	0,28 (0,03)	ND	16 (0,8)	18 (0,2)	ND	0,07 (0,0)	0,08 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)									
3 (sector Fuerte San Luís)	ND	0,13 (0,02)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4 (sector Santa Clara)	ND	0,17 (0,12)	0,17 (0,01)	ND	16 (0,0)	20 (0,5)	ND	0,05 (0,0)	0,05 (0,0)
5 (sector Tres Bocas)	ND	0,08 (0,00)	0,16 (0,05)	ND	19 (0,1)	21 (2,0)	ND	0,05 (0,0)	0,06 (0,0)
6 (sector Punucapa)	ND	0,09 (N.D)	0,12 (0,01)	ND	30 (0,2)	23 (2,5)	ND	ND	0,08 (0,0)
7 (sector Cruces – Cau Cau)	ND	0,09 (0,02)	0,17 (0,06)	ND	ND	21 (1,4)	ND	ND	0,07 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)									
8 (río Pichoy interior)	ND	0,13 (N.D)	0,18 (0,05)	ND	ND	15 (1,2)	ND	ND	0,13 (0,0)
9 (desembocadura río Pichoy)	ND	0,05 (N.D)	0,19 (0,02)	ND	ND	19 (3,2)	ND	ND	0,13 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	ND	0,02 (N.D)	0,14 (0,01)	ND	ND	ND	ND	ND	0,12 (0,0)
11 (desembocadura río Cayumapu)	ND	ND	0,14 (0,02)	ND	ND	ND	ND	ND	0,05 (0,0)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios									
12 (río Calle Calle)	ND	0,05 (0,00)	0,10 (0,01)	ND	18 (0,0)	20 (0,7)	ND	ND	0,02 (0,0)
13 (río Valdivia)	ND	0,05 (N.D)	0,08 (0,02)	ND	26 (4,2)	18 (0,7)	ND	ND	0,02 (0,0)
14 (río Angachilla)	2,8 (0,2)	0,14 (0,02)	ND	ND	20 (0,0)	ND	ND	0.03 (0,0)	0,03 (0,0)

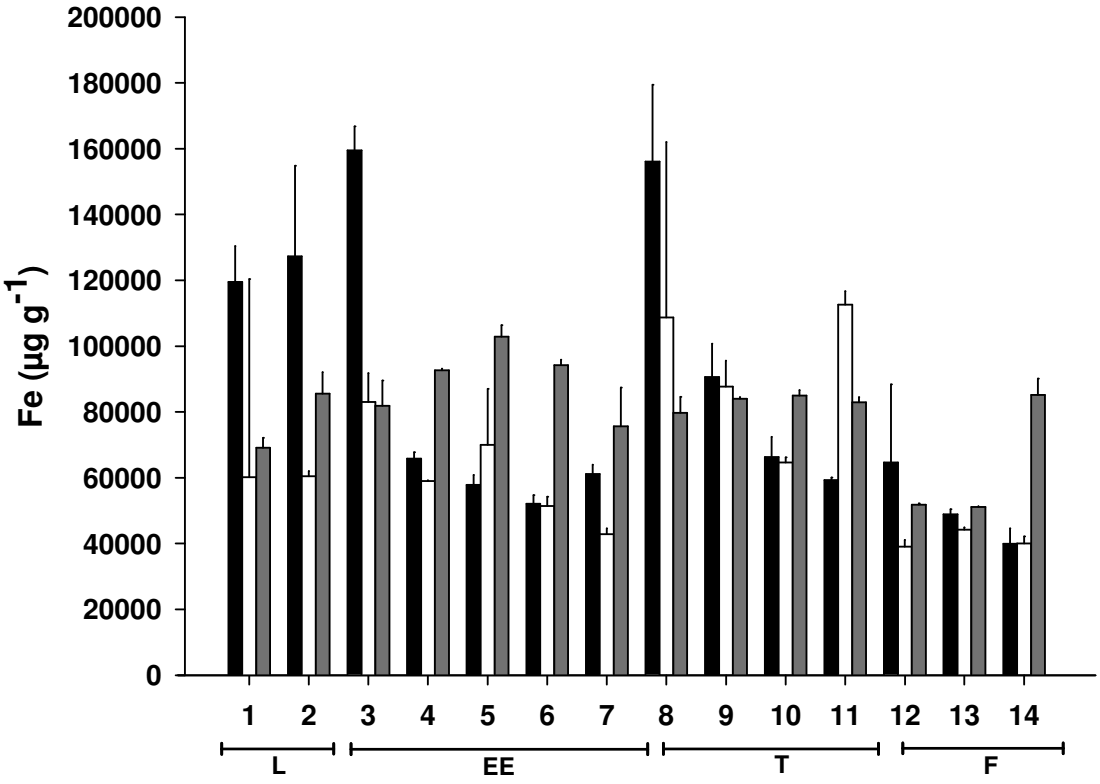


Figura 4.1.39. Concentración de Hierro particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

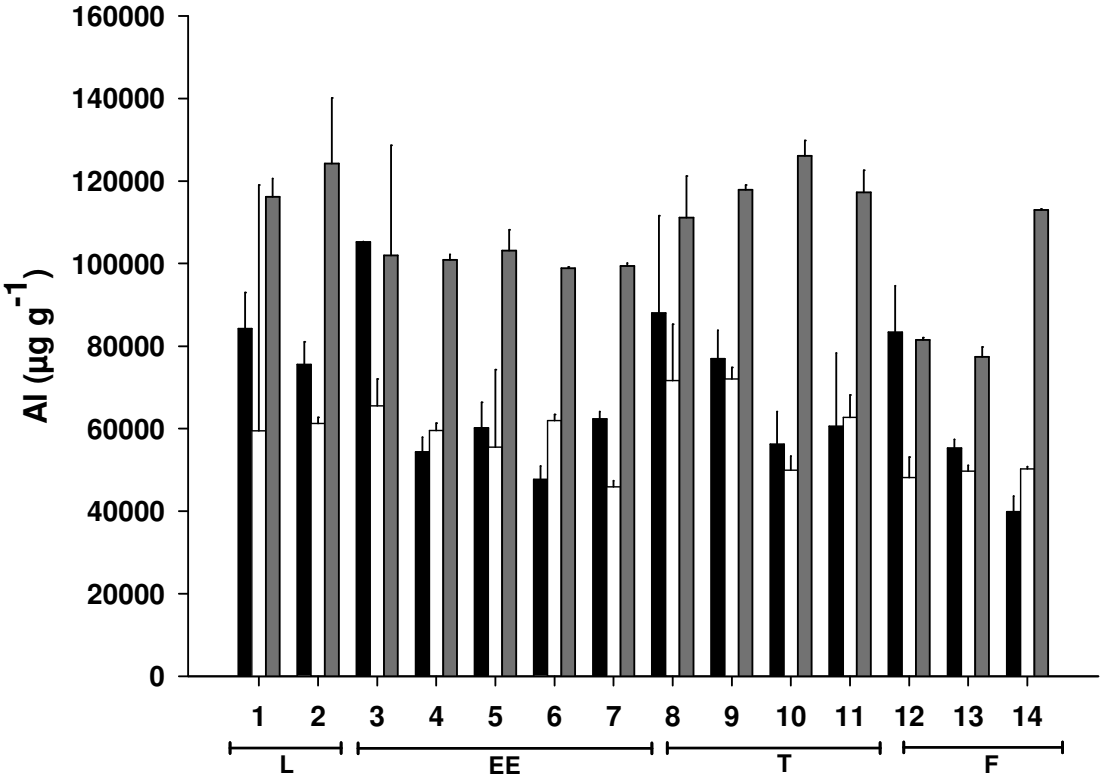


Figura 4.1.40. Concentración de Aluminio particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

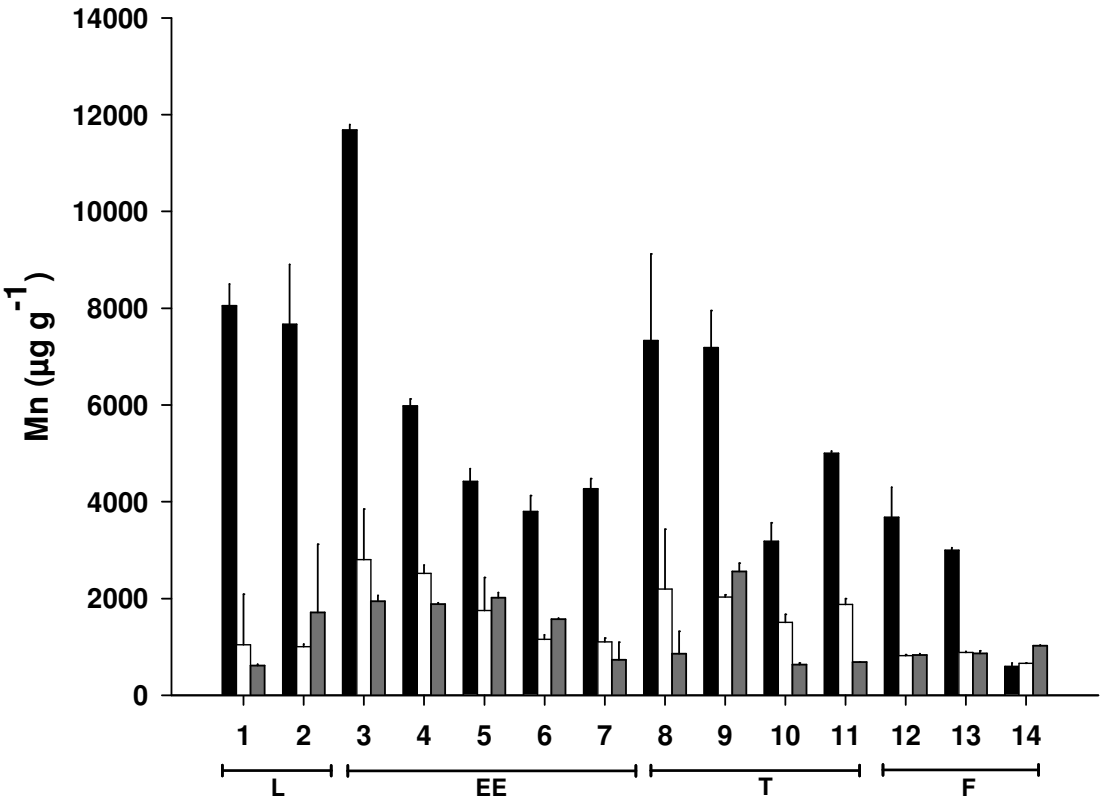


Figura 4.1.41. Concentración de Manganeso particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

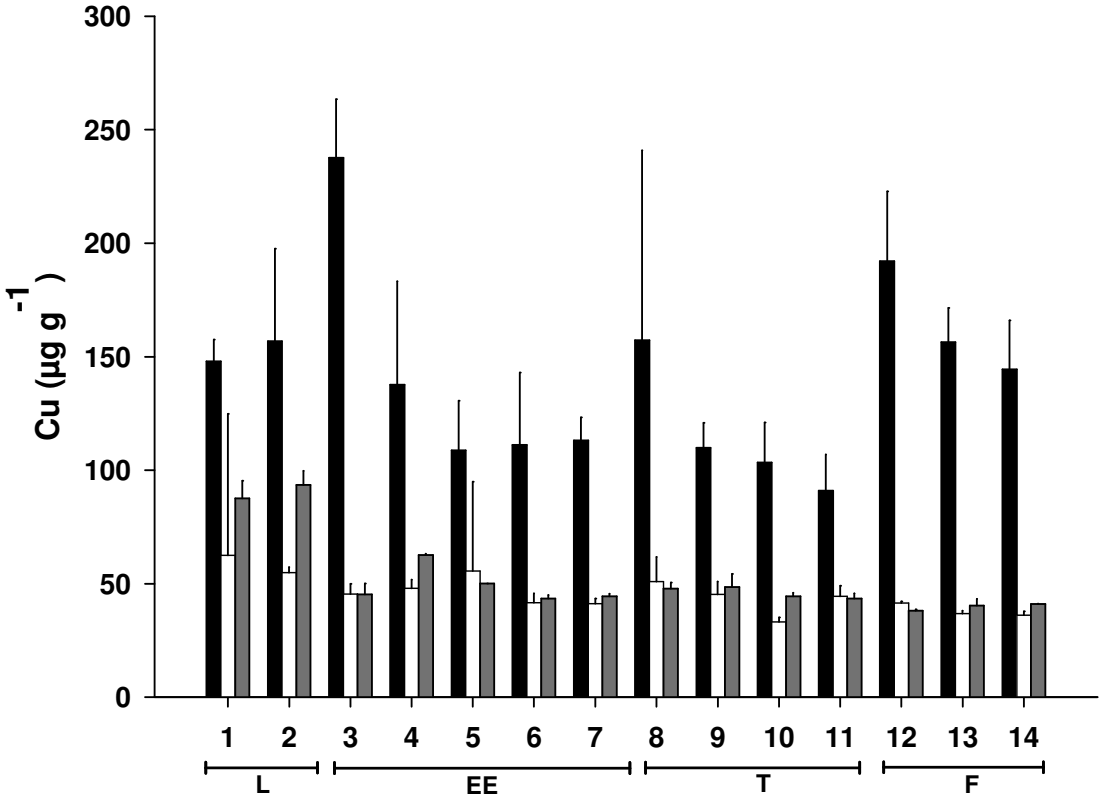


Figura 4.1.42. Concentración de Cobre particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, resepctivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

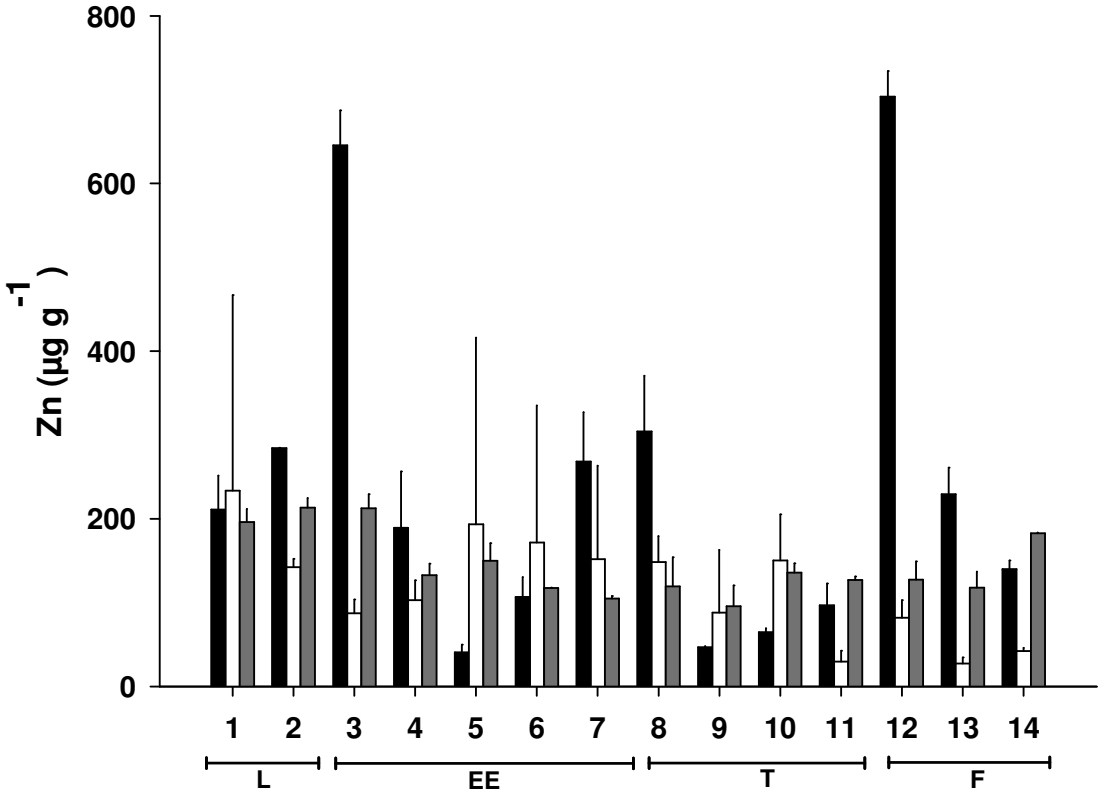


Figura 4.1.43. Concentración de Zinc particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

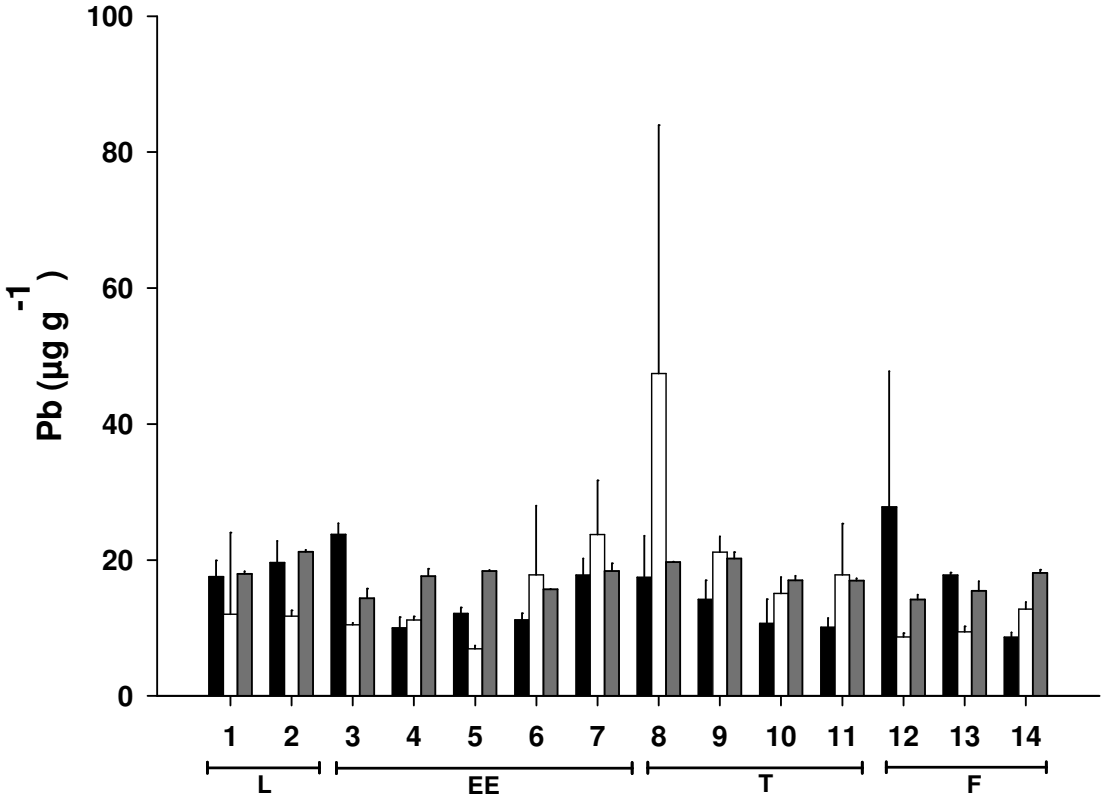


Figura 4.1.44. Concentración de Plomo particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

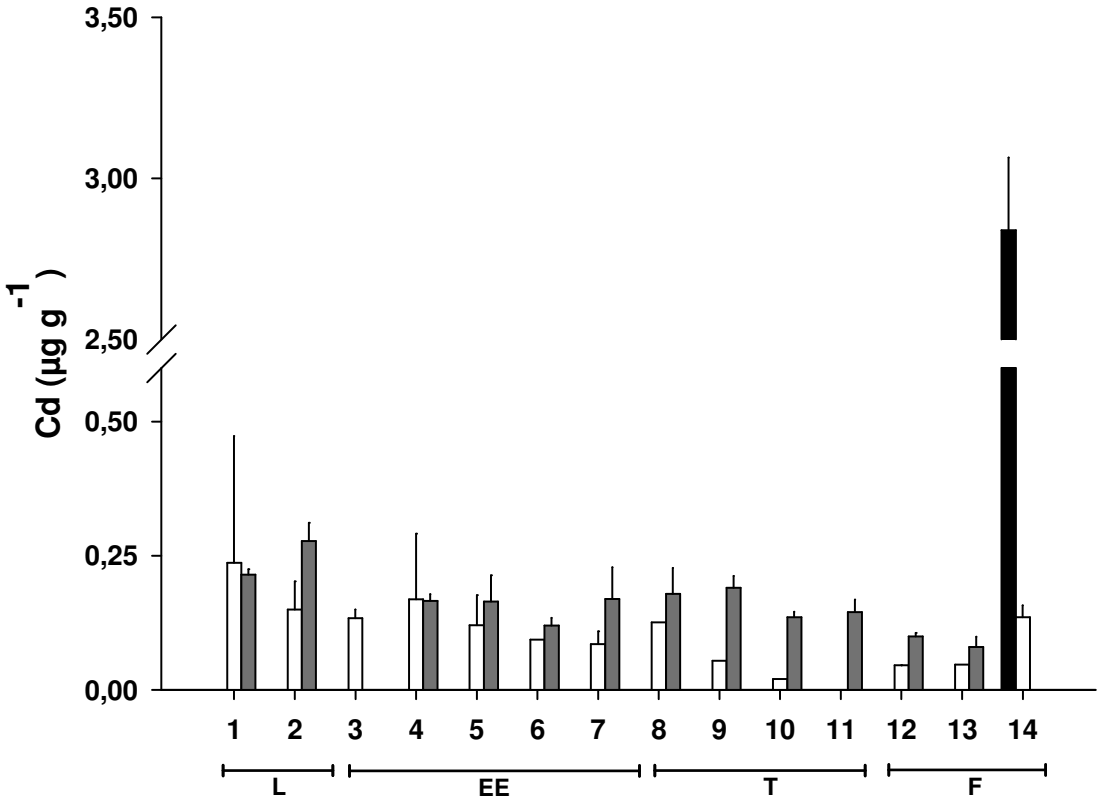


Figura 4.1.45. Concentración de Cadmio particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

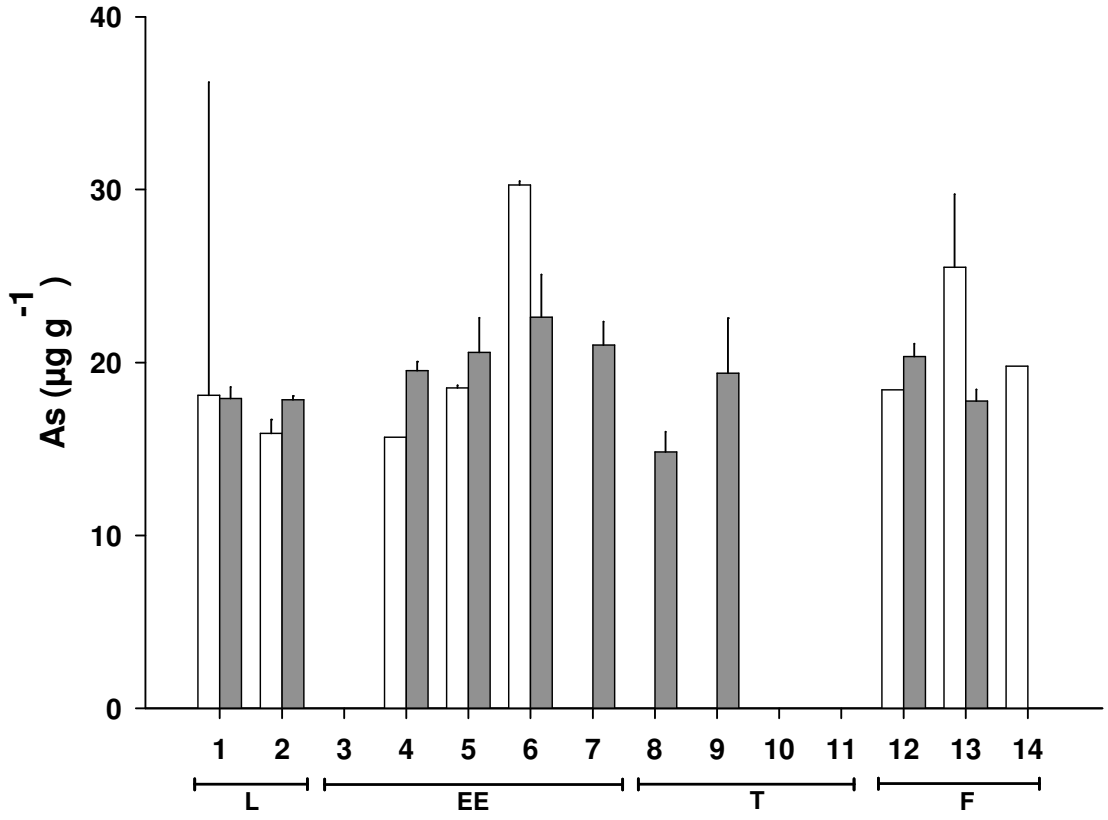


Figura 4.1.46. Concentración de Arsénico particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en blanco representan los resultados de la campaña de mayo, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

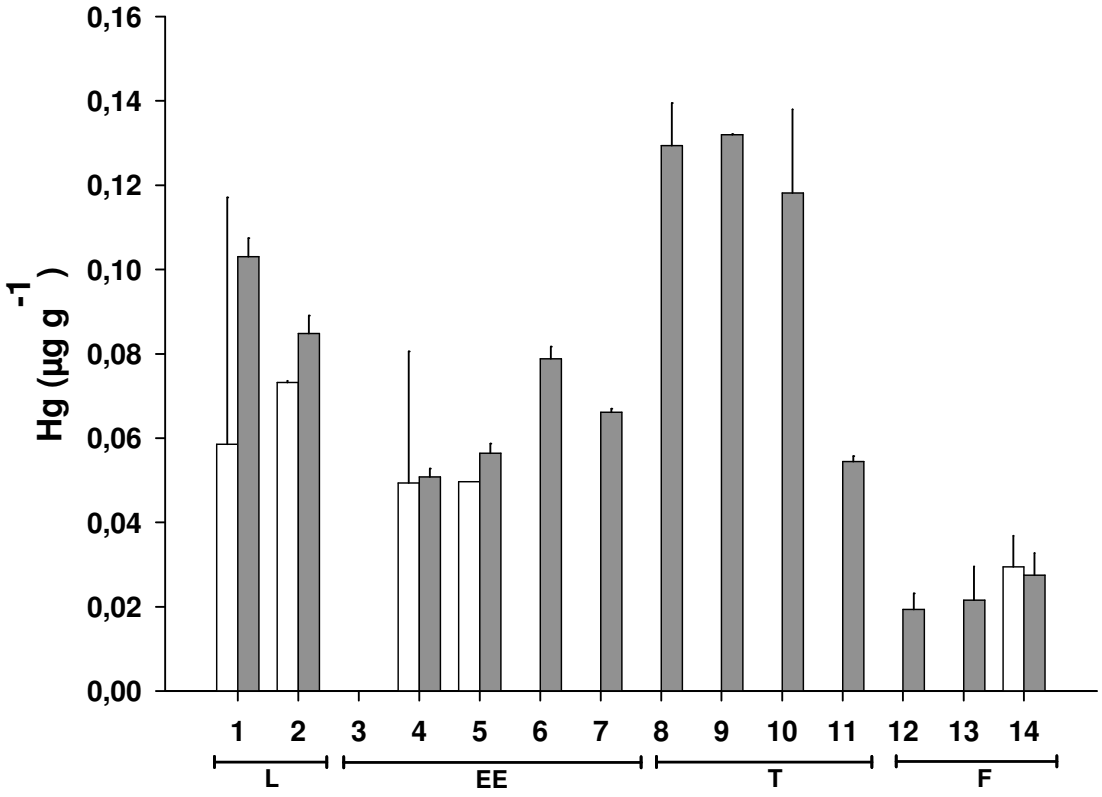


Figura 4.1.47. Concentración de Mercurio particulado en el agua del área de estudio. Las columnas en blanco representan los resultados de la campaña de mayo, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

En general, la concentración de Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre y Zinc particulado tendió a ser significativamente diferentes entre las campañas de terreno, con un aumento significativo en los meses de abril (Fe, Mn, Cu, Zn) o un descenso significativo en mayo (Al) (Tabla 4.1.26). Además, las concentraciones de Hierro, Alumnio, Manganeso y Cobre particulado presentaron diferencias significativas en concentraciones entre sectores del área de estudio; en general, estas fueron más bajas fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Tabla 4.1.26). El Manganeso, Cobre y Zinc no cumplieron con todos los supuestos de ANDEVA; salvo para la comparación de las concentraciones de Zinc entre sectores, el resto de variables y comparaciones entregó similares resultados ya sea aplicando ANDEVA o Kruskall-Wallis (Tabla 4.1.26).

El Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre y Zinc particulado logran discriminar significativamente entre campañas (MANOVA, Wilks, $p < 0,001$), con un espacio discriminante en el cual no existe sobreposición en la dispersión de datos pertenecientes a las diferentes campañas (Fig. 4.1.48), lo que lleva a evidenciar un porcentaje de éxito del 99% en la reclasificación de las muestras de cada campaña. Aunque los resultados del MANOVA también fueron significativos al comparar entre sectores (Wilks, $p < 0,001$), los datos tienden a sobreponerse entre si, disminuyendo a un 65% el porcentaje de reclasificación de las muestras recolectadas en cada sector (Fig. 4.1.48).

Tabla 4.1.26. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre y Zinc particulado entre los factores principales Mes (abril, mayo, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe	Mes (M)	2	5,E+09	3,27E+09	5,58	**0,006**	abr >may >jul
	Sector (S)	3	2,E+10	5,56E+09	9,49	**<0,001**	L = T = EE > F
	M x S	6	1,E+10	1,62E+09	2,77	**0,018**	
	Error	72	4,E+10	5,86E+08			
	Total	83	7,E+10				
Al	Mes (M)	2	4,E+10	1,69E+10	89,87	**<0,001**	abr >may <jul
	Sector (S)	3	5,E+09	1,51E+09	8,02	**<0,001**	F < T = L = EE
	M x S	6	1,E+09	1,66E+08	0,88	0,513	
	Error	72	1,E+10	1,88E+08			
	Total	83	6,E+10				
Mn	Mes (M)	2	3,E+08	1,46E+08	72,41	**<0,001**	Abr > May = Jul
(*)	Sector (S)	3	4,E+07	1,49E+07	7,37	**<0,001**	F < L = T = EE
	M x S	6	5,E+07	7,69E+06	3,81	**0,002**	
	Error	72	1,E+08	2,02E+06			
	Total	83	5,E+08				
Cu	Mes (M)	2	2,E+05	7,08E+04	101,02	**<0,001**	abr >may = jul
(**)	Sector (S)	3	8,E+03	2,78E+03	3,97	**0,011**	L > T = EE = F
	M x S	6	9,E+03	1,49E+03	2,12	0,061	
	Error	72	5,E+04	7,00E+02			
	Total	83	2,E+05				
Zn	Mes (M)	2	2,E+05	1,05E+05	6,87	**0,002**	Abr > May = Jul
(**)	Sector (S)	3	9,E+04	3,15E+04	2,05	0,114	
	M x S	6	2,E+05	2,73E+04	1,78	0,115	
	Error	72	1,E+06	1,53E+04			
	Total	83	2,E+06				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) Cumple Normalidad, No cumple Homocedasticidad. Kruskall-Walli para Mn: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,007

(**) No cumple ambos supuestos de ANDEVA. Kruskall-Wallis para Cu: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,029; Zn: Mes, p = 0,012; Sector, p = 0,005

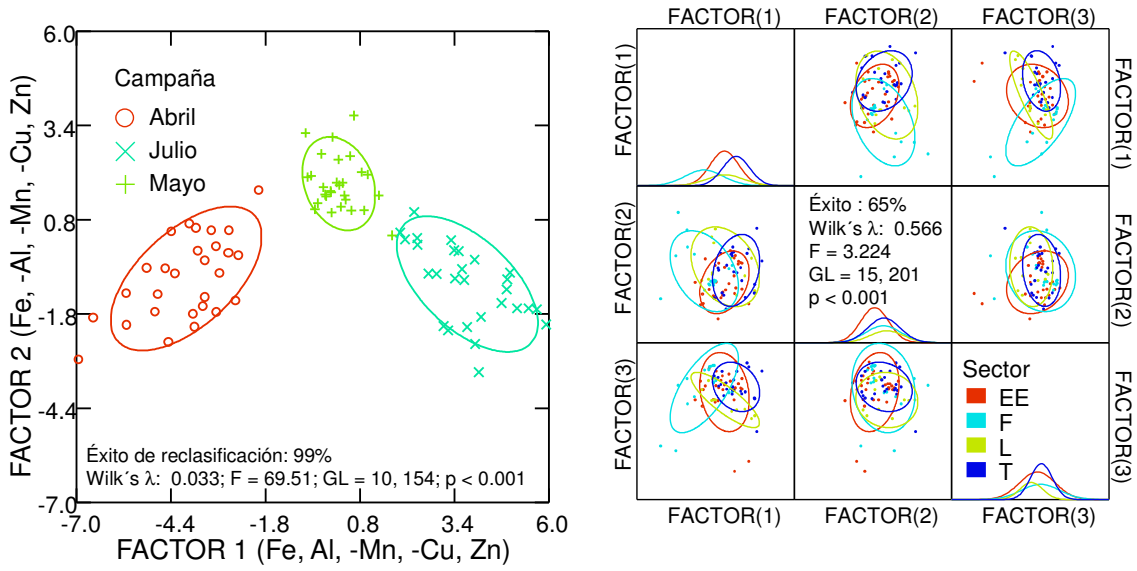


Figura 4.1.48. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) y temporal (Campañas) generadas usando los datos de Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre y Zinc particulado a través del área de estudio. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Para el resto de metales particulados, sólo se registraron diferencias significativas entre factores principales (Mes, Sector) para Arsénico y Mercurio (Tabla 4.1.27). Las concentraciones de Arsénico y Mercurio fueron significativamente más altas en los meses de mayo y junio. En términos espaciales, las concentraciones de Arsénico fueron significativamente más bajas en el sector de los ríos tributarios, a la vez que el Mercurio tuvo concentraciones más altas en este sector (Tabla. 4.1.27).

Estos dos elementos (As y Hg) presentaron un patrón de discriminación espacial significativo (MANOVA, Wilks, $p < 0{,}001$) y un porcentaje relativamente alto de éxito (52%) en la reclasificación de las muestras recolectadas en los sectores del humedal (Fig. 4.1.49).

Tabla 4.1.27. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio particulado entre los factores principales Mes (abril, mayo, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parametro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Pb	Mes (M)	2	54,12	34,72	0,55	0,580	
	Sector (S)	3	245,44	81,81	1,29	0,284	
	M x S	6	927,38	154,56	2,44	**0,033**	
	Error	72	4560,76	63,34			
	Total	83	5787,69				
Cd	Mes (M)	2	0,2318	0,1493	1	0,375	
(*)	Sector (S)	3	1,102	0,3673	2,45	0,071	
	M x S	6	3,2169	0,5362	3,57	**0,004**	
	Error	72	10,8021	0,15			
	Total	83	15,3528				
As	Mes (M)	2	2776,8	1338,37	23,82	**<0,001**	abr <may = jul
(*)	Sector (S)	3	871,45	290,48	5,17	**0,003**	F = EE = L > T
	M x S	6	662,28	110,38	1,96	0,082	
	Error	72	4044,87	56,18			
	Total	83	8355,4				
Hg	Mes (M)	2	0,068845	0,030817	92,94	**<0,001**	abr <may <jul
(*)	Sector (S)	3	0,015687	0,005229	15,77	**<0,001**	T > L > EE = F
	M x S	6	0,027604	0,004601	13,88	**<0,001**	
	Error	72	0,023873	0,000332			
	Total	83	0,136008				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple supuestos de ANDEVA. Kruskall-Wallis para Cd: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,200; As: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,017; Hg: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,091

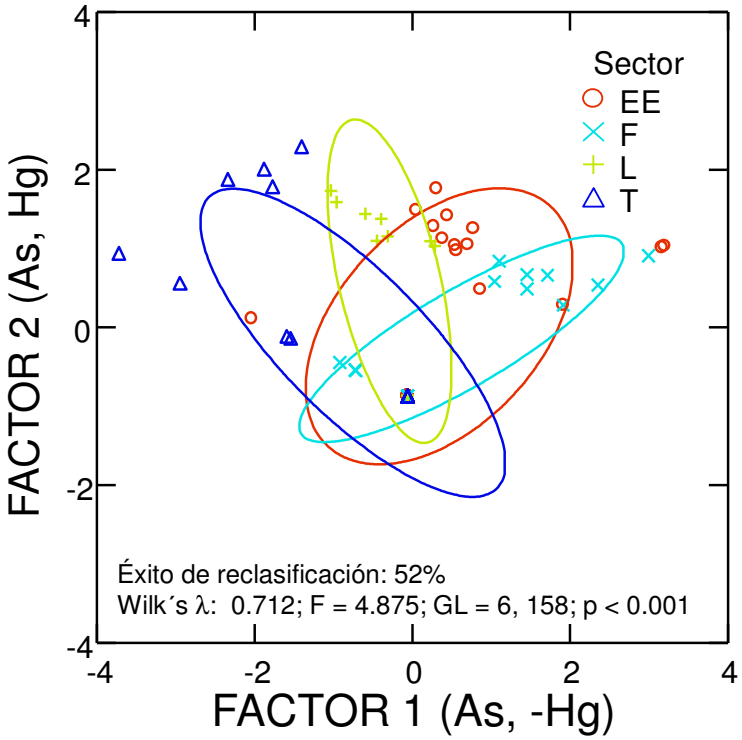


Figura 4.1.49. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) y temporal (Campañas) generadas usando los datos de Arsénico y Mercurio particulado que presentaron variaciones significativas usando ANDEVA. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Ácidos grasos y Ácidos resínicos

La Tabla 4.1.28 y Figura 4.1.50 muestran los resultados de los análisis de cidos grasos y resínicos en el agua del área de estudio durante los meses de abril, mayo y julio 2014.

Las concentraciones de Ácidos grasos mostraron las concentraciones más altas durante la campaña de abril, con cambios de alrededor de un orden de magnitud en comparación con las campañas de mayo y julio del 2014. Durante la campaña de abril 2014, las concentraciones más altas de Ácidos grasos se detectaron en las estaciones 13 (río Valdivia), 7 (río Cruces, sector Cruces - Cau Cau), 2 (río Cruces, sector Rucaco) y 14 (río Angachilla).

No se detectaron Ácidos resínicos en ninguna de las estaciones muestreadas durante abril, mayo y julio de 2014 (Tabla 4.1.28).

Tabla 4.1.28. Concentración de Ácidos grasos y Ácidos resínicos en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. ND= No detectado.

estaciones	**Ácidos grasos (µg / L)**			**Ácidos resínicos (µg / L)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	7,4 (0,17)	0,8 (0,07)	0,3 (0,01)	ND	ND	ND
2 (sector Rucaco)	29,8 (1,83)	1,8 (0,47)	0,3 (0,06)	ND	ND	ND
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	17,0 (1,5)	1,4 (0,49)	0,3 (0,10)	ND	ND	ND
4 (sector Santa Clara)	15,7 (2,62)	0,9 (0,02)	0,3 (0,03)	ND	ND	ND
5 (sector Tres Bocas)	27,3 (1,04)	2,0 (1,40)	0,4 (0,05)	ND	ND	ND
6 (sector Punucapa)	23,9 (2,86)	0,8 (0,08)	0,6 (0,15)	ND	ND	ND
7 (sector Cruces-Cau Cau)	30,6 (1,46)	1,1 (0,27)	0,2 (0,02)	ND	ND	ND
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	4,0 (0,87)	1,2 (0,20)	0,2 (0,04)	ND	ND	ND
9 (desembocadura río Pichoy)	6,4 (0,33)	1,7 (1,02)	0,3 (0,06)	ND	ND	ND
10 (río Cayumapu interior)	15,3 (2,18)	0,7 (0,02)	0,2 (0,04)	ND	ND	ND
11 (desembocadura río Cayumapu)	11,5 (1,22)	0,9 (0,40)	0,2 (0,02)	ND	ND	ND
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	9,3 (2,96)	0,8 (0,05)	0,5 (0,11)	ND	ND	ND
13 (río Valdivia)	33,6 (12,57)	0,8 (0,04)	0,3 (0,07)	ND	ND	ND
14 (río Angachilla)	29,5 (2,03)	0,9 (0,19)	0,3 (0,02)	ND	ND	ND

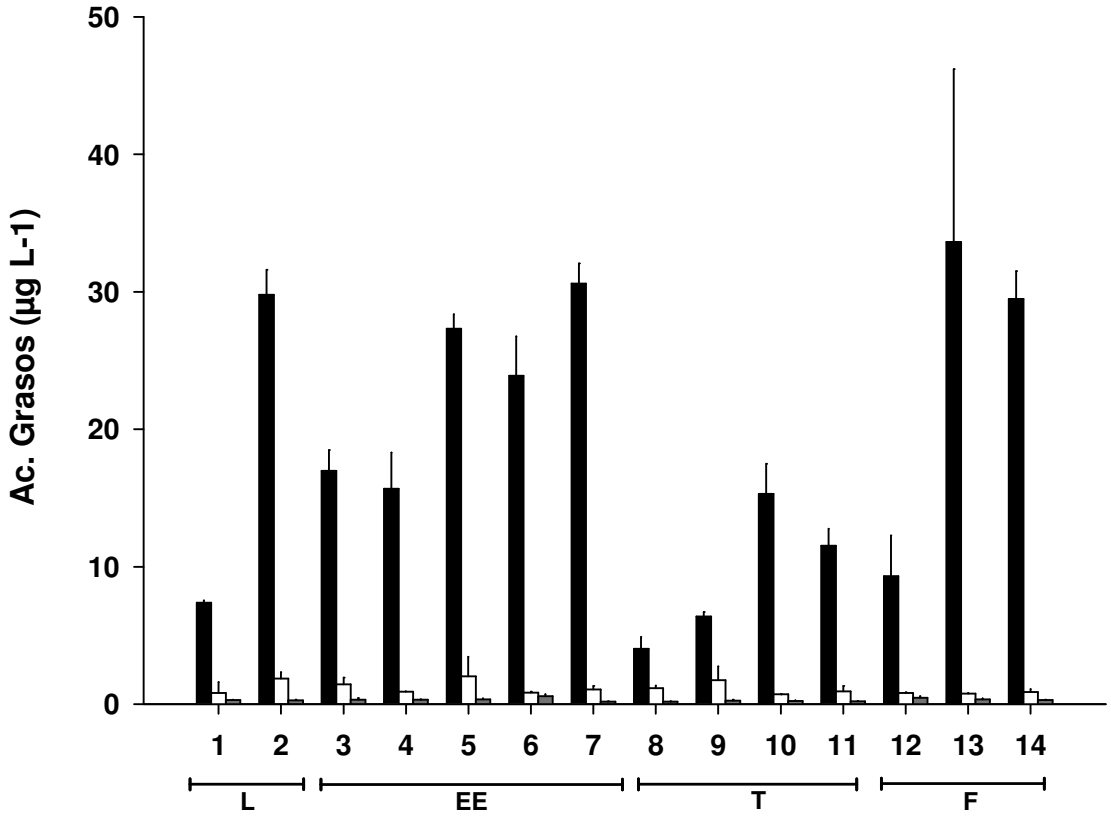


Figura 4.1.50. Concentración de Ácidos grasos en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Compuestos Órgano-Halogenados Absorbibles (AOX)

Antecedentes

La expresión AOX es una abreviatura que se utiliza para describir y cuantificar a un grupo de compuestos órgano-halogenados; es decir, diferentes compuestos orgánicos en los cuales hay sustituciones de átomos de hidrógeno por átomos de halógenos (*i.e.,* Cl, Br, F y I). Estos compuestos corresponden a sustancias utilizadas ampliamente en procesos industriales, como producción de cloruro de vinilo, productos fitosanitarios tales como

pesticidas (*e.g.,* DDT, Aldrin, Paration), disolventes orgánicos como el tricloroetileno y tricloroetano, compuestos utilizados en los sistemas de refrigeración como clorofluorcarbonos (CFC) y bifenilos policlorados (PCB). Dentro de los AOX también se incluyen compuestos que resultan del contacto con Cloro o sus derivados (Cl_2, NaClO, ClO_2, $NaClO_2$, etc.) con materia orgánica y productos derivados del proceso de potabilización del agua con hipoclorito de sodio lo que origina compuestos órgano halogenados como el trihalometano (CHX) donde X representa al Cl, Br o F. Finalmente, se incluyen dentro de los AOX compuestos derivados de la reacción de los halógenos con materia orgánica a altas temperaturas, originándose de este modo, compuestos como Dioxinas, Furanos y PCB del tipo Dioxinas.

Se debe agregar que AOX es un parámetro, que resulta de un procedimiento químico y que representa la sumatoria de todos los compuestos orgánicos halogenados presentes en una muestra. Durante los años 70, se desarrolló una técnica para determinar la cantidad de compuestos orgánicos en carbono activado (Odentahl *et al*., 1973) la que, aunque compleja, resulta rápida y capaz de identificar todos los compuestos halogenados presentes en una muestra, a la forma de AOX (Órgano Halógenos Adsorbidos). Este parámetro representa toda la familia de los órganos halógenos que se adsorben en carbono activado; es decir, el parámetro AOX no corresponde a un compuesto único, sino a una familia de compuestos cuyo origen en la naturaleza es muy diverso.

Los AOX tienen múltiples fuentes tanto industriales como naturales y que incluyen ambientes marinos y terrestres (Kaczmarczyka & Niemirycza, 2005). Por ejemplo, las algas rojas, esponjas y bacterias en el ambiente marino producen compuestos orgánicos halogenados. En ambientes terrestres, se ha detectado producción de estos compuestos por líquenes y hongos y que son responsables de producción de halometabolitos (Asplund & Grimvall, 1991). Se ha sugerido que la halogenación enzimática de la materia orgánica (biohalogenación), podría ser el mecanismo que produce compuestos halogenados orgánicos en el ambiente (Pee, 1996).

Resultados

La Tabla 4.1.29 y Figura 4.1.51 muestran las concentraciones de compuestos órgano-halogenados absorbibles (AOX) en el agua del área de estudio, durante los meses de abril, mayo y julio de 2014. En general, estos compuestos presentaron concentraciones más altas durante la campaña de abril, para luego disminuir en mayo; durante julio, las concentraciones de AOX fueron en general más bajas que durante abril aún cuando se detectaron concentraciones similares a las del muestreo de ese mes en estaciones de los ríos tributarios Pichoy y Cayumapu (Tabla 4.1.29).

Durante abril las concentraciones más altas se detectaron en estaciones del eje central del río Cruces (2, 5, 6; sectores Rucaco, Tres Bocas y Punucapa, respectivamente) y en el río Angachilla (estación 14). Durante mayo y julio, las estaciones con mayores concentraciones de AOX fueron la 12 (río Valdivia) y 14 (río Angachilla), respectivamente, ambas ubicadas fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Tabla 4.1.29).

Tabla 4.1.29. Concentración de los compuestos órgano-halogenados absorbibles (AOX) en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	**AOX (µg / L)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**Julio**
1 (sector Ciruelos)	6,5 (0,2)	9,7 (3,0)	9,5 (2,2)
2 (sector Rucaco)	50,9 (0,9)	14,8 (2,2)	5,4 (0,7)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)			
3 (sector Fuerte San Luis)	29,7 (1,9)	12,4 (1,8)	6,9 (1,4)
4 (sector Santa Clara)	25,2 (1,2)	13,5 (2,9)	8,7 (1,0)
5 (sector Tres Bocas)	44,9 (0,8)	15,1 (2,4)	11,5 (1,2)
6 (sector Punucapa)	42,1 (2,9)	7,6 (2,3)	11,5 (0,1)
7 (sector Cruces-Cau Cau)	36,4 (1,1)	6,4 (1,5)	8,7 (0,9)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)			
8 (río Pichoy interior)	5,6 (0,7)	4,7 (0,2)	17,2 (1,4)
9 (desembocadura río Pichoy)	11,4 (0,3)	9,4 (1,7)	16,9 (3,0)
10 (río Cayumapu interior)	25,5 (1,5)	13,3 (4,0)	14,7 (3,3)
11 (desembocadura río Cayumapu)	20,0 (0,8)	13,8 (1,1)	16,5 (01,1
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios			
12 (río Calle Calle)	5,2 (1,0)	42,6 (1,4)	6,8 (0,4)
13 (río Valdivia)	23,1 (8,6)	7,1 (0,9)	8,7 (2,5)
14 (río Angachilla)	48,8 (3,3)	12,8 (1,9)	18,4 (3,1)

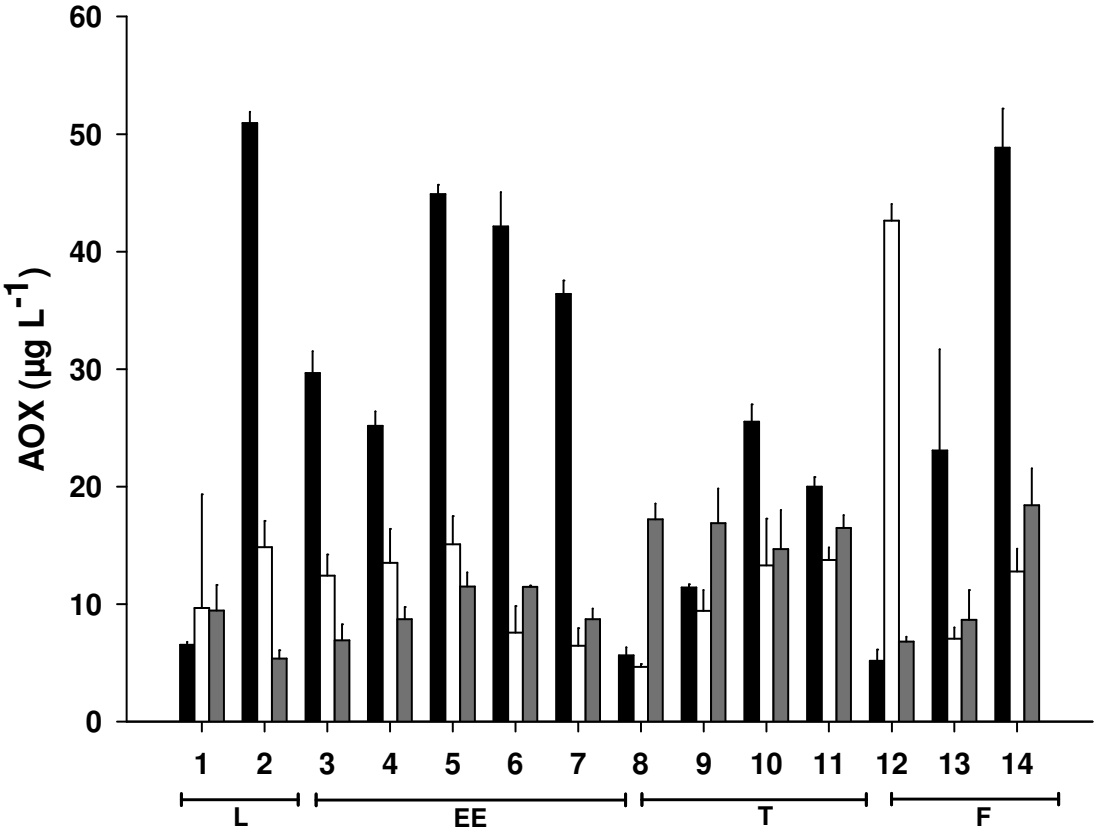


Figura 4.1.51. Concentración de AOX en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

La variabilidad espacial y temporal de la concentración de Ácidos grasos y compuestos orgánicos halogenados (AOX) estuvo caracterizada por concentraciones significativamente más altas durante el muestreo de abril, con respecto a mayo y julio del 2014, mientras que en términos espaciales sólo se registró variabilidad significativa en la concentracion de Ácidos grasos entre sectores, con concentraciones más altas en el eje central del río Cruces (Tabla 4.1.30). Ambas variables presentaron problemas en relación a los supuestos de ANDEVA, y con diferencias en las conclusiones estadísticas respecto a la aplicación de la Prueba de Kruskall-Wallis (Tabla 4.1.30). Sin embargo, la significancia de la interacción en ambos casos indica que estas conclusiones deben ser tomadas con cautela.

Por otra parte, el Análisis de Función Discriminante (DFA) realizado sobre la concentración de Ácidos grasos y AOX, logró identificar un patrón de discriminación significativo entre Campañas de terreno (MANOVA, Wilks, $p < 0,001$), con una clara separación entre abril (mayor concentración) respecto a mayo y julio (Fig. 4.1.52). Esta separación se refleja también en el alto porcentaje de reclasificación de las muestras, con un 98% de éxito al reclasificar las muestras a través de los meses de campañas. Sin embargo, al intentar discriminar entre sectores, la variabilidad espacial en la concentración de estos compuestos no fue significativa (MANOVA, Wilks, $p = 0,750$) con un bajo porcentaje de éxito en la reclasificación (40%) (Fig. 4.1.52).

Tabla 4.1.30. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Acidos grasos y AOX entre los factores principales Mes (abril, mayo, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones a posteriori deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Ac. Grasos	Mes (M)	2	6015,84	2699,48	103,58	**<0,001**	abr >may = jul
(*)	Sector (S)	3	356,96	118,99	4,57	**0,006**	T < EE > F = L
	M x S	6	703,19	117,2	4,50	**0,001**	
	Error	72	1876,43	26,06			
	Total	83	8952,41				
AOX	Mes (M)	2	3962,95	1683,6	17,18	**<0,001**	abr >may = jul
(**)	Sector (S)	3	391,64	130,55	1,33	0,271	
	M x S	6	2171,89	361,98	3,69	**0,003**	
	Error	72	7054,93	97,99			
	Total	83	13581,41				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple supuestos de ANDEVA: Kruskall-Wallis para Ac. Grasos: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,622

(**) Cumple Normalidad, No cumple Homocedasticidad: Kruskall-Wallis para AOX: Mes, p = 0,001; Sector, p = 0,699

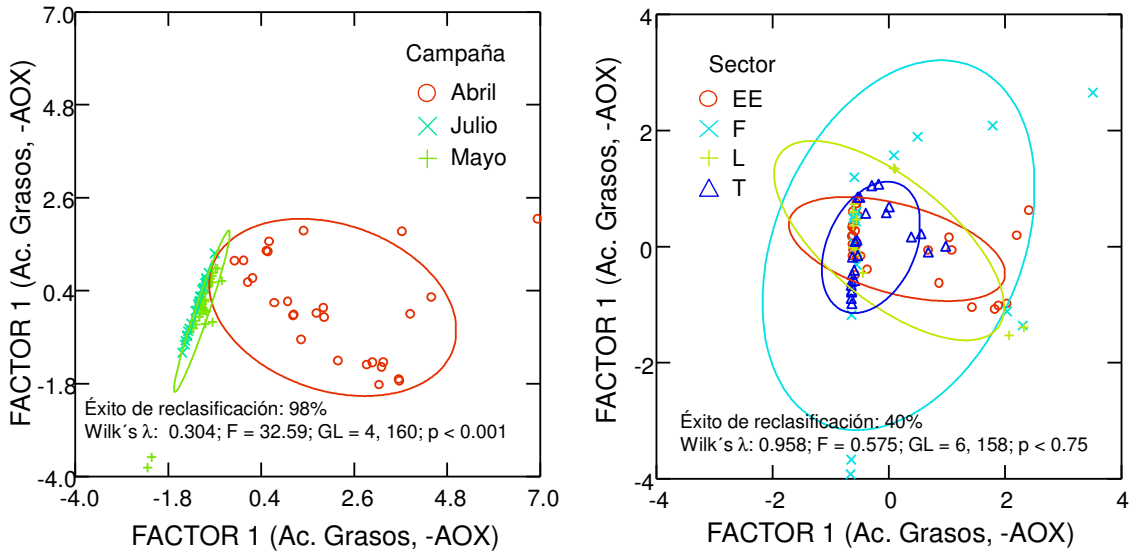


Figura 4.1.52. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) y temporal (Campañas) generadas usando los datos de de Acidos grasos y AOXque presentaron variaciones significativas usando ANDEVA. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Dioxinas y Furanos

Antecedentes

El término "Dioxina" se refiere a la dibenzo-*p*-Dioxinas cloradas (DDCs) y "Furano" a dibenzoFurano clorados (DFCs). En total se pueden formar 75 isómeros de Dioxinas y 135 de Furanos con diferentes grados de substituciones ("congéneres"). Esto determina que algunas veces se les denomina genéricamente como dibenzo Dioxinas / dibenzo Furanos policlorados (DD / DFPC). De estas moléculas son de especial preocupación aquellas que tienen substituciones en las posiciones 2, 3, 7 y 8 por su toxicidad (Morrison & Murphy, 2006). Esto genera siete congéneres de Dioxinas y diez de Furanos, que tienen cuatro (tetra) a ocho substituciones (octas) y que fueron incluidas en el listado del Convenio de Estocolmo, como compuestos orgánicos persistentes que deben ser monitoreados (Baird & Cann, 2008). Su estructura química consiste de dos anillos bencénicos conectados por dos (Dioxinas) o un (Furanos) átomo de oxígeno. Estas moléculas tienen ocho posiciones donde es posible que ocurra una substitución de un átomo de hidrogeno por un halógeno como cloro.

La presencia de DDCs y DFCs ha sido documentada en prácticamente cualquier medio, incluyendo agua, aire, suelos, carnes, leche, peces, vegetales y muestras biológicas humanas (Travis & Hattemer-Frey, 1991), siendo su amplia presencia en el ambiente el resultado de la dispersión atmosférica y depositación de partículas que provienen de distintas fuentes. Por este motivo, es importante tener presente que las Dioxinas y Furanos son compuestos órgano-clorados que están en forma conspicua en el aire, suelo, sedimentos y biota, que han sido producidos en forma involuntaria y que no tienen uso conocido. Estos compuestos son productos intermedios que se forman por actividades antropogénicas tales como incineración de desechos, quema de madera, manufactura de productos químicos, refinación de petróleo, combustión de combustibles residenciales y de automóviles, generación de energía eléctrica y producción de pulpa. También existen fuentes naturales que incluyen incendios forestales y volcanismo. Debido a su naturaleza hidrofóbica, la mayoría de los PCDD/F liberados al ambiente acuático finalmente se

asocian con la fracción orgánica de los sólidos suspendidos y/o sedimentos y los tejidos ricos en lípidos de los organismos acuáticos.

Dado que las muestras de Dioxinas y Furanos que se analizan es una mezcla de los 17 congéneres que tienen substituciones en las posiciones 2, 3, 7 y 8 - cuya toxicidad es variable desde la mayor toxicidad para la tetra cloro dibenzo Dioxina (TCDD o 2378) y la menor para la octa cloro dibenzo Dioxina (OCDD) - las concentraciones de una muestra en particular se expresan en términos de los Equivalentes Tóxicos. Estos se estiman mediante la multiplicación de la concentración por un factor de toxicidad que se informa en NATO/CCMS (1988) y que ha sido establecido como el referente internacional (I-TEF) que en el año 1989 fue adoptado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EEUU. En el año 1998 estos factores fueron revisados a sugerencia de la Organización Mundial de la salud (OMS), siendo designados a partir de ese año como Factores de Equivalencia Tóxica (FET)-OMS. Estos factores representan el grado de toxicidad de un congénere en particular y referido a la toxicidad del congénere más toxico que es la tetra cloro dibenzo Dioxina (TCDD o 2378).

En Chile, el Gobierno a través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente en conjunto con la Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Concepción, en el marco del Inventario Nacional de Fuentes de Liberación de Dioxinas y Furanos, ha realizado a la fecha dos cuantificaciones de la producción de Dioxinas y Furanos (años 2002 y 2007) en forma de inventarios, cuyo objetivo fue preparar un inventario nacional de liberaciones de Dioxinas y Furanos, identificando las principales fuentes y la cuantificación de sus liberaciones. Para lo último se utilizó como referencia el "Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos", 2ª edición de diciembre de 2005. Este documento, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, entrega una metodología de trabajo que permite obtener resultados comparables a nivel internacional.

Como resultado de la actualización del inventario nacional de liberaciones de Dioxinas y Furanos, se ha determinado una emisión de 118,338 g EQT/año, la cual considera todas las categorías mencionadas en el referido Instrumental. Al comparar las liberaciones informadas en el inventario del año base 2002, (85,608 g EQT/ año) con las obtenidas en el inventario del año 2007, se aprecia un incremento del 38%, el cual se debe principalmente a la incorporación de nuevos factores de emisión asociados a la Categoría 9 “Disposición final / Rellenos sanitarios”. Las liberaciones de Dioxinas y Furanos se distribuyen a lo largo de todo el país, destacándose las regiones VIII (21,3%), IX (19,1%) y RM (17,2%).

Resultados

La Tabla 4.1.31 y Figuras 4.1.53 - 4.1.54 muestran los resultados de los análisis de Dioxinas y Furanos en el agua del área de estudio.

El contenido de estos compuestos se expresa como la suma de los congéneres individuales analizados, *i.e.,* 7 Dioxinas y 10 Furanos. Por otra parte, los Equivalentes Tóxicos totales son la suma de los 17 congéneres, multiplicados por el factor equivalente respectivo utilizando los factores de la OMS, 1998.

No se detectó la presencia de la TCDD en ninguna de las estaciones muestreadas ni en ninguna de las tres campañas realizadas (abril, mayo y julio 2014). El patrón de distribución de los 17 congéneres, está dominado por la Octa cloro dibenzo Dioxina (OCDD) durante abril y por las Hepta cloro Dioxinas y Furanos (HpCDD y HpCDF) en las campañas de mayo y julio, con concentraciones cercanas al límite de detección analítico (L.D. 0,0001 ng/L). En general, se aprecia un aumento de Dioxinas y Furanos (tanto en concentraciones como Equivalentes Tóxicos) durante la campaña de mayo, respecto de la de abril y julio, para todas las estaciones evaluadas.

Tabla 4.1.31. Concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en el agua del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. NM= estación no muestreada.

Estaciones	Dioxinas (ng/L)			Furanos (ng/L)			EQTs (ng/L)		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	0,0003 (0,0001)	0,0163 (0,0231)	0,0000 (0,0000)	0,0004 (0,0000)	0,0074 (0,0104)	0,0004 (0,0002)	0,00004 (0,0000)	0,00043 (0,0006)	0,00008 (0,00008)
2 (sector Rucaco)	0,0000 (0,0000)	0,0063 (0,0083)	0,0005 (0,0006)	0,0004 (0,0005)	0,0113 (0,015)	0,0002 (0,0002)	0,0000 (0,0000)	0,0004 (0,00014)	0,00001 (0,00001)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)									
3 (sector Fuerte San Luis)	0,0022 (0,0011)	0,0085 (0,012)	0,0001 (0,0001)	0,0003 (0,0004)	0,0123 (0,0173)	0,0003 (0,0004)	0,00003 (0,00003)	0,0000 (0,0000)	0,00003 (0,00003)
4 (sector Santa Clara)	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
5 (sector Tres Bocas)	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
6 (sector Punucapa)	0,0021 (0,0008)	0,0183 (0,0091)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0291 (0,0148)	0,0005 (0,0007)	0,0000 (0,0000)	0,00043 (0,00038)	0,00002 (0,00002)
7 (sector Cruces-Cau Cau)	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)									
8 (río Pichoy interior)	0,0008 (0,0011)	0,0006 (0,0004)	0,0001 (0,0001)	0,0003 (0,0004)	0,0002 (0,0003)	0,0003 (0,0000)	0,00003 (0,00004)	0,00002 (0,00003)	0,00003 (0,00001)
9 (desembocadura río Pichoy)	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
10 (río Cayumapu interior)	0,001 (0,0013)	0,0009 (0,0012)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0006 (0,0000)	0,0003 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,00008 (0,00003)	0,00003 (0,00001)
11 (desembocadura río Cayumapu)	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios									
12 (río Calle Calle)	0,0000 (0,0000)	0,0008 (0,0006)	0,0013 (0,0002)	0,0000 (0,0000)	0,0002 (0,0003)	0,0005 (0,0007)	0,0000 (0,0000)	0,0002 (0,00028)	0,00006 (0,00009)
13 (río Valdivia)	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
14 (río Angachilla)	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM

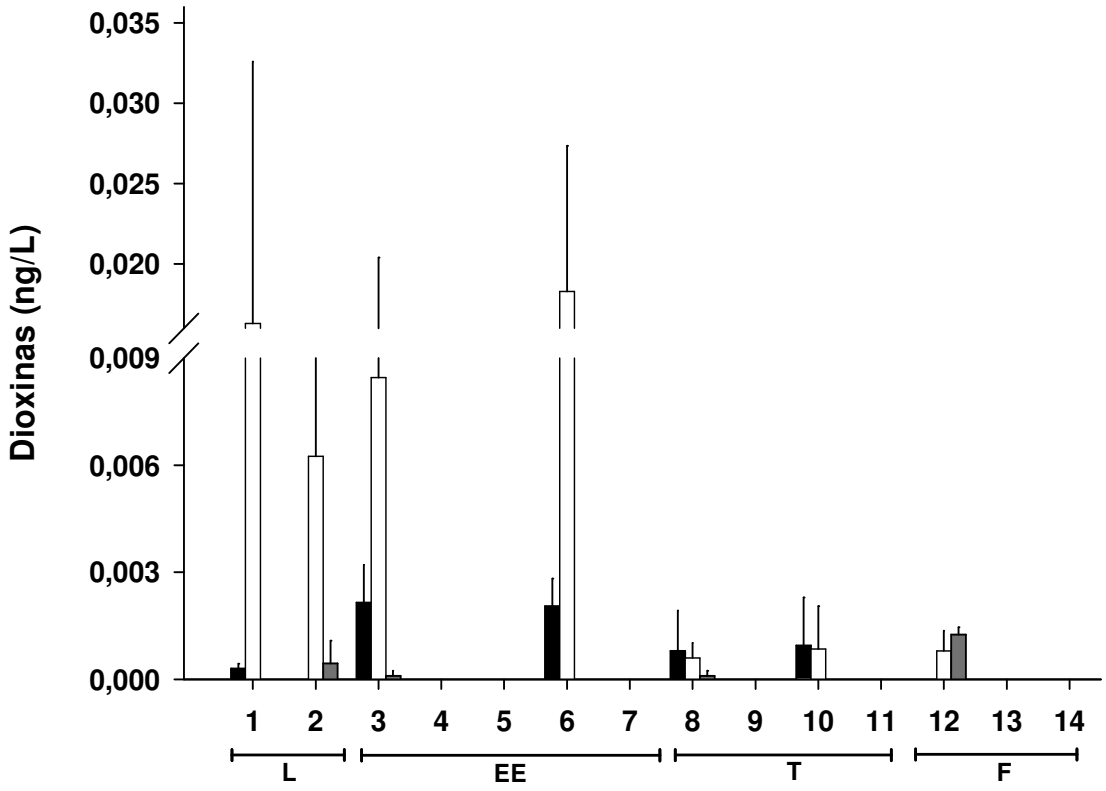


Figura 4.1.53. Concentración de Dioxinas en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

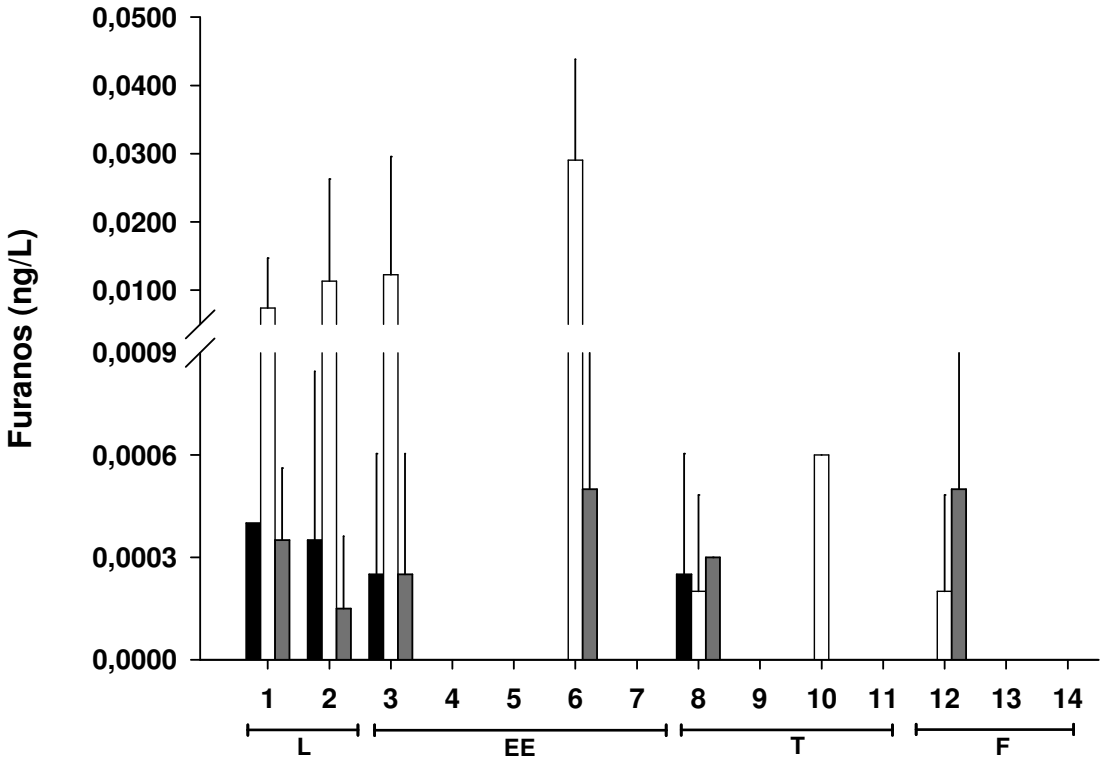


Figura 4.1.54. Concentración de Furanos en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

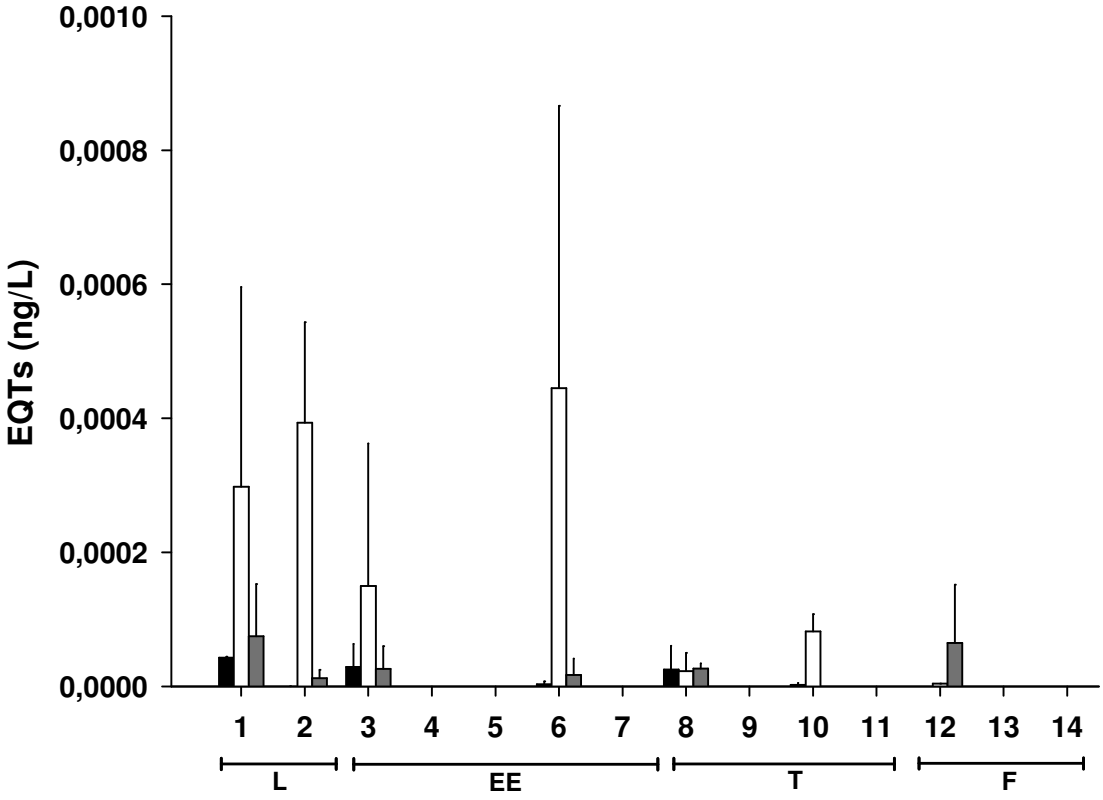


Figura 4.1.55. Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQTs) en el agua del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en blanco y gris corresponden a las campañas de mayo y julio, respectivamente. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

En general, la concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, presentes en el agua del área de estudio presentaron diferencias significativas principalmente entre campañas de terreno (Tabla 4.1.32). Esta variabilidad estuvo marcada por un aumento en estos compuestos durante el mes de mayo.

Tanto las Dioxinas como Furanos no cumplieron con los supuestos de ANDEVA. Sin embargo, aplicando ANDEVA y la prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis (KW) se logran las mismas conclusiones estadísticas (Tabla 4.1.32).

El Análisis de Función Discriminante (DFA) arrojó diferencias no significativas en la variabilidad de estos compuestos entre meses de campaña (Wilk´s, p = 0,062, Fig. 4.1.56), lo cual estaría explicado principalmente por la alta variabilidad entre sectores observada en el mes de mayo respecto a abril y julio. Asimismo, el DFA realizado usando la concentración de Furanos, Dioxinas y EQT no presentó diferencias entre sectores (Fig. 4.1.56). Lo cual se corresponde con lo registrado en el ANDEVA y prueba KW.

Tabla 4.1.32. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Dioxinas, Furanos y Concentracion de Equivalentes Tóxicos (EQT) entre los factores principales Mes (abril, mayo, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Dioxinas	Mes (M)	2	0,0004	0,0002	4,42	**0,021**	abr <may >jul
(*)	Sector (S)	3	0,0002	0,0001	1,64	0,200	
	M x S	6	0,0003	0,0001	1,51	0,209	
	Error	30	0,0010	0,0000			
	Total	41	0,0019				
Furanos	Mes (M)	2	0,0007	0,0002	6,07	**0,006**	abr <may >jul
(*)	Sector (S)	3	0,0003	0,0001	2,89	0,052	
	M x S	6	0,0007	0,0001	2,87	**0,025**	
	Error	30	0,0012	0,0000			
	Total	41	0,0028				
EQT	Mes (M)	2	1E-07	1E-07	3,66	**0,038**	abr <may = jul
	Sector (S)	3	1E-07	0E+00	1,43	0,254	
	M x S	6	2E-07	0E+00	1,31	0,284	
	Error	30	6E-07	0E+00			
	Total	41					

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple supuestos Normalidad ni Homocedasticidad. Kruskall-Wallis para Dioxinas: Mes, p = 0,017; Sector, p = 0,434; Furanos: Mes, p = 0,035; Sector, p = 0,533

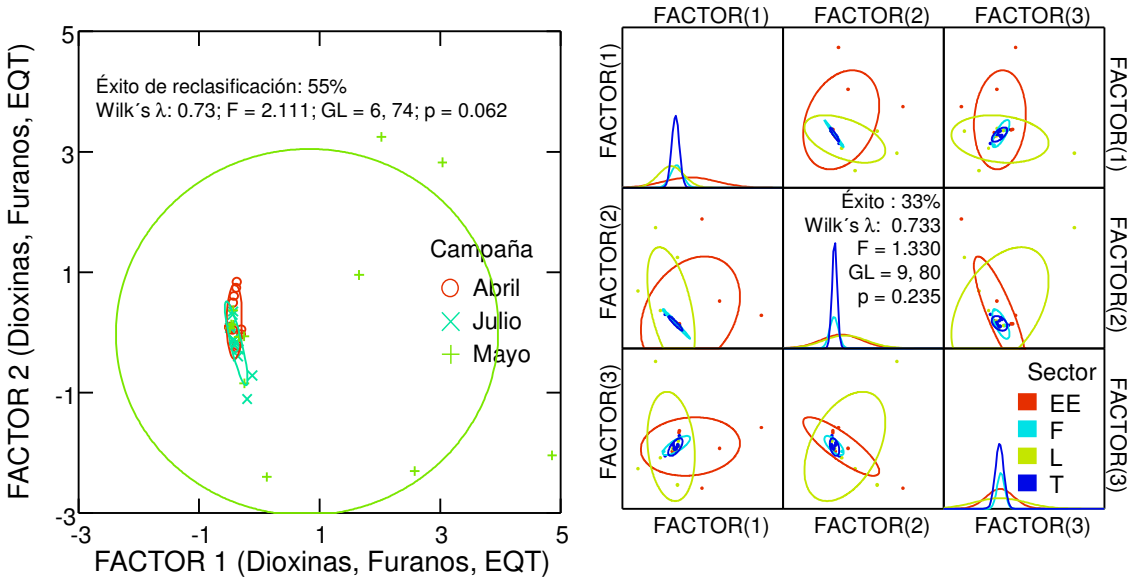


Figura 4.1.56. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) y temporal (Campañas) generadas usando los datos de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQT). Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

4.1.4.2. Calidad del sedimento

Textura y granulometría

Las Tablas 4.1.33 y 4.1.34 y las Figuras 4.1.57 y 4.1.58 muestran los valores porcentuales de los contenidos de grava, arena, fango, agregados biogénicos, materia orgánica total y tamaño medio de la partícula, durante abril y julio 2014.

En general y durante ambas campañas, la arena (partículas comprendidas entre 63 y 2000 micrones) fue la fracción dominante en los sedimentos de la mayoría de las estaciones. Durante la campaña de abril, los valores porcentuales más altos (> 80%) se registraron en el eje central del río Cruces (estaciones 4 (sector Santa Clara), 5 (sector Tres Bocas) y 7 (sector Cruces - Cau Cau)) y en ríos tributarios del humedal (estaciones 8 y 11 ubicadas en los ríos Pichoy y Cayumapu, respectivamente (Tabla 4.1.33 y Fig. 4.1.57). Durante julio, la fracción arena estuvo más representada (> 90%) en los sedimentos de las estación 1 (Rucaco), 7 (Cruces - Cau Cau), 8 y 9 (río Pichoy) (Tabla 4.1.33 y Fig. 4.1.57).

La variabilidad del tamaño de la partícula de arena, muestra en general dos tipos: arenas de tamaño medio (250-500 micrones) y otras cuyos tamaños permiten clasificarlas en arenas finas (125 - 250 micrones) (Folk, 1980). Durante ambas campañas, las arenas de mayor diámetro nominal se encontraron en los sedimentos de la estación 2 (Rucaco); durante abril, las arenas más finas se detectaron en los sedimentos de las estaciones 10 y 12 (río Cayumapu interior y río Calle Calle Calle, con 165 y 143 micrones de diámetro, respectivamente), a la vez que durante julio, las arenas de menor diámetro ocurrieron en sedimentos de las estaciones 10 y 13 (río Cayumapu interior y río Valdivia con 94,4 y 170,4 micrones, respectivamente) (Tabla 4.1.33 y Fig. 4.1.57).

Durante el muestreo de abril, la fracción fango o fracción más fina (partículas < 63 micrones) tuvo mayor representación porcentual (> 40%) en los fondos de la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), 9 (desembocadura río Pichoy), 10 (río Cayumapu interior) y

13 (río Valdivia) (Tabla 4.1.33 y Fig. 4.1.57). Durante julio, la fracción fango tuvo una representación porcentual más alta en los sedimentos de las estaciones 5 (río Cruces, sector Tres Bocas) y 10 (río Cayumapu interior) (Tabla 4.1.33 y Fig. 4.1.57).

En general, las partículas con tamaños correspondientes a grava (> 2000 micrones) tuvieron baja representación porcentual, con excepción de los fondos de las estaciones 2 (río Cruces, sector Rucaco), 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis) y 14 (río Angachilla) durante abril y 2 durante la campaña de julio (Tabla 4.1.34 y Fig. 4.1.58). En los sedimentos del sector Fuerte San Luis, esas partículas estuvieron representadas primariamente por restos de madera vegetal.

Durante abril, los agregados biogénicos estuvieron mayoritariamente representados en los sedimentos de las estaciones 10 (río Cayumapu interior) y 12 (río Calle Calle), a la vez que durante julio el valor porcentual más alto se detectó en los sedimentos de la estación 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis) (Tabla 4.1.34 y Fig. 4.1.58).

Durante ambas campañas, las concentraciones más altas de materia orgánica total se detectaron en sedimentos de las estaciones 10 (río Cayumapu interior) y 13 (río Valdivia); *i.e.,* porcentajes superiores a 12% (Tabla 4.1.34 y Fig. 4.1.58).

Tabla 4.1.33. Valores porcentuales promedio de arena (se indica el tamaño de las partículas correspondientes a esta fracción) y fango en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	**arena (%)**		**tamaño de la arena micrones**		**fango (%)**	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**Abril**	**julio**	**abril**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	65,1 (0,3)	97,9 (2,0)	314 (11,7)	307,1 (7,9)	18,0 (2,7)	1,0 (0,7)
2 (sector Rucaco)	47,0 (10,2)	46,1 (7,2)	536 (45,6)	497,4 (7,5)	6,3 (2,5)	13,8 (1,2)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuente San Luis)	12,6 (7,0)	63,1 (37,5)	177 (7,8)	220,2 (18,6)	3,0 (3,6)	17,7 (11,9)
4 (sector Santa Clara)	97,0 (0,2)	80,0 (1,7)	394 (10,6)	213,1 (3,1)	1,2 (0,1)	11,1 (3,4)
5 (sector Tres Bocas)	94,8 (0,2)	40,6 (6,2)	452 (44,2)	307,4 (26,4)	2,8 (0,1)	56,5 (5,5)
6 (sector Punucapa)	57,8 (10,5)	73,6 (12,4)	211 (31,9)	245,4 (1,1)	40,6 (10,9)	21,8 (10,0)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	82,9 (0,9)	91,5 (1,3)	295 (1,8)	307,8 (6,0)	12,7 (1,3)	7,6 (1,4)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	96,5 (1,1)	98,4 (0,1)	397 (7,0)	352,0 (6,4)	1,8 (0,2)	0,2 (0,1)
9 (desembocadura río Pichoy)	35,7 (0,3)	93,3 (1,3)	227 (31,9)	193,1 (3,2)	54,4 (3,4)	5,4 (1,2)
10 (río Cayumapu interior)	17,6 (4,8)	6,4 (3,8)	165 (35,4)	94,4 (19,3)	42,1 (6,0)	86,9 (8,2)
11 (desembocadura río Cayumapu)	82,8 (0,9)	73,4 (6,4)	233 (18,3)	190,9 (3,7)	12,8 (3,9)	24,5 (6,1)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	55,5 (2,7)	88,7(2,1)	143 (3,9)	193,5 (4,3)	28,3 (3,1)	10,2 (1,8)
13 (río Valdivia)	33,5 (4,0)	57,0 (10,2)	224 (7,8)	170,4 (0,2)	54,2 (2,9)	40,9 (11,4)
14 (río Angachilla)	50,6 (10,4)	90,7 (0,2)	377 (26,6)	213,7 (1,4)	7,1 (3,4)	4,5 (0,7)

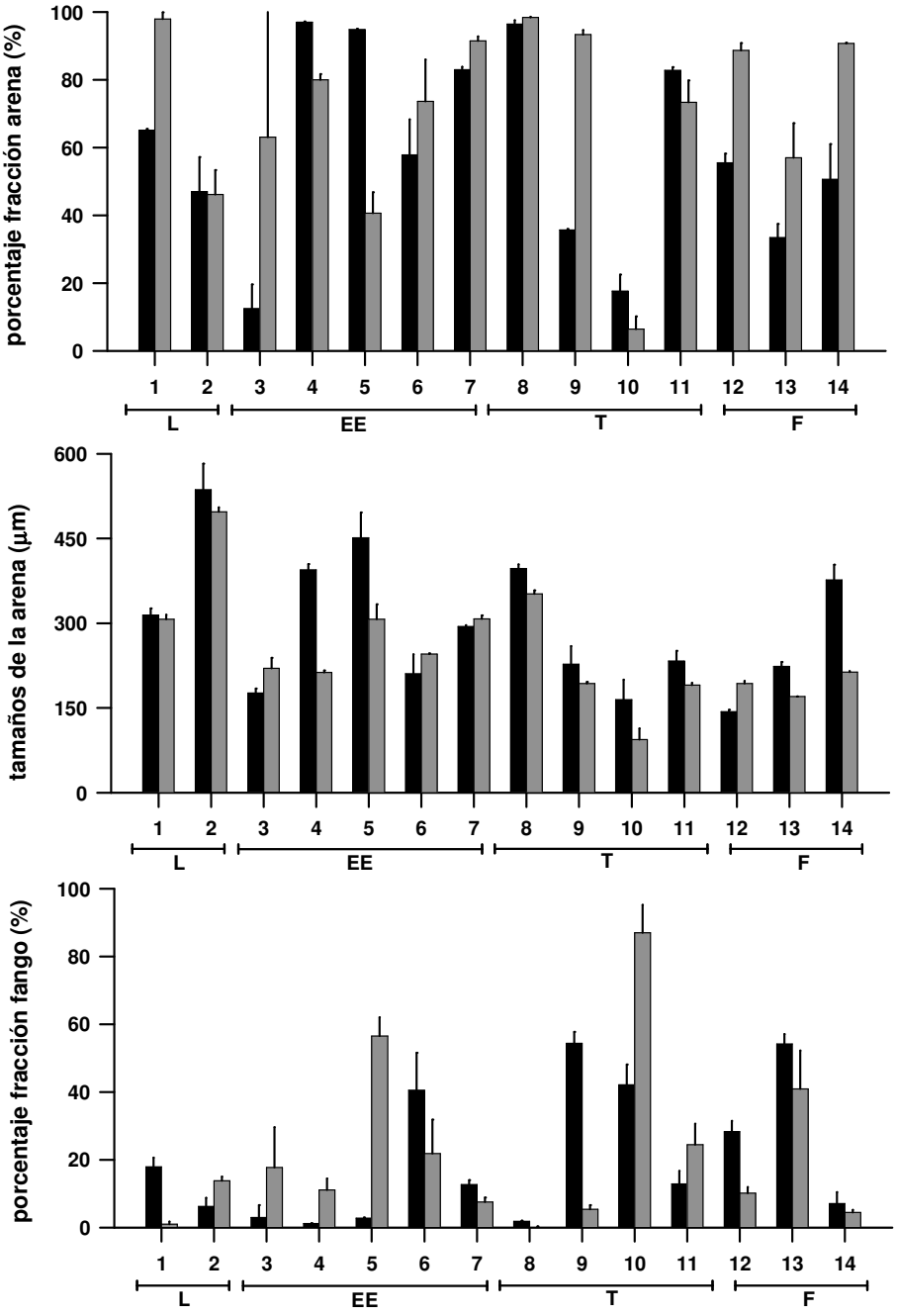


Figura 4.1.57. Valores porcentuales de la fracción arena, tamaño de la arena (µm) y fango en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Tabla 4.1.34. Valores porcentuales promedio de grava, agregados biogénicos y materia orgánica total en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	grava (%)		agregados biogénicos (%)		materia orgánica total (%)	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**Abril**	**julio**	**abril**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	9,3 (0,8)	0,0 (0,0)	7,6 (1,5)	1,1 (1,2)	6,7 (0,2)	2,8 (0,2)
2 (sector Rucaco)	46,2 (12,8)	39,2 (5,1)	0,5 (0,2)	0,9 (0,9)	4,0 (1,1)	10,5 (0,7)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuente San Luis)	83,2 (10,2)	0,0 (0,0)	1,3 (0,4)	19,2 (25,6)	4,9 (2,1)	9,7 (2,7)
4 (sector Santa Clara)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	1,9 (0,3)	9,0 (1,7)	2,6 (0,1)	6,8 (0,2)
5 (sector Tres Bocas)	0,9 (0,3)	0,0 (0,0)	1,5 (0,4)	2,9 (0,7)	3,7 (0,1)	12,0 (0,8)
6 (sector Punucapa)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	1,6 (0,4)	4,5 (2,4)	8,3 (1,2)	4,3 (1,5)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	1,5 (1,1)	0,0 (0,0)	2,8 (3,3)	1,0 (0,0)	8,1 (2,3)	3,7 (0,4)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	0,7 (0,1)	0,0 (0,0)	1,0 (0,8)	1,4 (0,3)	3,1 (0,0)	2,4 (0,8)
9 (desembocadura río Pichoy)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	9,9 (3,0)	1,2 (0,2)	9,4 (0,4)	4,3 (0,8)
10 (río Cayumapu interior)	4,0 (5,7)	0,0 (0,0)	36,2 (5,2)	6,6 (4,4)	21,1 (2,7)	18,5 (0,2)
11 (desembocadura río Cayumapu)	2,9 (3,8)	0,0 (0,0)	1,5 (0,8)	2,1 (0,3)	5,6 (0,7)	8,1 (1,0)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	0,2 (0,1)	0,0 (0,0)	15,9 (0,3)	1,1 (0,3)	11,7 (1,8)	7,4 (0,8)
13 (río Valdivia)	3,8 (5,4)	0,0 (0,0)	8,5 (1,5)	2,1 (1,1)	17,4 (2,7)	13,2 (2,3)
14 (río Angachilla)	41,3 (6,9)	0,0 (0,0)	1,0 (0,2)	4,8 (0,9)	7,8 (0,0)	3,4 (0,0)

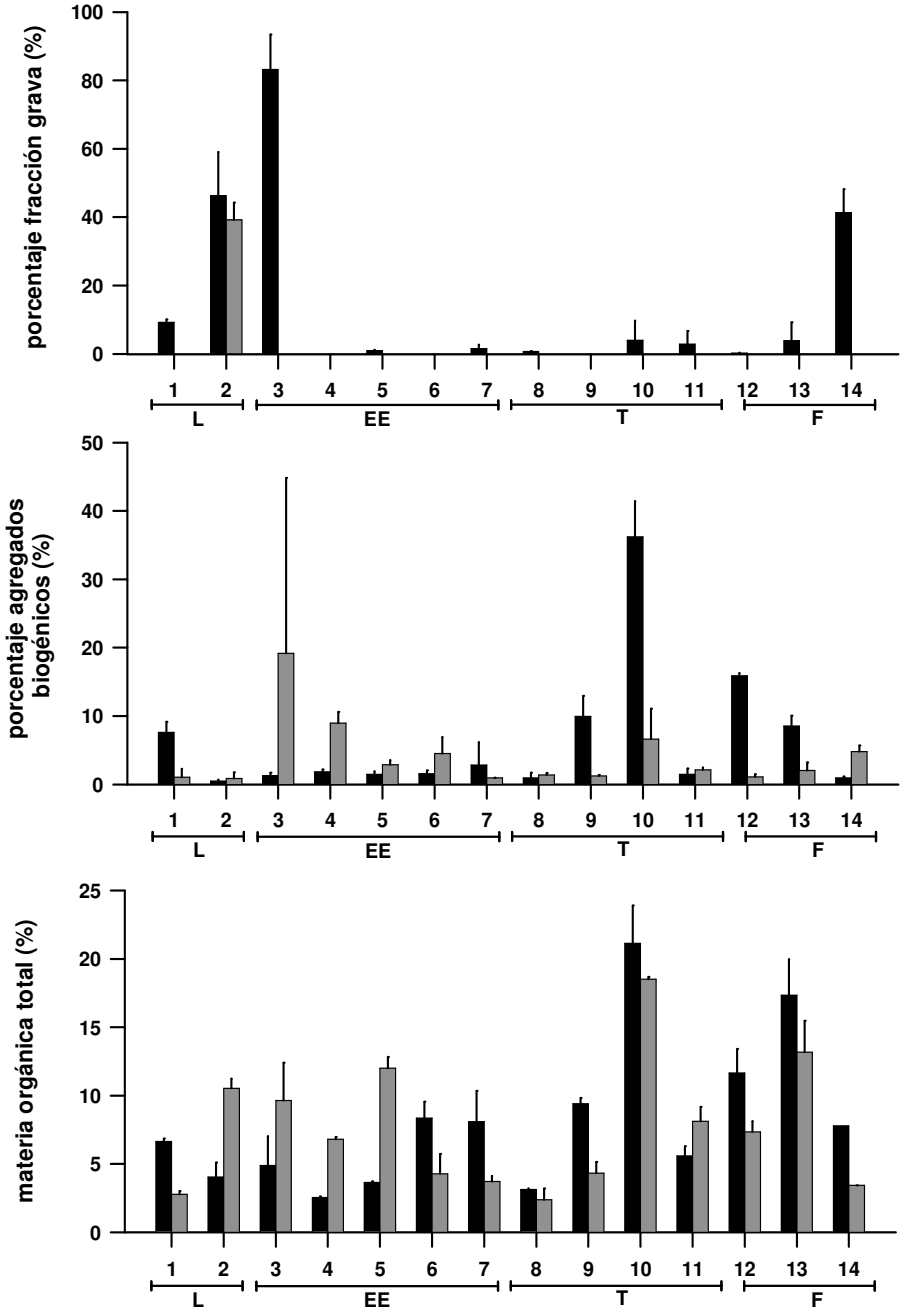


Figura 4.1.58. Valores porcentuales de la fracción grava, agregados biogénicos y materia orgánica total en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

La distribución de las fracciones texturales fue relativamente homogénea entre campañas mensuales y sectores del humedal (Tabla 4.1.35). Las excepciones fueron el porcentaje de grava, que presentó valores significativamente más altos en abril y en el sector límnico del río Cruces, y los agregados biogénicos que presentaron diferencias significativas en la interacción Mes x Sector. El tamaño de la arena difirió significativamente entre sectores, registrándose las partículas de mayor tamaño en el sector límnico (Tabla 4.1.35).

El Analisis de Función Discriminante realizado en base a los paramétros que evidenciaron diferencias significativas en el ANDEVA (Grava, Agregados biogénicos y Tamaño de la arena) fueron suficientes para detectar un patrón de discriminación entre sectores (MANOVA, Wilks, p = 0,002), aunque el éxito de reclasificación de las muestras fue relativamente bajo (39%) (Fig. 4.1.59).

Los agregados biogénicos y el tamaño de partículas de arena no cumplieron los supuestos de ANDEVA y la Prueba Kruskall-Wallis arrojó conclusiones estadísticas distintas a las descritas anteriormente. Sin embargo, debe considerarse la mayor potencia de la prueba ANDEVA.

Tabla 4.1.35. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en las fracciones de granulometría de los sedimentos entre los factores principales Mes (abril, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa. Datos proporcionales transformados usando raíz cuadrada.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Grava (%)	Mes (M)	1	46,044	46,044	9,68	**0,003**	abril > julio
	Sector (S)	3	70,618	23,539	4,95	**0,004**	L > T = EE = F
	M x S	3	6,822	2,274	0,48	0,699	
	Error	48	228,305	4,756			
	Total	55					
Arena (%)	Mes (M)	1	10,150	10,150	2,26	0,139	
	Sector (S)	3	3,615	1,205	0,27	0,848	
	M x S	3	6,699	2,233	0,5	0,685	
	Error	48	215,252	4,484			
	Total	55					
Fango (%)	Mes (M)	1	0,854	0,854	0,16	0,694	
	Sector (S)	3	19,533	6,511	1,19	0,323	
	M x S	3	20,375	6,792	1,24	0,304	
	Error	48	262,052	5,459			
	Total	55					
Agregados (%) (**)	Mes (M)	1	3,798	3,798	2,4	0,128	
	Sector (S)	3	4,845	1,615	1,02	0,393	
	M x S	3	14,088	4,696	2,96	**0,041**	
	Error	48	76,088	1,585			
	Total	55					
Tamaño Arena (**)	Mes (M)	1	23312	23312	2,74	0,104	
	Sector (S)	3	221305	73768	8,67	**<0,001**	L > T = EE = F
	M x S	3	1326	442	0,05	0,984	
	Error	48	408537	8511			
	Total	55					

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple supuestos de normalidad y homocedasticidad. Kruskall-Wallis para Grava: Mes, p < 0,001; Sector, p = 0,033

(**) Cumple sólo Normalidad. Kruskall-Wallis para Agregados: Mes, p = 0,793; Sector, p = 0,297; Tamaño arena: Mes, p = 0,174; Sector, p = 0,001

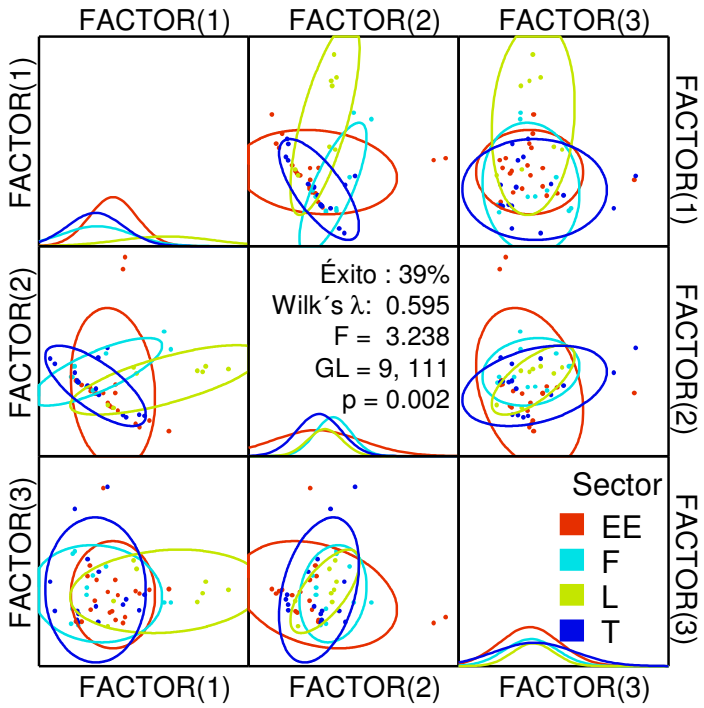


Figura 4.1.59. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) generadas usando los datos texturales de los sedimentos (porcentajes de Grava y Agregados biogénicos y Tamaño de la arena). Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

pH y potencial óxido reducción

La Tabla 4.1.36 y Figura 4.1.43 muestran la variabilidad espacial del pH y potencial óxido reducción (redox) en los sedimentos de las distintas estaciones de muestreo durante abril y julio 2014.

Los valores de pH medidos en el sedimento fueron muy similares en las estaciones y campañas de muestreo (6,1 - 7,0 y 6,3 - 7,2, durante abril y julio, respectivamente). Los valores de Potencial redox fueron mayoritariamente negativos; valores positivos (*i.e.,* condiciones de mayor oxigenación en el espacio intersticial del sedimento) se detectaron en la estación 1 (río Cruces, sector Rucaco) durante ambas campañas y en las estaciones 4, 5 (río Cruces, sectores Santa Clara y Tres Bocas) y 8 (río Pichoy interior) durante la campaña de abril. (Tabla 4.1.36 y Fig. 4.1.43).

Tabla 4.1.36. Variabilidad del pH y óxido reducción en los sedimentos del área de estudio. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

estaciones	pH		ORP (mV)	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**abril**	**Julio**
1 (sector Ciruelos)	6,5	6,7	120,1	95,6
2 (sector Rucaco)	6,6	6,9	-17,1	-25,8
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
3 (sector Fuente San Luis)	6,7	6,9	-119	-131,5
4 (sector Santa Clara)	6,2	6,9	52,8	-94,8
5 (sector Tres Bocas)	6,3	6,8	216,8	-79,3
6 (sector Punucapa)	6,7	7,2	-104,4	-84,4
7 (sector Cruces - Cau Cau)	6,5	6,9	-165,4	-128,4
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	6,1	6,1	123	234,0
9 (desembocadura río Pichoy)	6,7	6,5	-144,8	-66,8
10 (río Cayumapu interior)	6,2	6,4	-92,8	-27,5
11 (desembocadura río Cayumapu)	7,0	6,9	-128,3	-100,7
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	6,6	6,3	-155,1	-62,7
13 (río Valdivia)	6,6	6,8	-96,4	-108,3
14 (río Angachilla)	6,6	6,3	-65,7	-25,9

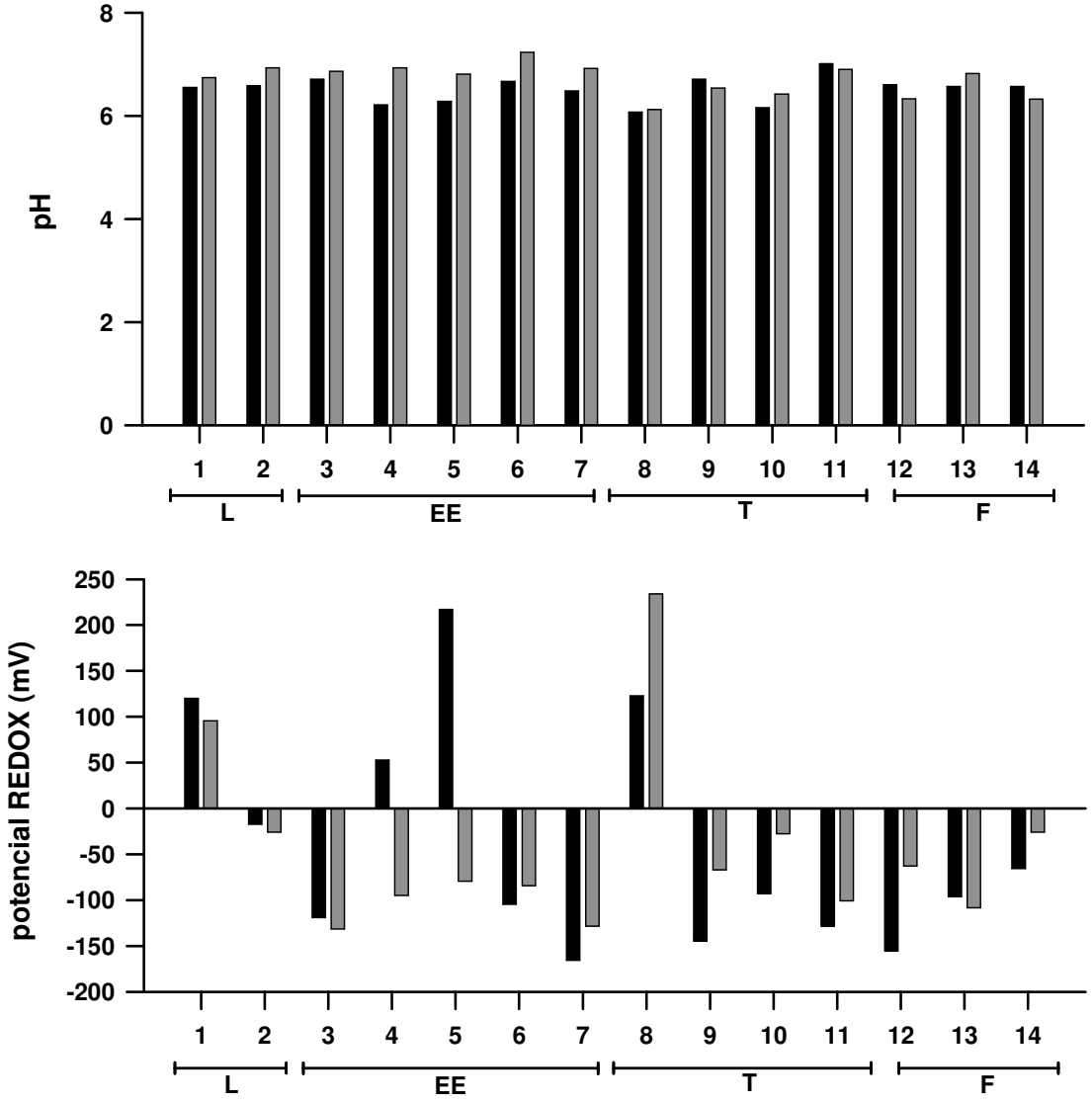


Figura 4.1.60. pH y valores de potencial óxido reducción (redox) en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

La variabilidad espacial y temporal del pH y potencial redox (ORP) no presentó diferencias significativas entre sectores ni campañas (Tabla 4.1.37). Esta homogeneidad espacial y temporal en estos parámetros, también es evidenciada por el Análisis Discriminante (MANOVA, Wilks, p = 0,070) con un éxito relativamente bajo en la reclasificación de las muestras (43%)(Fig. 4.1.61).

Tabla 4.1.37. Resumen de ANDEVA Factorial para evaluar diferencias en ph y OPR entre los factores principales Mes (abril y julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P
pH	Mes (M)	1	0,17359	0,17359	2,47	0,132
	Sector (S)	3	0,27891	0,09297	1,32	0,295
	M x S	3	0,40081	0,1336	1,9	0,162
	Error	20	140,768	0,07038		
	Total	27				
ORP (mv)	Mes (M)	1	78	78	0,01	0,937
	Sector (S)	3	47400	15800	1,3	0,301
	M x S	3	28525	9508	0,78	0,516
	Error	20	242265	12113		
	Total	27				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

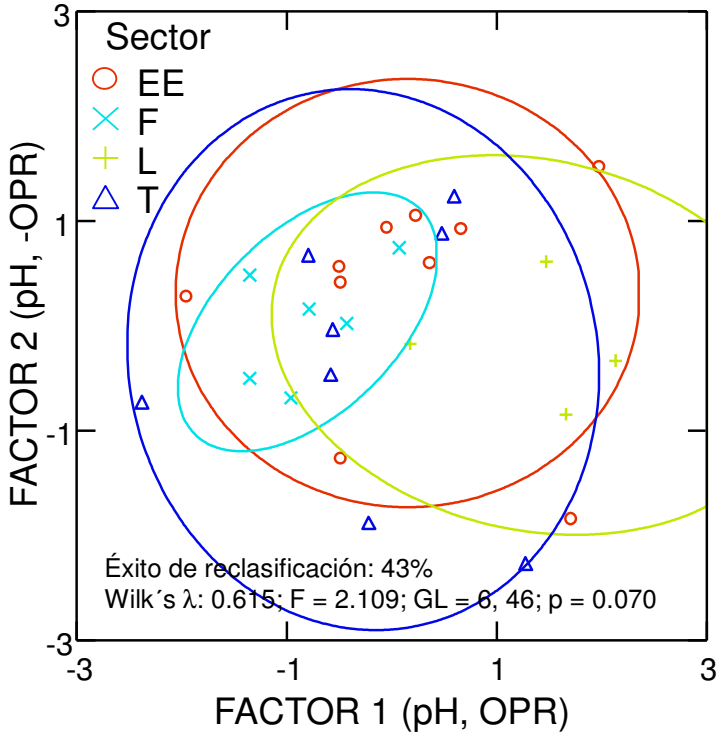


Figura 4.1.61. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) generadas usando los datos de pH y Potencial Redox. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Metales pesados

Las Tablas 4.1.38 - 4.1.40 y Figuras 4.1.62 a 4.1.69 muestran las concentraciones de Metales pesados absorbidos en los sedimentos durante el mes de abril y julio 2014. En general, las mayores concentraciones se presentaron en la primera campaña para todos los metales analizados; las mayores variaciones entre campañas se registraron en las estaciones 2 y 9.

Los Metales pesados con las concentraciones más altas fueron Aluminio (*ca.* 16.135 - 90.647 µg/g) y Hierro (*ca.* 14.782 - 78.181 µg/g), seguidos de Manganeso (*ca.* 183 - 1.917 µg/g) (Tabla 4.1.38), a la vez que el Mercurio fue el metal con la menor representación en el área de estudio (<0.1 – 13.78 µg/g) (Tabla 4.1.40).

Durante ambas campañas, el Plomo no se detectó en las estaciones 1 y 4 (río Cruces, sectores Ciruelos y Santa Clara respectivamente) (Tabla 4.1.39), a la vez que no se detectó Cadmio en ninguna de las estaciones y campañas de muestreo (Tabla 4.1.40).

Los valores más bajos de concentración de Metales pesados ocurrieron en la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) y los más altos en las estaciones 9 (desembocadura río Pichoy), 10 (río Cayumapu interior) y 2 (río Cruces, sector Rucaco).

Tabla 4.1.38. Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso en los sedimentos del área de estudio durante abril y julio 2014. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

Estaciones	**Hierro (µg / g)**		**Aluminio (µg / g)**		**Manganeso (µg / g)**	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**abril**	**julio**	**abril**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	14918 (192)	23611 (1806)	16466 (468)	20451 (310)	215 (13)	358 (3)
2 (sector Rucaco)	53572 (24)	34407 (30)	58252 (1442)	32807 (202)	1902 (21)	579 (5)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luís)	40592 (2036)	55551 (3595)	46824 (2087)	53373 (786)	1230 (92)	838 (25)
4 (sector Santa Clara)	19820 (33)	23244 (90)	23202 (247)	23973 (323)	453 (11)	443 (17)
5 (sector Tres Bocas)	29743 (158)	58126 (539)	25381 (579)	64278 (2727)	793 (37)	1443 (18)
6 (sector Punucapa)	45951 (162)	63019 (238)	63232 (700)	68053 (612)	744 (8)	1100 (4)
7 (sector Cruces – Cau Cau)	27343 (899)	34748 (113)	30791 (2081)	32455 (1457)	440 (1)	419 (3)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	20827 (541)	21885 (2361)	26404 (1591)	27413 (252)	519 (46)	554 (12)
9 (desembocadura río Pichoy)	77951 (327)	34924 (239)	76129 (2586)	29559 (1476)	1372 (67)	605 (3)
10 (río Cayumapu interior)	54906 (1636)	61560 (86)	70048 (1244)	88420 (3149)	1080 (37)	1091 (29)
11 (desembocadura río Cayumapu)	41122 (711)	46507 (147)	43673 (1164)	47603 (862)	963 (31)	914 (14)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	25641 (411)	32558 (492)	28110 (66)	37197 (448)	236 (2)	261 (6)
13 (río Valdivia)	30750 (208)	41660 (261)	48539 (2931)	44100 (2392)	264 (1)	597 (51)
14 (río Angachilla)	24867 (742)	27166 (934)	33943 (1539)	27246 (1265)	189 (8)	201 (12)

Tabla 4.1.39. Concentraciones de metales Cobre, Zinc y Plomo en los sedimentos del área de estudio durante abril y julio 2014. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. ND= No detectado.

Estaciones	Cobre (µg / g)		Zinc (µg / g)		Plomo (µg / g)	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**abril**	**Julio**	**abril**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	11,6 (0,1)	18,5 (1,6)	22,6 (0,4)	33,0 (1,8)	ND	ND
2 (sector Rucaco)	53 (1,7)	33,8 (1,3)	112,4 (8,1)	68,8 (0,8)	11,2 (0,3)	6,0 (0,2)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luís)	42,3 (1,1)	48,6 (0,6)	83,1 (0,3)	127,0 (0,1)	6,6 (0,3)	10,7 (0,6)
4 (sector Santa Clara)	11,5 (0,2)	14,8 (0,1)	34,8 (0,3)	34,2 (0,2)	ND	ND
5 (sector Tres Bocas)	15,4 (0,2)	50,3 (0,9)	56,2 (2,7)	78,7 (0,0)	3,2 (0,4)	10,3 (0,0)
6 (sector Punucapa)	43,1 (0,3)	60,5 (1,0)	56,3 (0,8)	64,5 (1,3)	8,8 (0,4)	12,1 (0,3)
7 (sector Cruces – Cau Cau)	16,5 (0,8)	19,1 (0,1)	48,5 (0,7)	50,7 (1,6)	4,9 (1,1)	5,8 (0,5)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	13,2 (0,6)	13,1 (1,0)	26,3 (1,5)	22,6 (2,3)	4,2 (0,3)	4,7 (0,3)
9 (desembocadura río Pichoy)	118,6 (0,4)	23,3 (0,8)	73,8 (0,3)	38,3 (0,3)	13,4 (0,4)	5,5 (0,4)
10 (río Cayumapu interior)	46,5 (0,3)	48,8 (0,1)	91,4 (0,8)	89,7 (0,2)	13,4 (0,2)	13,7 (0,2)
11 (desembocadura río Cayumapu)	37,3 (0,1)	39,6 (1,1)	57,6 (1,5)	56,0 (0,2)	8,7 (0,0)	7,5 (0,4)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	15,3 (0,5)	25,5 (0,3)	52,2 (1,2)	64,7 (1,5)	5,8 (0,4)	6,6 (0,4)
13 (río Valdivia)	32,1 (2,4)	38,9 (0,9)	74,0 (2,0)	81,6 (0,1)	8,7 (0,3)	10,2 (0,3)
14 (río Angachilla)	22 ,0 (2,1)	22,3 (1,1)	54,2 (2,1)	49,1 (2,1)	5,3 (0,2)	4,9 (0,3)

Tabla 4.1.40. Concentraciones de metales Cadmio, Arsénico y Mercurio en los sedimentos del área de estudio durante abril y julio 2014. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. ND= No detectado.

Estaciones	**Cadmio (µg / g)**		**Arsénico (µg / g)**		**Mercurio (µg / g)**	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**abril**	**Julio**	**abril**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	ND	ND	3,8 (0,02)	4,1 (0,22)	0,008 (0,001)	0,008 (0,000)
2 (sector Rucaco)	ND	ND	11,4 (0,06)	4,5 (0,30)	0,082 (0,008)	0,019 (0,002)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luís)	ND	ND	10,3 (0,30)	13,3 (0,58)	0,047 (0,001)	0,069 (0,000)
4 (sector Santa Clara)	ND	ND	4,4 (0,25)	4,8 (0,10)	0,008 (0,001)	0,087 (0,003)
5 (sector Tres Bocas)	ND	ND	7,1 (0,21)	12,4 (0,02)	0,009 (0,000)	0,054 (0,003)
6 (sector Punucapa)	ND	ND	10,9 (0,96)	15,2 (0,04)	0,042 (0,003)	0,040 (0,001)
7 (sector Cruces – Cau Cau)	ND	ND	7,1 (0,03)	8,4 (1,40)	0,016 (0,001)	0,016 (0,000)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	ND	ND	4,2 (0,21)	3,6 (0,19)	0,010 (0,001)	0,002 (0,000)
9 (desembocadura río Pichoy)	ND	ND	14,4 (0,25)	5,0 (0,02)	0,046 (0,000)	0,017 (0,001)
10 (río Cayumapu interior)	ND	ND	9,1 (0,28)	10,2 (0,28)	0,079 (0,001)	0,074 (0,000)
11 (desembocadura río Cayumapu)	ND	ND	8,1 (0,51)	8,2 (0,64)	0,031 (0,005)	0,038 (0,002)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	ND	ND	4,1 (0,06)	5,1 (0,10)	0,013 (0,002)	0,020 (0,001)
13 (río Valdivia)	ND	ND	8,7 (0,48)	9,8 (0,18)	0,039 (0,005)	0,044 (0,003)
14 (río Angachilla)	ND	ND	6,3 (0,35)	4,6 (0,00)	0,034 (0,001)	0,022 (0,000)

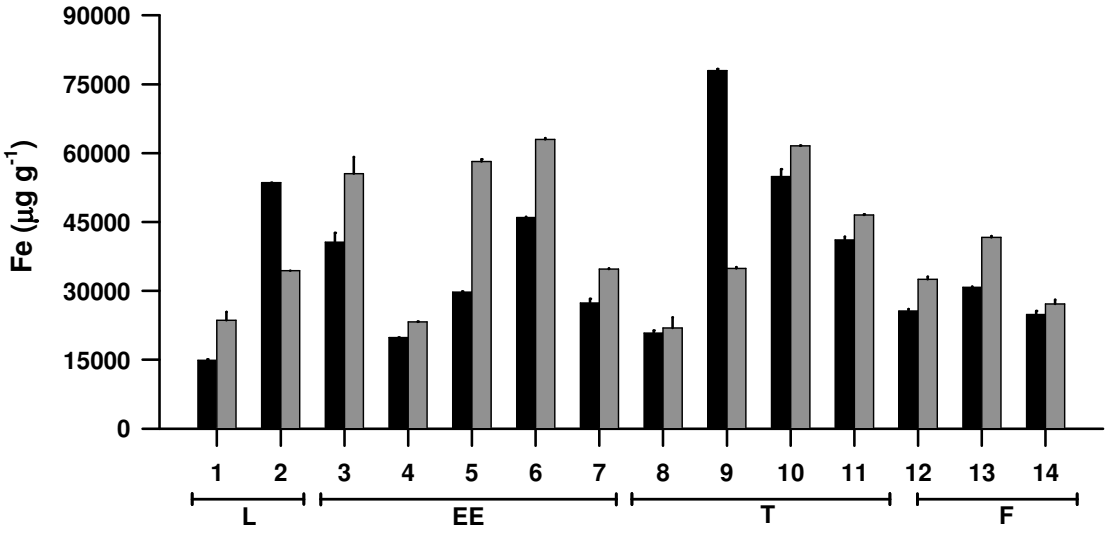


Figura 4.1.62. Concentración de Hierro en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

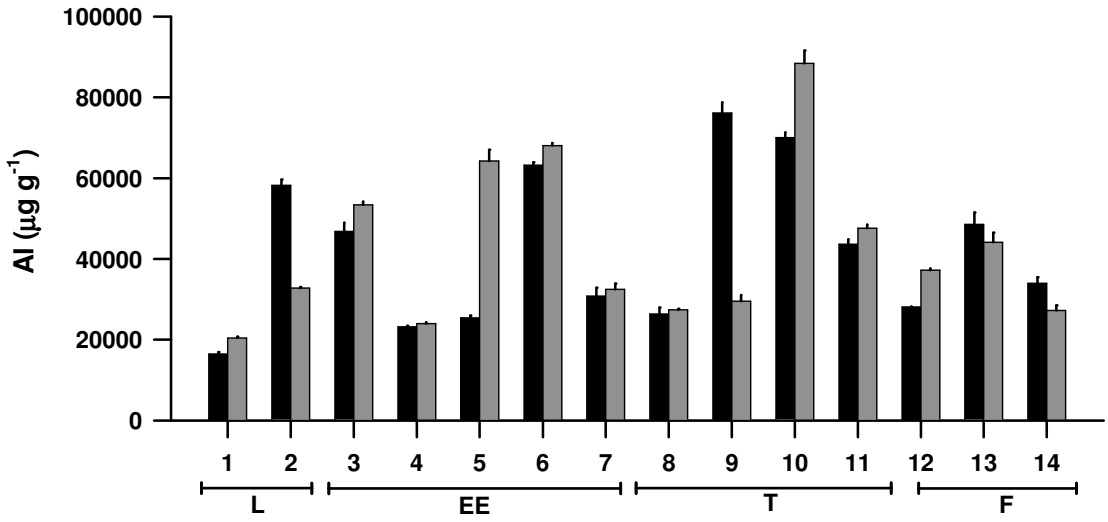


Figura 4.1.63. Concentración de Aluminio en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

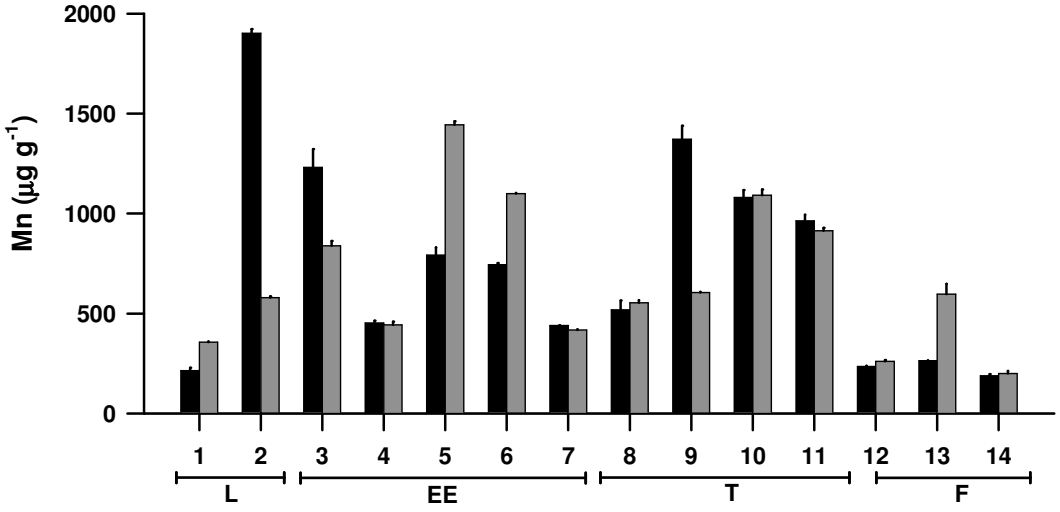


Figura 4.1.64. Concentración de Manganeso en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

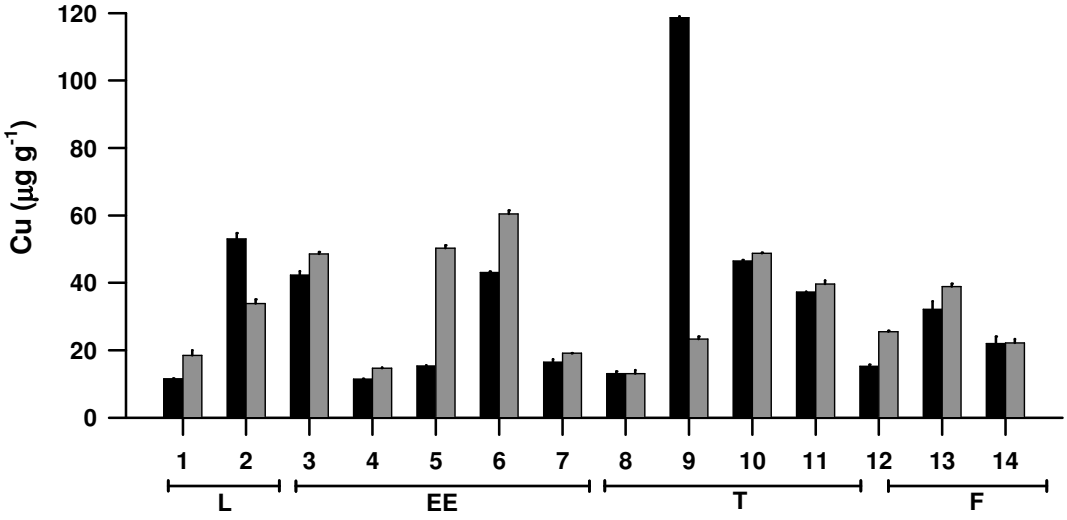


Figura 4.1.65. Concentración de Cobre en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

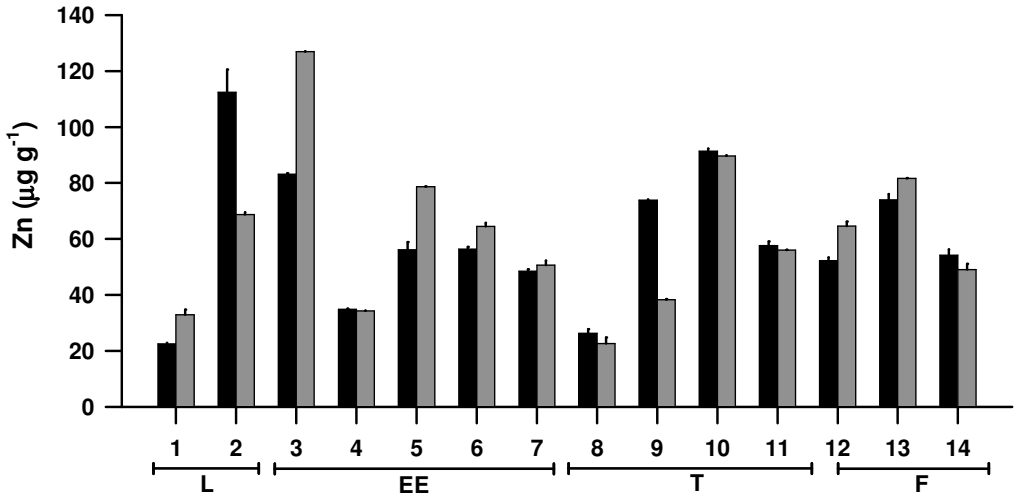


Figura 4.1.66. Concentración de Zinc en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

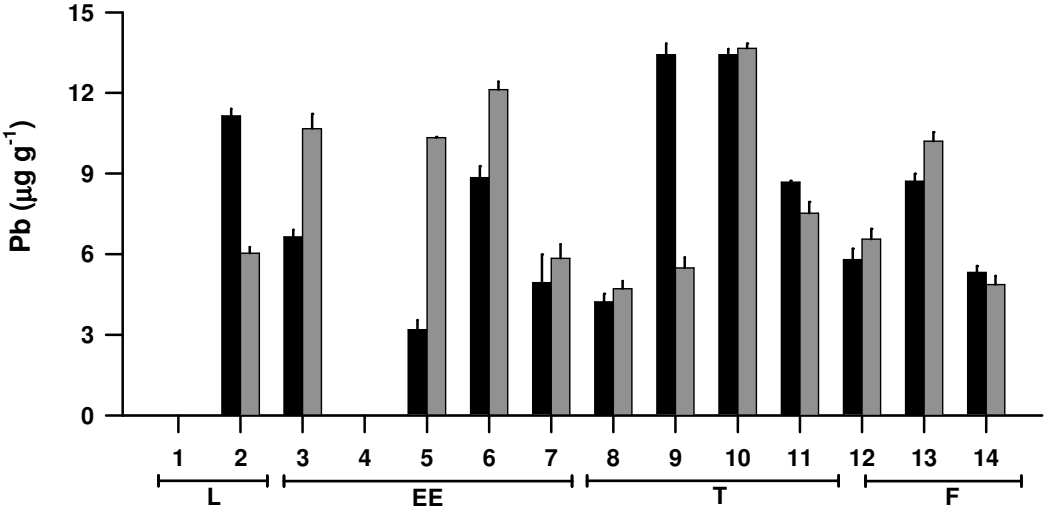


Figura 4.1.67. Concentración de Plomo en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

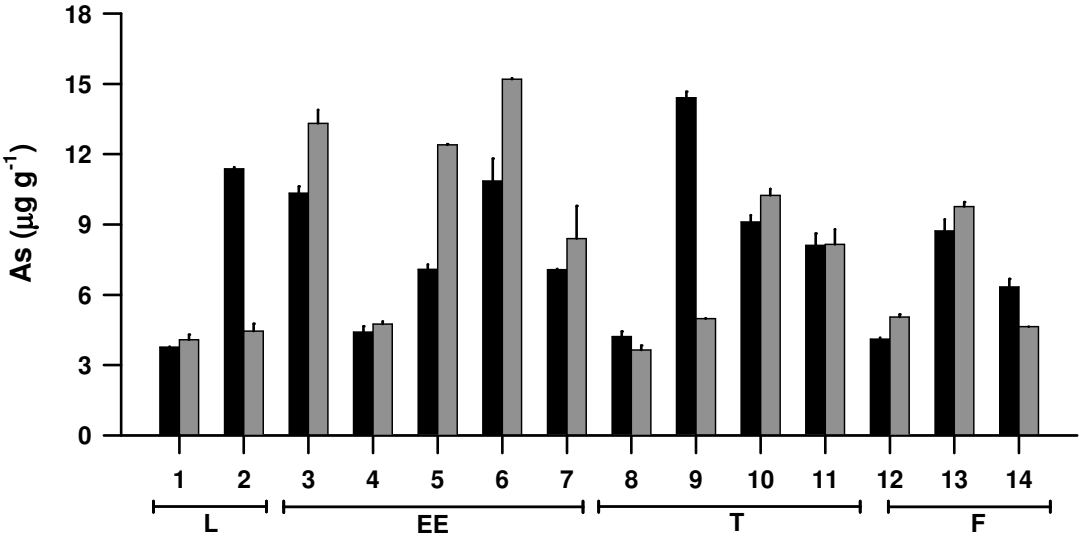


Figura 4.1.68. Concentración de Arsénico en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

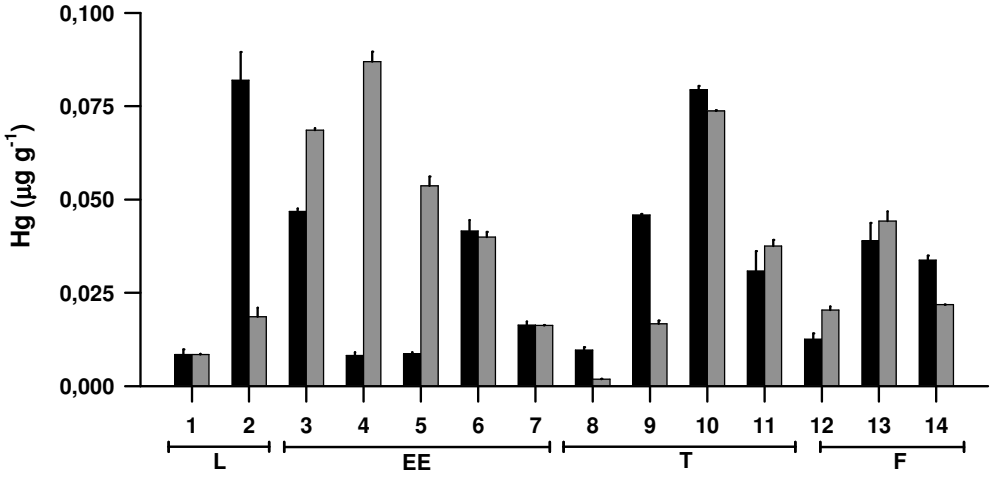


Figura 4.1.69. Concentración de Mercurio en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

La concentración de metales pesados presentes en los sedimentos del área de estudio mostró diferencias entre sectores del humedal para los elementos Hierro y Manganeso (Tabla 4.1.41), Plomo y Arsénico (Tabla 4.1.42). Para el resto de metales, no se registraron diferencias significativas. La variabilidad del Hierro y Manganeso se caracterizó por presentar concentraciones significativamente más bajas fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Tukey, $p < 0,05$, Tabla 4.1.41), mientras que en los otros sectores las concentraciones fueron similares. Las concentraciones de Plomo fueron significativamente más bajas en el sector límnico, mientras que el Arsénico presentó una concentración significativamente más alta en el eje estuarial (EE) del río Cruces (Tabla 4.1.42).

Debe considerase que los datos de concentraciones de Hierro, Manganeso, Zinc y Mercurio en sedimentos no cumplieron los supuestos de ANDEVA (Tablas 4.1.41 y 4.1.42), pero con la excepción de la comparación entre sectores para el Hierro, el resto de metales presentó similares conclusiones estadísticas ya sea aplicando ANDEVA o Kruskall-Wallis (Tablas 4.1.41 y 4.1.42).

Usando los datos de los elementos que presentaron variabilidad en el ANDEVA (Fe y Mn), se aplicó un DFA para discriminar entre sectores, evidenciándose un patrón de separación significativo (MANOVA, Wilks, $p < 0,001$) y un 66% de éxito en la reclasificación de las muestras (Fig. 4.1.70). Se aplicó un análisis similar usando Pb, As y Hg, evidenciándose una fuerte segregación (MANOVA, Wilks, $p < 0,001$) y un 76% de éxito en la reclasificación entre sectores al usar estos metales pesados (Fig. 4.1.70).

Tabla 4.1.41. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en el porcentaje de metales pesados (Fierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, y Zinc) presentes en los sedimentos entre los factores principales Mes (abril, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa. Datos transformados a Log_{10}.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Fe	Mes (M)	1	52885713	52885713	0,25	0,622	
(*)	Sector (S)	3	1850992596	616997532	2,88	**0,046**	F < L = EE = T
	M x S	3	1243268433	414422811	1,93	0,137	
	Error	48	1,0284E+10	214257569			
	Total	55					
Al	Mes (M)	1	34851081	34851081	0,1	0,748	
	Sector (S)	3	2518949761	839649920	2,51	0,070	
	M x S	3	919877727	306625909	0,92	0,439	
	Error	48	1,6038E+10	334127679			
	Total	55					
Mn	Mes (M)	1	229350	229350	1,66	0,203	
(*)	Sector (S)	3	2757557	919186	6,66	**0,001**	F < L = EE = T
	M x S	3	886981	295660	2,14	0,107	
	Error	48	6620923	137936			
	Total	55					
Cu	Mes (M)	1	80,5	80,5	0,18	0,675	
	Sector (S)	3	2161,4	720,5	1,59	0,204	
	M x S	3	3027,9	1009,3	2,23	0,097	
	Error	48	21741,6	453			
	Total	55					
Zn	Mes (M)	1	38,9	38,9	0,06	0,813	
(*)	Sector (S)	3	431,7	143,9	0,21	0,890	
	M x S	3	2225,6	741,9	1,07	0,369	
	Error	48	33157,4	690,8			
	Total	55					

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple homocedasticidad. Kruskall-Wallis Fe: Mes, p = 0,207; Sector, p = 0,105; Mn: Mes, p = 0,961; Sector, p < 0,001; Zn: Mes, p = 0,961; Sector, p = 0,906

Tabla. 4.1.42. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en el porcentaje de metales pesados (Plomo, Arsenico y Mercurio) presentes en los sedimentos entre los factores principales Mes (abril, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Pb	Mes (M)	1	0,75	0,75	0,05	0,822	
	Sector (S)	3	123,17	41,06	2,81	**0,049**	L < T = EE = F
	M x S	3	77,83	25,94	1,78	0,164	
	Error	48	701,23	14,61			
	Total	55					
As	Mes (M)	1	5,073	5,073	0,51	0,477	
	Sector (S)	3	100,611	33,537	3,39	**0,025**	EE > L = T = F
	M x S	3	82,363	27,454	2,78	0,051	
	Error	48	474,411	9,884			
	Total	55					
Hg	Mes (M)	1	0,0001091	0,0001091	0,2	0,660	
(*)	Sector (S)	3	0,0014764	0,0004921	0,88	0,457	
	M x S	3	0,0065812	0,0021937	3,93	**0,014**	
	Error	48	0,0267817	0,000558			
	Total	55					

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple homocedasticidad. Kruskall-Wallis Hg: Mes, p = 0,539; Sector, p = 0,488

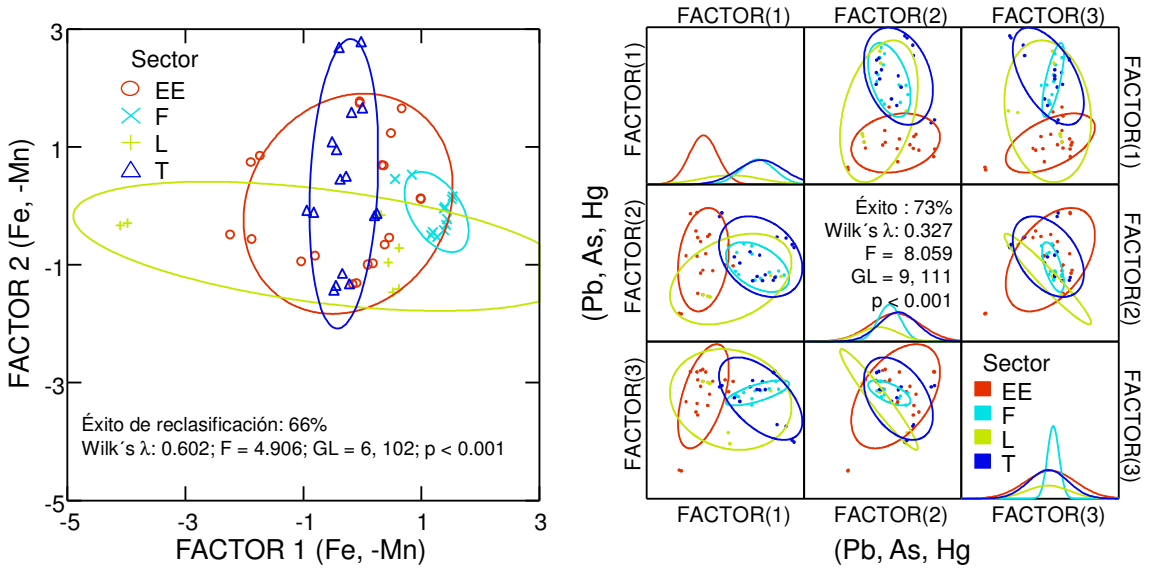


Figura 4.1.70. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) generadas usando los datos de metales pesados en los sedimentos (izquierda: Hierro y Manganeso; derecha: Plomo, Arsénico y Mercurio). Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Ácidos grasos y Ácidos resínicos

La Tabla 4.1.43 y Figura 4.1.71 muestran las concentraciones de Ácidos grasos y resínicos en los sedimentos del área de estudio durante abril y julio de 2014.

Los resultados muestran una menor concentración de Ácidos grasos durante julio de 2014 para todas las estaciones de muestreo; estas fueron de hasta 2 órdenes de magnitud más bajas con respecto a las concentraciones medidas durante la campaña de abril. Las concentraciones más altas (> 500 μg/g) medidas en abril ocurrieron en las estaciones 11 (desembocadura río Cayumapu), 9 (desembocadura río Pichoy), 2 (río Cruces, sector Rucaco) y 14 (río Angachilla). Las concentraciones más bajas de Ácidos grasos (1 - 2 μg/g) se detectaron en la estación 1 y 8 (río Cruces, sector Ciruelos y Pichoy interior, respectivamente) durante julio (Tabla 4.1.43 y Fig. 4.1.71).

No se detectaron Ácidos resínicos durante la campaña de abril 2014 (Tabla 4.1.27).

Tabla 4.1.43. Concentraciones de Ácidos grasos y Ácidos resínicos en los sedimentos del área de estudio durante abril y julio 2014. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. ND = no detectado.

estaciones	**Ácidos grasos (µg / g)**		**Ácidos resínicos (µg / g)**	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**abril**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	52 (5)	2 (0)	ND	ND
2 (sector Rucaco)	533 (28)	11 (1)	ND	ND
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
3 (sector Fuente San Luis)	101 (10)	25 (3)	ND	ND
4 (sector Santa Clara)	276 (36)	14 (3)	ND	ND
5 (sector Tres Bocas)	493 (90)	62 (3)	ND	ND
6 (sector Punucapa)	313 (56)	6 (1)	ND	ND
7 (sector Cruces - Cau Cau)	429 (34)	6 (0)	ND	ND
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	216 (28)	1 (0)	ND	ND
9 (desembocadura río Pichoy)	600 (105)	35 (8)	ND	ND
10 (río Cayumapu interior)	347 (10)	16 (3)	ND	ND
11 (desembocadura río Cayumapu)	1938 (20)	73 (8)	ND	ND
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	475 (58)	8 (2)	ND	ND
13 (río Valdivia)	110 (4)	13 (0)	ND	ND
14 (río Angachilla)	525 (50)	14 (1)	ND	ND

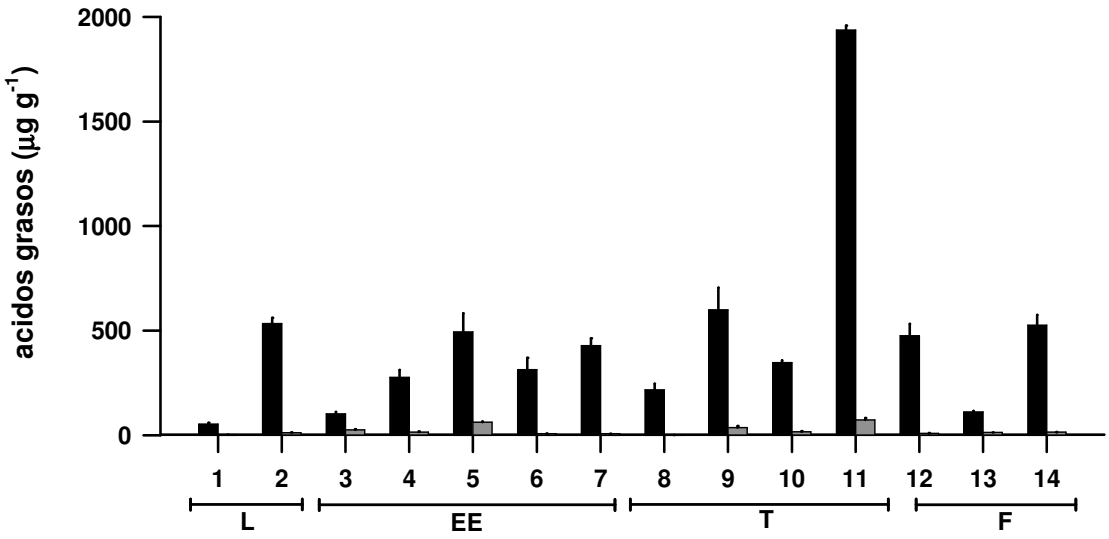


Figura 4.1.71. Concentración de ácidos grasos en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios

Análisis estadísticos

La concentración de Ácidos grasos presentó diferencias significativas entre campañas de terreno, caracterizadas por valores más altos en el mes de abril (Tabla 4.1.44). Sin embargo, esta variable no cumplió todos los supuestos de ANDEVA, pero al aplicar la prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis se registraron las mismas conclusiones estadísticas (Tabla 4.1.44).

Tabla 4.1.44. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en el porcentaje de Acidos grasos presentes en los sedimentos entre los factores principales Mes (abril, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	DF	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Ac. Grasos	Mes (M)	1	262,137	262,137	135,86	**<0,001**	Abril > Junio
(*)	Sector (S)	3	12,577	0,4192	2,17	0,103	
	M x S	3	0,2371	0,079	0,41	0,747	
	Error	48	92,612	0,1929			
	Total	55					

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple homocedasticidad. Kruskall-Wallis Ac. Grasos: Mes, $p < 0,001$; Sector, $p = 0,595$

AOX, carbono orgánico total (COT) y EOX

La Tabla 4.1.45 y Figuras 4.1.72 y 4.1.73 muestran las concentraciones de AOX y carbono orgánico total en los sedimentos del área de estudio durante abril y julio de 2014. No se detectaron EOX en ninguna de las estaciones y campañas muestreadas en los sedimentos (Tabla 4.1.28).

Las concentraciones más altas (>100 μg/g) de AOX se detectaron durante la campaña de abril en los sedimentos de las estaciones 2 (río Cruces, sector Rucaco) y 14 (río Angachilla); durante esa campaña, las concentraciones más bajas se registraron en los sedimentos de las estaciones 1, 8 y 9 (río Cruces, sector Ciruelos, río Pichoy interior y desembocadura río Pichoy, respectivamente) (Tabla 4.1.45, Fig. 4.1.72). Durante la campaña de julio, las concentraciones más altas de AOX ocurrieron en sedimentos de los ríos Cruces (sector Tres Bocas), Valdivia y Angachilla, a la vez que las más bajas se detectaron en los sedimentos de la estación 8 (río Pichoy interior) (Tabla 4.1.45).

Las concentraciones más altas de COT ocurrieron durante la campaña de abril en las estaciones 2 (río Cruces, sector Rucaco) y 10 (río Cayumapu interior); durante julio la concentración más alta también se detectó en la estación 10 (Tabla 4.1.45, Fig. 4.1.73). Bajas concentraciones de COT (< 1%) durante abril se detectaron en sedimentos de las estaciones 1, 4, 5 (río Cruces, sectores Rucaco, Santa Clara y Tres Bocas), 8, 9 (río Pichoy) y 12 (río Calle Calle), a la vez que durante julio las estaciones 1, 3, 4, 7 (río Cruces, sectores Ciruelos, Fuerte San Luis, Santa Clara y Cruces – Cau Cau, respectivamente) y 8 (río Pichoy interior), fueron las que tuvieron las concentraciones más bajas (Tabla 4.1.45, Fig. 4.1.73).

Tabla 4.1.45. Concentraciones de AOX y carbono orgánico total (COT) en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto. ND = no detectado.

estaciones	AOX (µg / g)		COT (% C)		EOX	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**abril**	**Julio**	**abril**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	17,4 (0,8)	22,89 (3,2)	0,3 (0,1)	0,5 (0,0)	ND	ND
2 (sector Rucaco)	174,9 (16,0)	61,91 (0,6)	6,4 (0,3)	3,1 (0,4)	ND	ND
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuente San Luis)	46,6 (6,5)	76,71 (0,6)	3,4 (0,2)	0,6 (0,0)	ND	ND
4 (sector Santa Clara)	33,1 (1,9)	24,23 (0,1)	0,4 (0,1)	0,7 (0,0)	ND	ND
5 (sector Tres Bocas)	40,6 (1,2)	90,00 (9,4)	0,5 (0,2)	4,0 (0,4)	ND	ND
6 (sector Punucapa)	25,1 (1,7)	24,39 (2,7)	1,2 (0,1)	1,3 (0,1)	ND	ND
7 (sector Cruces - Cau Cau)	45,2 (5,5)	37,75 (5,0)	1,0 (0,0)	0,8 (0,1)	ND	ND
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	10,4 (0,9)	8,61 (0,0)	0,6 (0,1)	0,3 (0,0)	ND	ND
9 (desembocadura río Pichoy)	14,3 (2,1)	30,25 (3,9)	0,8 (0,1)	1,5 (0,1)	ND	ND
10 (río Cayumapu interior)	67,0 (5,9)	59,18 (2,6)	4,4 (0,5)	4,7 (0,3)	ND	ND
11 (desembocadura río Cayumapu)	38,7 (7,7)	51,87 (5,5)	1,6 (0,5)	2,9 (0,1)	ND	ND
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	47,2 (2,1)	69,49 (7,6)	0,5 (0,0)	1,9 (0,2)	ND	ND
13 (río Valdivia)	91,0 (12,1)	89,06 (4,2)	3,0 (0,3)	3,4 (0,0)	ND	ND
14 (río Angachilla)	119,6 (12,7)	88,66 (2,6)	3,3 (0,4)	2,8 (0,4)	ND	ND

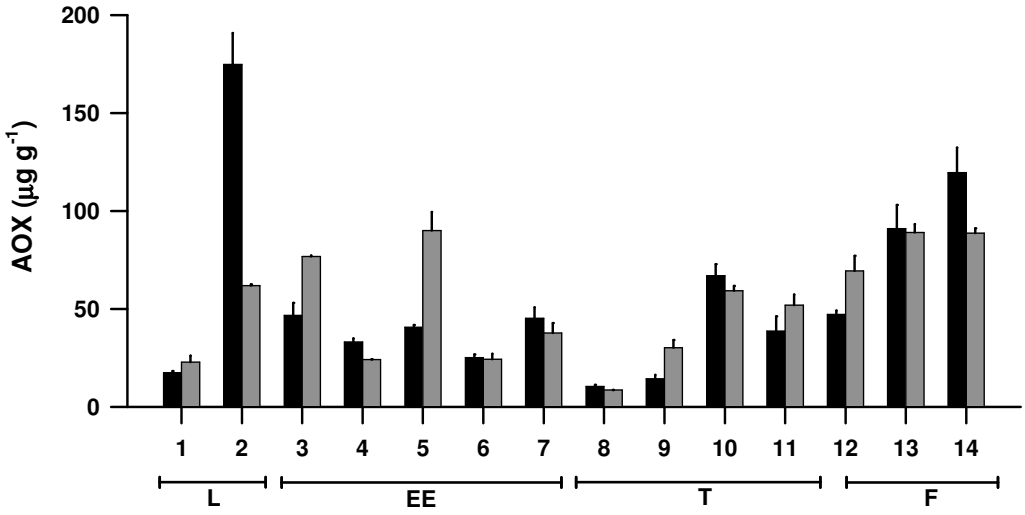


Figura 4.1.72. Concentración de AOX en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

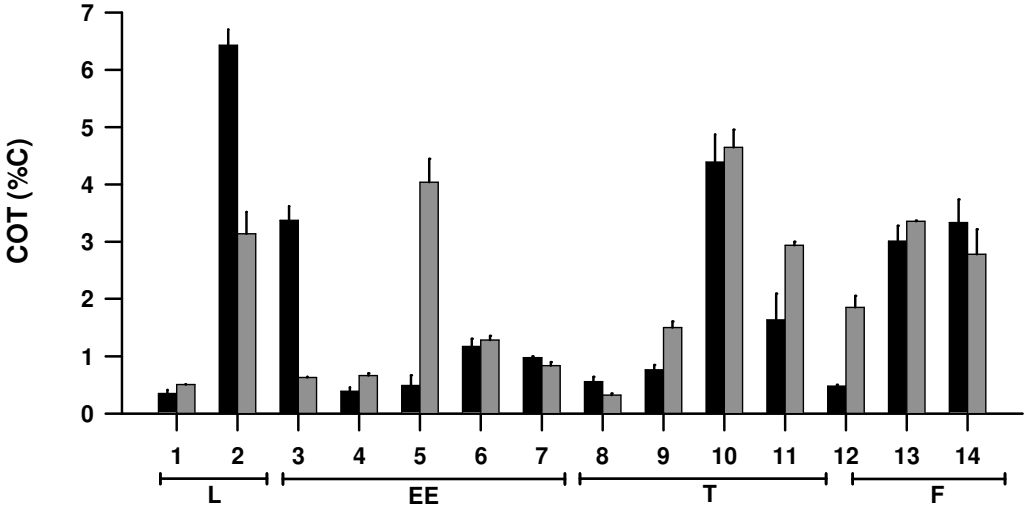


Figura 4.1.73. Concentración de Carbono orgánico total (COT) en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

La concentración de compuestos halogenados (AOX) en sedimentos presentó diferencias significativas entre sectores, caracterizado por valores más altos en el sector Fuera del humedal. Similares conclusiones se logran al aplicar Kruskall-Wallis, dado que los valores de AOX no cumplieron uno de los supuestos de ANDEVA. En el caso del Carbono Orgánico Total, este no presentó diferencias significativas entre factores principales (Tabla 4.1.46).

Por otro lado, al usar ambas variables en un Análisis Discriminante entre sectores, se evidenció un patrón de disciminación significativo (MANOVA, Wilks, $p < 0,001$) y con un 64% de éxito en la reclasificación de las muestras tomadas en el humedal (Fig. 4.1.74).

Tabla 4.1.46. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba a posteriori de Tukey para evaluar diferencias en el porcentaje de Carbono Organico Total y AOX presentes en los sedimentos entre los factores principales Mes (abril, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interaccioón MxS es significativa.

Parámetro	Fuente	DF	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
AOX	Mes (M)	1	1239	1239	1,22	0,274	
(*)	Sector (S)	3	20405	6802	6,72	**0,001**	F > T = E = L
	M x S	3	6601	2200	2,17	0,103	
	Error	48	48558	1012			
	Total	55					
Carbono Org. Total	Mes (M)	1	0,161	0,161	0,06	0,806	
	Sector (S)	3	13,243	4,414	1,68	0,183	
	M x S	3	6,555	2,185	0,83	0,482	
	Error	48	125,880	2,623			
	Total	55					

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

(*) No cumple homocedasticidad. Kruskall-Wallis AOX: Mes, $p = 0,635$; Sector, $p < 0,001$

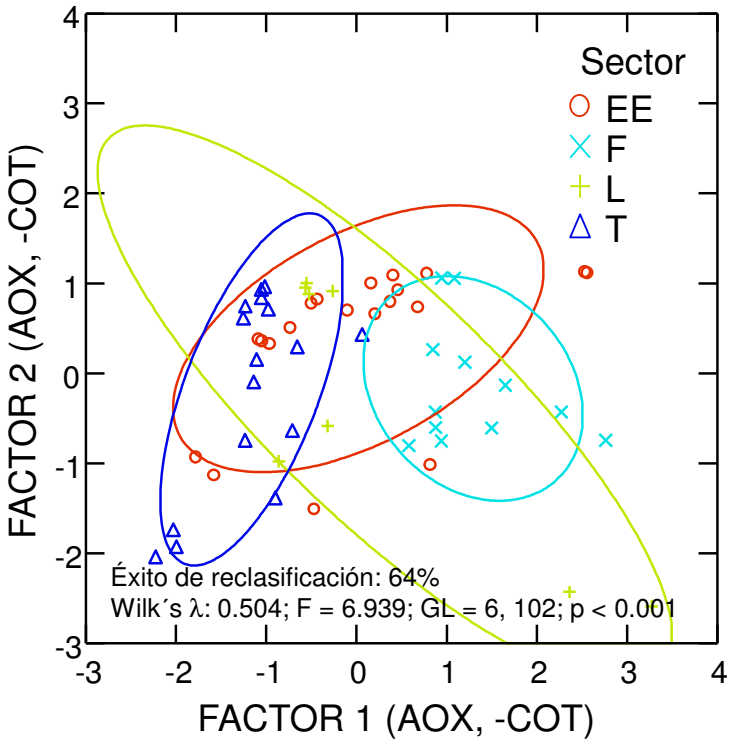


Figura 4.1.74. Funciones Discriminantes para la variabilidad ambiental espacial (Sectores) generadas usando los datos de Carbono Organico Total y AOX en sedimentos. Se presenta también el valor de éxito en la reclasificación de las muestras (%) y resumen de MANOVA (Wilk´s). Las elipses muestran el intervalo de confianza del 75%.

Dioxinas y Furanos

La Tabla 4.1.47 y Figuras 4.1.75 - 4.1.77 muestran los resultados de los análisis de Dioxinas y Furanos en los sedimentos del área de estudio durante los meses de abril y julio 2014.

El contenido de estos compuestos se expresa como la suma de los congéneres individuales analizados, *i.e*., 7 Dioxinas y 10 Furanos. Por otra parte, los Equivalentes Tóxicos totales son la suma de los 17 congéneres, multiplicados por el factor equivalente respectivo utilizando los factores equivalentes de peces según lo sugerido en las directrices establecidas en la Guía Provisoria de Calidad de Sedimentos (ISQG en inglés) propuesta por el Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente (CCME en inglés) en el año 2001 y actualmente utilizada para definir el riesgo toxicológico de una muestra de sedimento.

No se detectó la presencia de la TCDD en los sedimentos de ninguna de las estaciones muestreadas. El patrón de distribución de los 17 congéneres está dominado por la HxCDD y HxCDF (moléculas con 6 sustituciones de cloro), con concentraciones cercanas al límite de detección analítico. Los rangos informados para campaña son de N.D. (no detectado) a 0,1186 ng/g durante abril y de N.D. a 0,1901 ng/g durante julio. En general, se detectaron Dioxinas y Furanos, en todas las muestras de sedimentos con concentraciones en el orden de decenas de ng/g y con valores en Equivalentes Tóxicos menores a 1 pg/g.

Tabla 4.1.47. Concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en los sedimentos del área de estudio durante abril y julio 2014. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Julio corresponde al período 29 de julio - 1 de agosto.

Estaciones	Dioxinas (ng / g)		Furanos (ng / g)		EQTs (ng / g)	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)	**abril**	**julio**	**abril**	**julio**	**abril**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	0,0026 (0,0026)	0,0021 (0,0020)	0,0003 (0,0001)	0,0003 (0,0002)	0,00002 (0,00000)	0,00006 (0,00008)
2 (sector Rucaco)	0,0845 (0,0067)	0,0199 (0,0001)	0,0077 (0,0004)	0,0019 (0,0004)	0,00119 (0,00107)	0,00016 (0,00008)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuente San Luis)	0,1977 (0,0160)	0,1251 (0,0074)	0,0170 (0,0003)	0,0103 (0,0002)	0,00087 (0,00009)	0,00051 (0,00002)
4 (sector Santa Clara)	0,0043 (0,0012)	0,0118 (0,0007)	0,0006 (0,0002)	0,0007 (0,0000)	0,00002 (0,00000)	0,00031 (0,00035)
5 (sector Tres Bocas)	0,0026 (0,0006)	0,0149 (0,0010)	0,0003 (0,0000)	0,0085 (0,0002)	0,00001 (0,00000)	0,00014 (0,00003)
6 (sector Punucapa)	0,0130 (0,0021)	0,0101 (0,0004)	0,0004 (0,0000)	0,0004 (0,0000)	0,00011 (0,00011)	0,00004 (0,00000)
7 (sector Cruces - Cau Cau)	0,0061 (0,0006)	0,0152 (0,0044)	0,0006 (0,0002)	0,0014 (0,0002)	0,00002 (0,00001)	0,00004 (0,00001)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	0,0061 (0,0011)	0,0031 (0,0019)	0,0004 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,00003 (0,00002)	0,00000 (0,00000)
9 (desembocadura río Pichoy)	0,0342 (0,0019)	0,0030 (0,0005)	0,0038 (0,0003)	0,0005 (0,0001)	0,00019 (0,00007)	0,00006 (0,00008)
10 (río Cayumapu interior)	0,0778 (0,0016)	0,0164 (0,0012)	0,0023 (0,0001)	0,0011 (0,0000)	0,00048 (0,00003)	0,00017 (0,00008)
11 (desembocadura río Cayumapu)	0,0142 (0,0005)	0,0113 (0,0004)	0,0006 (0,0004)	0,0007 (0,0001)	0,00010 (0,0001)	0,00003 (0,00001)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	0,0024 (0,0016)	0,0127 (0,0010)	0,0002 (0,0002)	0,0005 (0,0000)	0,00001 (0,00001)	0,00002 (0,00000)
13 (río Valdivia)	0,0037 (0,0003)	0,0135 (0,0002)	0,0003 (0,0001)	0,0007 (0,0001)	0,00001 (0,00000)	0,00015 (0,00006)
14 (río Angachilla)	0,0213 (0,0030)	0,0014 (0,0001)	0,0017 (0,0002)	0,0002 (0,0001)	0,00006 (0,00004)	0,00001 (0,00001)

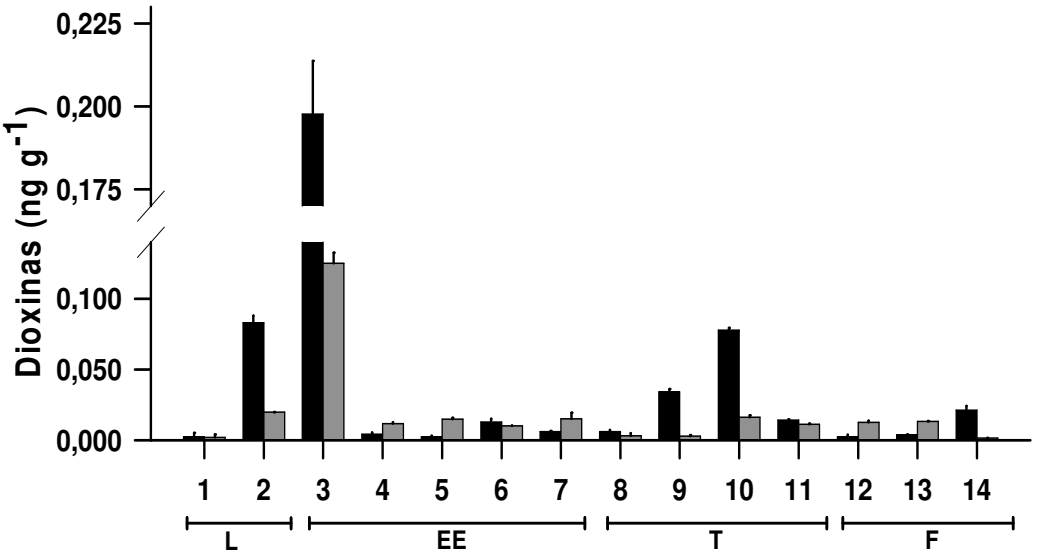


Figura 4.1.75. Concentración de Dioxinas en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

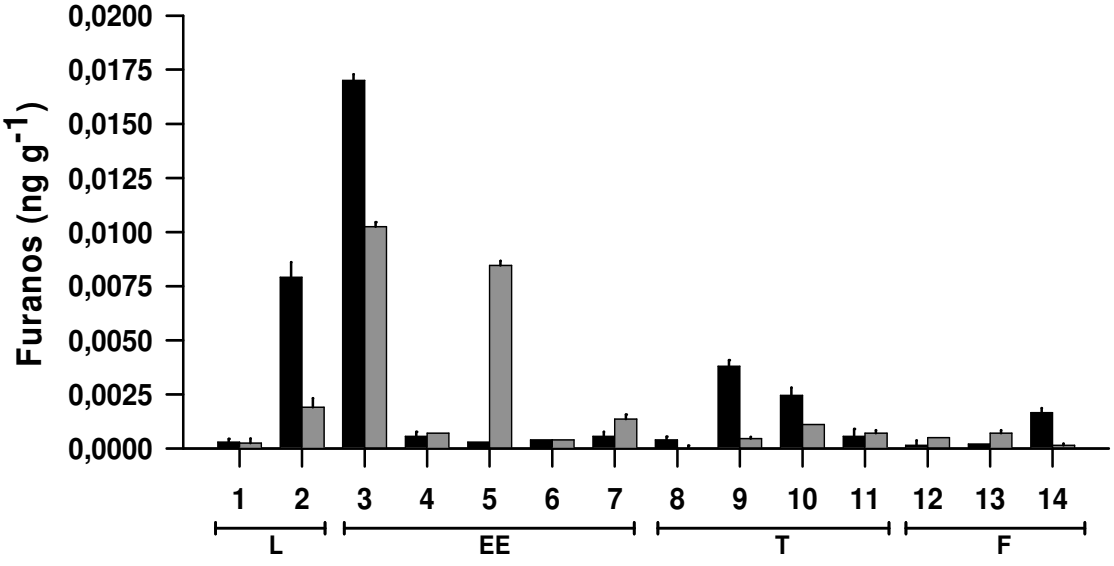


Figura 4.1.76. Concentración de Furanos en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

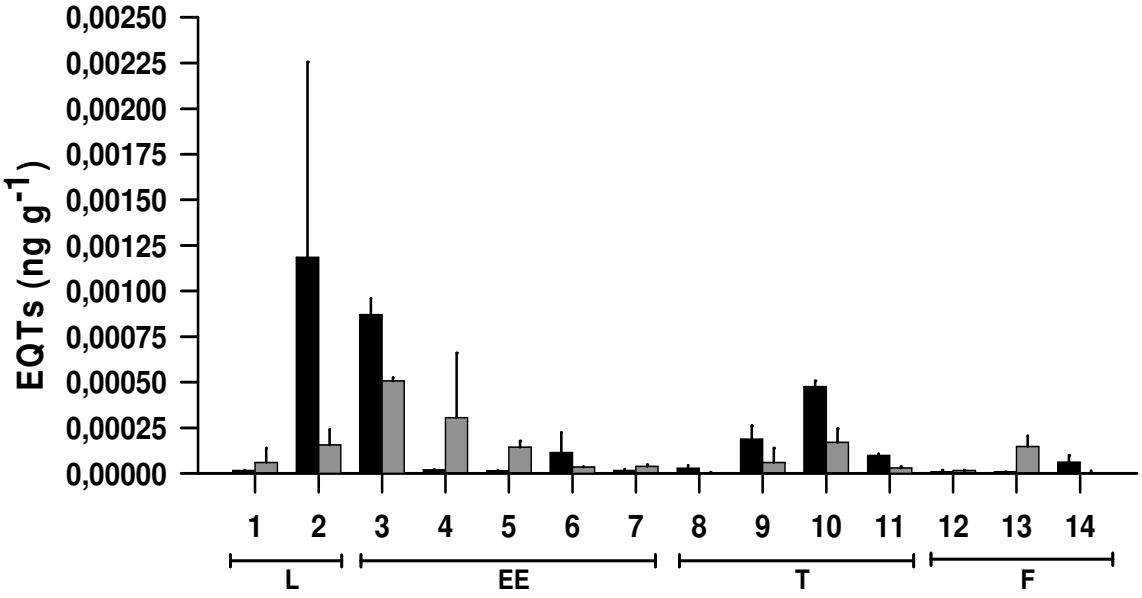


Figura 4.1.77. Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQTs) en los sedimentos del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de abril, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de julio. Los valores son promedios con una desviación estándar. L = sector límnico del río Cruces; EE = eje estuarial y central del río Cruces; T = ríos tributarios del humedal del río Cruces y F = fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Análisis estadísticos

No se registraron diferencias espaciales o temporales en la concentración de Dioxinas, Furanos y EQT en los sedimentos del área de estudio (Tabla 4.1.48).

Tabla 4.1.48. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en el porcentaje de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos presentes en los sedimentos entre los factores principales Mes (abril, Julio 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en 4.1.3. Material y métodos.

Parámetro	Fuente	DF	SC	CM	F	P
Dioxinas	Mes (M)	1	0,2521	0,2521	0,78	0,383
	Sector (S)	3	13,586	0,4529	1,39	0,256
	M x S	3	16,268	0,5423	1,67	0,186
	Error	48	156,010	0,325		
	Total	55				
Furanos	Mes (M)	1	0,1965	0,1965	0,62	0,436
	Sector (S)	3	17,757	0,5919	1,86	0,149
	M x S	3	13,615	0,4538	1,43	0,246
	Error	46	146,081	0,3176		
	Total	53				
EQT	Mes (M)	1	0,12	0,12	0,26	0,612
	Sector (S)	3	35,788	11,929	2,59	0,063
	M x S	3	29,017	0,9672	2,1	0,112
	Error	48	220,802	0,46		
	Total	55				

GL = grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = razón F; P = Valor de Probabilidad de error al rechazar Ho

4.1.4.3. Estructura vertical de sedimentos estuariales

Antecedentes

La sedimentación en ambientes estuariales está regida por la dinámica mareal, ya que la mayor parte de la depositación de partículas ocurre durante la estoa de bajamar; es decir, cuando la menor profundidad de agua permite que los sedimentos alcancen el fondo, antes de que las corrientes asociadas a llenante y vaciante los removilicen.

Los sedimentos más finos como las arcillas (< 2 micrones) lo hacen en forma de flóculos o grumos, los cuales se mantienen unidos debido a las cargas electrónicas que se originan en las caras de los cristales de arcilla. Las partículas del tamaño de los limos (2 - 63 micrones) y las arenas (63 - 2000 micrones) se pueden depositar asociados a los flóculos antes descritos, y durante momentos de bajas velocidades de corrientes durante marea de cuadratura, lo que origina una fina laminación sedimentaria que muchas veces sólo puede ser detectada con radiografías. Sin embargo, esta laminación es comúnmente destruida u obliterada por perturbaciones biogénicas producidas por la macrofauna bentónica que habita en los fondos sedimentarios.

Material y métodos

Se obtuvieron dos testigos replicados en el eje central del río Cruces (testigos C) y en el río Angachilla (testigos A) (Fig. 4.1.78). Se empleó un tubo de PVC de 10 cm de diámetro, el que fue enterrado 50 cm en planicies sedimentarias descubiertas durante la marea baja. Debido a la compresión asociada a la extracción se obtuvieron 33 y 25 cm de sedimentos en los testigos C y A, respectivamente. Las réplicas recolectadas en cada sitio fueron tomadas a 15 cm de distancia entre ellas. La planicie muestreada en el río Cruces se ubica en el lado oeste del canal principal del río Cruces, sector Fuerte San Luis de Alba (39° 38’ 54’’ S, 73° 11’ 2’’W); la planicie muestreada en el río Angachilla se ubica en un pequeño afluente del mismo (39° 52’ 47’’S, 73° 13’ 35’’W, Fig.4.1.78).

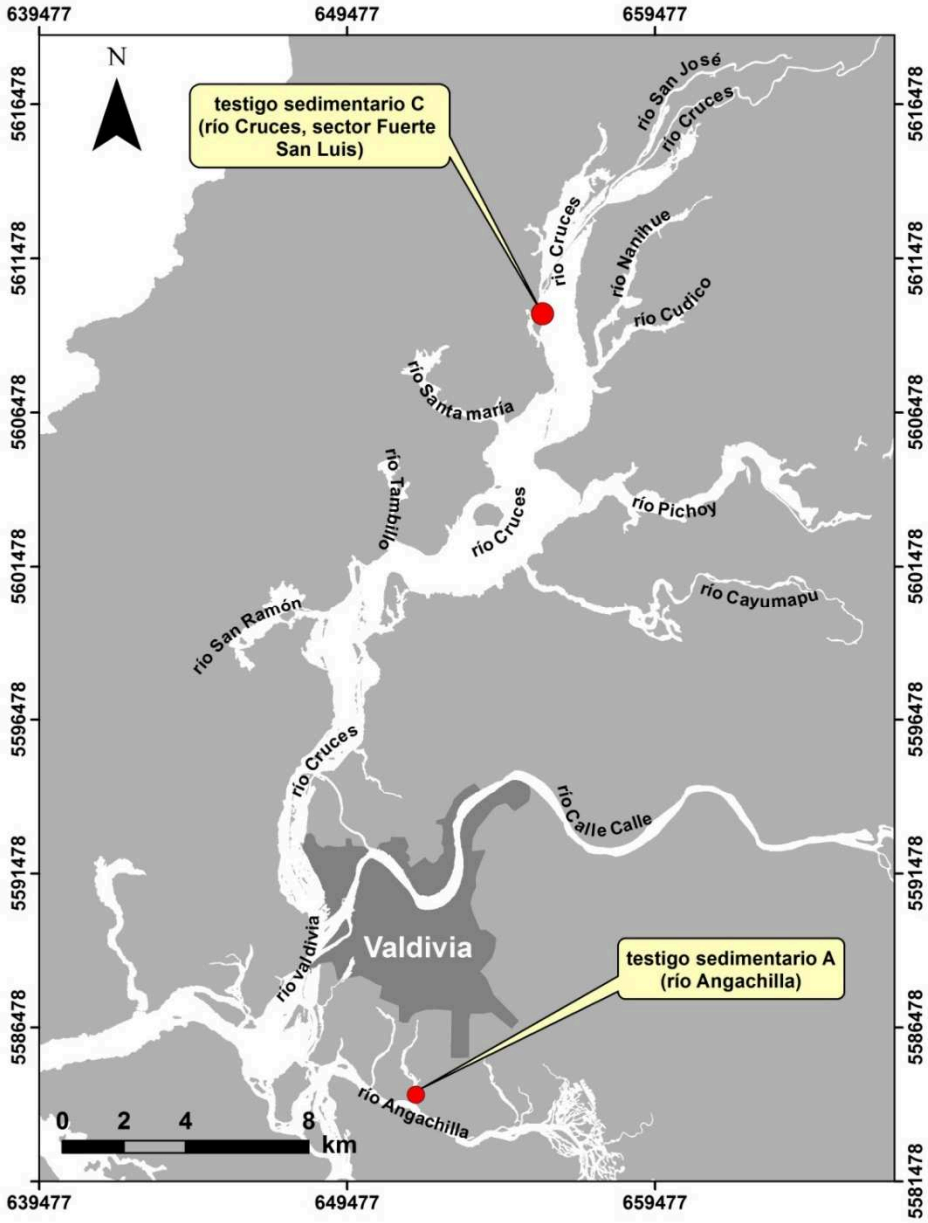


Fig. 4.1.78. Ubicación de las estaciones donde se extrajeron los testigos C y A en los ríos Cruces (sector Fuerte San Luis) y Angachilla, respectivamente.

Los testigos de sedimentos fueron sometidos a un análisis de rayos X en el Laboratorio de Imagenología del Instituto de Ciencias Clínicas de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile, antes de ser cuidadosamente extruidos. En los testigos C y A se analizaron 17 y 24 muestras, tal como fue planificado previamente. Una de las réplicas de cada sitio fue usada para análisis texturales y otra para análisis de metales pesados. Los primeros fueron realizados en el Laboratorio de

Sedimentología del Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas de la UACH, y los segundos en el Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ), Facultad de Ciencias Oceanográficas y Naturales de la Universidad de Concepción.

El análisis textural consistió en separar mediante tamizaje en húmedo, las fracciones de grava (> 2000 micrones), arena (63 - 2000 micrones) y fango (limo - arcilla, < 63 micrones), las cuales quedan retenidas en tamices de 2000 micrones, 63 micrones y en un recipiente, respectivamente (Folk, 1980). A la fracción fango se le aplicaron 3 ml de HCl al 10% para apresurar la floculación y posterior decantación de las partículas componentes del mismo. Luego, se procedió a secar las tres fracciones en una estufa a 40°C. Posteriormente, las fracciones se pesaron para obtener el peso seco y se llevaron a un horno mufla a 550°C por una hora (Mills, 1978); esto con el objetivo de eliminar la materia orgánica contenida en las muestras. Las muestras resultantes se pesaron para obtener el peso inorgánico. Para cada muestra se calcularon los porcentajes de grava, arena y fango totales, inorgánico y orgánico totales y las fracciones de grava, arena y fango, subdivididas cada una en fracciones inorgánicas y orgánicas; dado que se analizaron volúmenes constantes (estratos o capas sedimentarias de 1 cm de espesor) los análisis se realizaron también con datos expresados en gramos.

Los metales pesados en los sedimentos se analizaron mediante espectroscopia de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) (Unidad: µg/g). El Mercurio se analizó por espectrometría de absorción atómica de vapor frío (Unidad: µg/g).

Resultados

Río Cruces, sector Fuerte San Luis de Alba

La Figura 4.1.79 muestra la imagen obtenida por radiografía digital en positivo de los dos testigos recolectados en el sitio de muestreo río Cruces (testigos C). Se observó que ambos testigos no fueron idénticos, lo que es esperable en una planicie de marea donde siempre existen diferencias en la micro topografía local. La laminación estuvo sólo regularmente marcada.

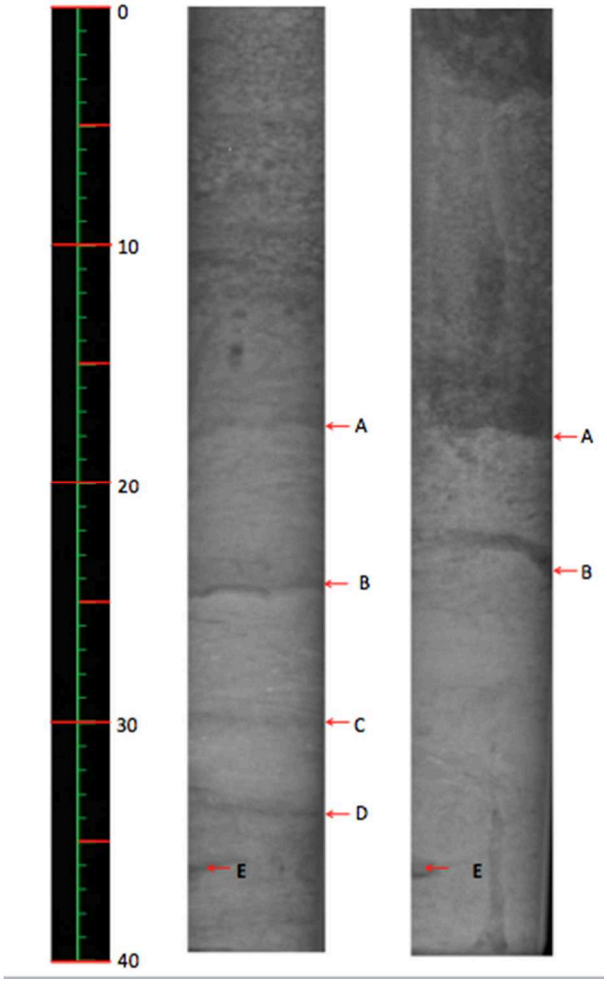


Figura 4.1.79. Imagen de rayos X en positivo de los dos testigos de sedimentos recolectados en la planicie intermareal ubicada en el río Cruces, sector Fuerte San Luis. Las letras indican discontinuidades que no siempre son comunes a ambos testigos. Las discontinuidades A y B son las más notables y comunes a ambos testigos. La discontinuidad B marca el límite inferior de análisis de muestras en ambos testigos. La escala es en centímetros.

La Tabla 4.1.49 muestra los resultados del análisis textural llevado a cabo en uno de los testigos sedimentarios C. El promedio del contenido de arena total fue 41,8

% (D.S.= 8,9 %), con valores máximos y mínimos de 58,4 y 29,1 %, respectivamente. Dentro de esta fracción, la arena inorgánica alcanzó un promedio de 38,6 % (D.S. = 8,5 %), con porcentajes máximos y mínimos que variaron entre 55,1 y 27,0 %, respectivamente (Tabla 4.1.49). El promedio del contenido de fango total fue de 58,2 % (D.S. = 8,9 %), con valores máximos de 70,9 y 41,6 %, respectivamente (Tabla 4.1.49). La fracción de fango inorgánico tuvo un promedio de 47,7 % (D.S.= 8,8 %) con un máximo de 62,2 % y un mínimo de 34,9 %. Estos valores fueron indicativos de la composición granulométrica del sedimento, correspondiendo en este caso a fangos arenosos levemente orgánicos (Tabla 4.1.49).

Tabla 4.1.49. Variabilidad textural en los 17 estratos de 1 cm de espesor analizados en el testigo recolectado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis; el estrato 1 es el más cercano a la superficie, a la vez que el estrato 17 es el más profundo. La suma de arena total (arentot) y fango total (fangtot) es igual a 100 %, al igual que la suma de arena inorgánica (areninor), arena orgánica (arenorg), fango inorgánico (fanginor) y fango orgánico (fangorg). También suman 100% la suma de sedimento inorgánico total (inortot) y orgánico total (orgtot).

estratos	arentot	areninor	arenorg	fangtot	fanginor	fangorg	inortot	orgtot
1	51,4	47,8	3,6	48,6	41,7	7,0	89,4	10,6
2	58,4	55,1	3,4	41,6	34,9	6,6	90,0	10,0
3	50,6	47,2	3,4	49,4	38,9	10,5	86,0	14,0
4	33,6	31,0	2,6	66,4	43,8	22,7	74,7	25,3
5	38,2	35,9	2,4	61,8	51,4	10,4	87,3	12,7
6	46,6	43,5	3,1	53,4	45,2	8,2	88,7	11,3
7	43,1	39,8	3,3	56,9	48,3	8,6	88,1	11,9
8	44,6	41,2	3,4	55,4	44,1	11,2	85,3	14,7
9	38,6	35,6	3,0	61,4	37,0	24,4	72,6	27,4
10	52,5	48,4	4,1	47,5	40,2	7,3	88,5	11,5
11	52,4	47,8	4,6	47,6	38,8	8,8	86,6	13,4
12	38,8	35,6	3,2	61,2	52,8	8,4	88,4	11,6
13	34,0	30,3	3,7	66,0	56,8	9,2	87,1	12,9
14	36,3	32,4	3,8	63,7	55,0	8,7	87,4	12,6
15	32,3	28,9	3,4	67,7	58,7	9,0	87,6	12,4
16	29,1	27,0	2,1	70,9	62,2	8,7	89,2	10,8
17	30,8	28,5	2,3	69,2	60,6	8,6	89,1	10,9

Si bien los análisis anteriores son indicativos de la composición textural del sedimento, los cálculos de porcentajes están siempre relacionados entre ellos, lo que

origina un artefacto en el sentido de que si aumenta por ejemplo el porcentaje de arena inorgánica, automáticamente disminuirá el resto de los componentes. De ahí que también se realizaran análisis texturales basados en peso. Como se analizó siempre un volumen igual a 78,54 cm^3 por cada estrato de 1 cm de espesor, fue posible expresar los resultados directamente en gramos (Tabla 4.1.50) para observar las tendencias a lo largo del eje vertical; en otras palabras, las tendencias temporales (*i.e.*, desde un estrato más nuevo (el 1) a uno más antiguo (el 17)).

La Figura 4.1.80 muestra la variabilidad vertical (*i.e.,* temporal) de la textura en el testigo sedimentario recolectado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis (datos de Tabla 4.1.50); en términos generales, los contenidos de material inorgánico muestran un quiebre aproximado entre 8 y 11 cm de profundidad con valores más altos de arena inorgánica y más bajos de fango inorgánico en los estratos 1 a 11 (Fig. 4.1.80 a y c). La fracción orgánica de la arena mostró un leve aumento a partir del estrato 8, a la vez que la fracción orgánica del fango tuvo mayor representación entre los estratos 1 a 8 aun cuando tal tendencia fue discontinua (Fig. 4.1.80 b y d).

Tabla 4.1.50. Variabilidad textural en los 17 estratos de 1 cm de espesor analizados en el testigo recolectado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis; el estrato 1 es el más cercano a la superficie a la vez que el estrato 17 es el más profundo. Las variables son las mismas que las de la Tabla 4.1.49, pero en este caso los valores son absolutos y están expresados en gramos.

estratos	arentot	areninor	arenorg	fangtot	fanginor	fangorg	inortot	orgtot
1	17,597	16,358	1,239	16,657	14,271	2,386	30,629	3,625
2	20,344	19,162	1,182	14,463	12,158	2,305	31,320	3,487
3	22,606	21,080	1,526	22,096	17,381	4,715	38,461	6,241
4	13,785	12,730	1,055	27,298	17,974	9,324	30,704	10,379
5	24,392	22,885	1,507	39,429	32,817	6,612	55,702	8,119
6	19,183	17,902	1,281	21,965	18,582	3,383	36,484	4,664
7	16,141	14,913	1,228	21,331	18,097	3,234	33,010	4,462
8	19,440	17,951	1,489	24,120	19,222	4,898	37,173	6,387
9	28,875	26,652	2,223	45,917	27,661	18,256	54,313	20,479
10	28,050	25,842	2,208	25,390	21,468	3,922	47,310	6,130
11	29,540	26,935	2,605	26,810	21,872	4,938	48,807	7,543
12	19,114	17,527	1,587	30,180	26,044	4,136	43,571	5,723
13	16,528	14,750	1,778	32,083	27,598	4,485	42,348	6,263
14	18,225	16,305	1,920	32,034	27,641	4,393	43,946	6,313
15	20,124	17,986	2,138	42,103	36,514	5,589	54,500	7,727
16	16,557	15,374	1,183	40,312	35,376	4,936	50,750	6,119
17	21,356	19,753	1,603	48,030	42,070	5,960	61,823	7,563

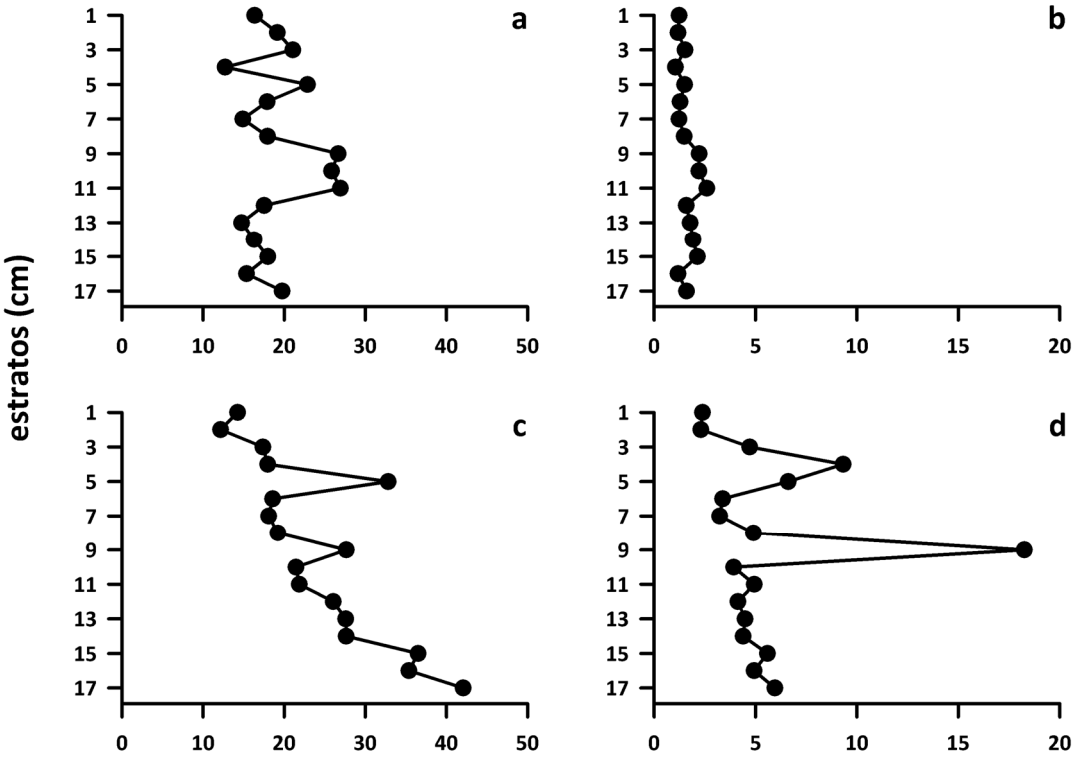


Figura 4.1.80. Variabilidad vertical de la arena inorgánica y orgánica (a y b) y del fango inorgánico y orgánico (c y d) en el testigo sedimentario recolectado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis. Ya que el estrato 1 es el más cercano a la superficie o más nuevo y el estrato 17 es el más profundo o más antiguo, esta variabilidad vertical es también variabilidad temporal.

La Tabla 4.1.51 muestra los contenidos de metales pesados en el segundo testigo sedimentario recolectado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis. Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) fueron los metales con las concentraciones más altas, a la vez que Plomo (Pb), Arsénico (As) y Mercurio (Hg) tuvieron las concentraciones más bajas (Tabla 4.1.51). No se detectó Cadmio con la técnica utilizada en los análisis.

El Hierro varió entre 57678 y 51199 µg / g, con un promedio de 54437 µg / g (D.S. = 1893 µg / g) a lo largo de la columna sedimentaria y valores máximos y mínimos de 57678 y 51953 µg / g, respectivamente; el Aluminio alcanzó un promedio de 86841 µg / g (D.S. = 10019 µg / g), con máximos y mínimos de 101008 y 58336 µg / g,

respectivamente; el promedio de Manganeso fue 520 µg / g (D.S. = 166 µg / g), con máximos y mínimos de 945 y 324 µg / g^{-}, respectivamente (Tabla 4.1.51).

El Cobre varió entre 75 y 58 µg / g, con un promedio de 69 µg / g (D.S. = 5 µg / g); el Zinc alcanzó un promedio de 72 µg / g (D.S. = 5 µg / g), con máximos y mínimos de 78 y 59 µg / g, respectivamente; el Plomo fue detectado con concentraciones que variaron entre 12 y 9 µg / g y un promedio de 11 µg / g^{-} (D.S. = 1 µg / g) (Tabla 4.1.51).

El Arsénico y el Mercurio presentaron promedios de 16 y 0,07 µg / g (D.S. = 5,4 y 0,07 µg g^{-1}, respectivamente); los valores máximos y mínimos para cada uno de estos metales fueron 28 - 8 y 0,09 - 0,06 µg / g, respectivamente (Tabla 4.1.51).

Tabla 4.1.51. Variabilidad en la concentración de metales pesados (µg / g) en los 17 estratos analizados en el en el testigo sedimentario recolectado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis. Ya que el estrato 1 es el más cercano a la superficie o más nuevo y el estrato 17 es el más profundo o más antiguo, esta variabilidad vertical es también variabilidad temporal.

estratos	Fe	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	As	Hg
1	51953	58336	638,7	57,8	72,4	8,8	8,0	0,07
2	54239	77057	631,1	63,4	77,9	9,8	9,8	0,06
3	52001	84510	477,5	71,3	74,4	10,6	11,2	0,08
4	51199	91807	401,1	70,4	71,9	11,3	12,9	0,07
5	52005	84479	361,3	66,2	72,3	10,1	12,6	0,08
6	53584	83248	348,5	70,0	76,6	11,2	13,5	0,08
7	53768	90185	323,9	70,6	73,5	12,4	14,0	0,07
8	54913	90189	412,1	73,6	69,5	12,0	14,3	0,06
9	56423	88897	498,8	70,7	67,5	11,9	14,5	0,07
10	56462	90636	688,4	67,7	66,2	12,0	14,6	0,07
11	55112	86239	944,8	64,7	59,3	11,4	14,4	0,06
12	57678	93926	748,9	74,3	69,8	11,6	16,4	0,08
13	55001	101008	447,9	74,2	76,1	12,1	19,9	0,08
14	56350	92133	428,5	72,6	77,8	11,1	23,8	0,08
15	53344	97624	388,8	74,8	78,3	11,8	28,4	0,09
16	55643	92586	524,9	69,1	70,3	10,9	23,5	0,08
17	55759	73440	572,4	65,2	67,8	10,6	19,6	0,07

La Figura 4.1.81 muestra la variabilidad vertical o temporal de las concentraciones de metales pesados en el segundo testigo sedimentario recolectado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis. En términos generales, no se observaron tendencias definidas para el conjunto de elementos; el Hierro no mostró mayor variabilidad vertical (Hierro), el Arsénico aumentó en profundidad o en los estratos más antiguos, a la vez que Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo y Mercurio tuvieron las concentraciones más altas en estratos medios (Fig. 4.1.81).

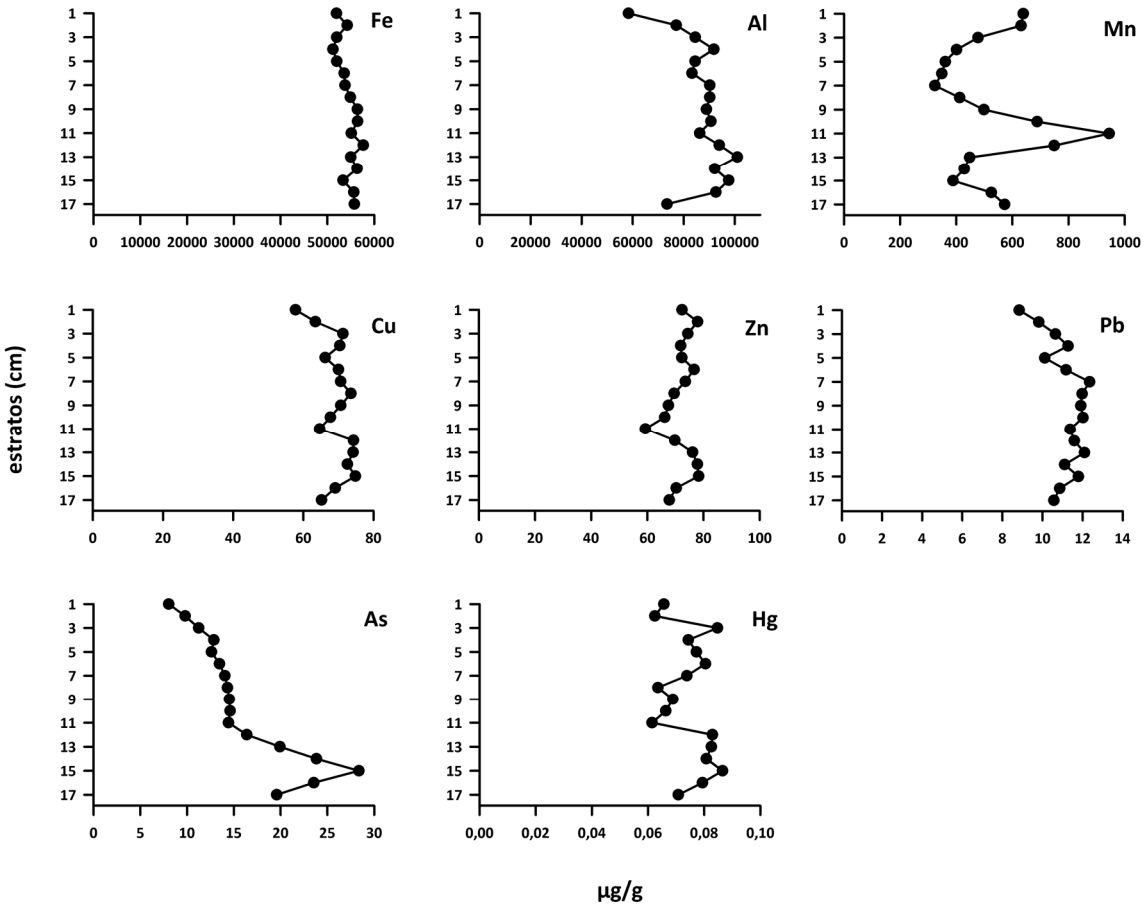


Figura 4.1.81. Variabilidad vertical de las concentraciones de metales pesados en el testigo sedimentario recolectado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis. Ya que el estrato 1 es el más cercano a la superficie o más nuevo y el estrato 17 es el más profundo o más antiguo, esta variabilidad vertical es también variabilidad temporal.

Río Angachilla

La Fig. 4.1.82 muestra la imagen obtenida por radiografía digital en positivo de los dos testigos recolectados en el sitio de muestreo río Angachilla (testigos A). Se observó que ambos no fueron idénticos, lo que es esperable en una planicie de marea donde siempre existen diferencias en la micro topografía. La laminación no estuvo bien marcada, y cuando esta logró ser reconocida mostró suaves convulaciones debido a bioturbación (*e.g.* Fig. 4.1.82, zona entre B y D). En uno de los testigos se observó laminación de menor densidad en A, B y D (esta zona con raíces vegetales), en el otro en C (Fig. 4.1.82).

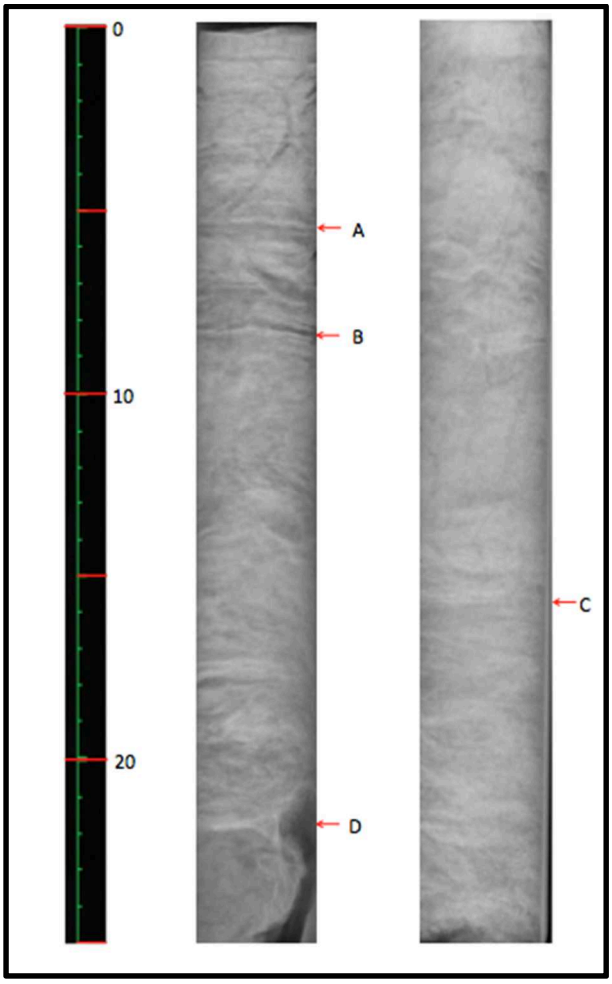


Figura 4.1.82. Imagen de rayos X en positivo de los dos testigos de sedimentos recolectados en la planicie intermareal ubicada en el río Angachilla. Las letras indican discontinuidades que no siempre fueron comunes a ambos testigos. La escala es en centímetros.

La Tabla 4.1.52 muestra los resultados del análisis textural llevado a cabo en uno de los testigos sedimentarios A. La arena total resultó con un promedio de 83,2 % (D.S.= 7,1 %), con valores máximos y mínimos de 96,9 y 65,2 %, respectivamente. Dentro de esta fracción, la arena inorgánica alcanzó un promedio de 78,6 % (D.S. = 7,2 %), con porcentajes máximos y mínimos que variaron entre 92,7 y 59,5 %, respectivamente (Tabla 4.1.52). Por otra parte, el valor promedio del fango total fue 16,8 % (D.S. = 7,1 %), mostrando una alta variabilidad entre los valores máximos y mínimos (34,8 y 3,1 %). La fracción de fango inorgánico tuvo un promedio de 13,7 % (D.S.= 5,1 %) con un máximo de 26,4 % y un mínimo de 2,8 % (Tabla 4.1.52).

Tabla 4.1.52. Variabilidad textural en los 24 estratos de 1 cm de espesor analizados en el testigo recolectado en el río Angachilla; el estrato 1 es el más cercano a la superficie, a la vez que el estrato 24 es el más profundo. La suma de arena total (arentot) y fango total (fangtot) es igual a 100 %, al igual que la suma de arena inorgánica (areninor), arena orgánica (arenorg), fango inorgánico (fanginor) y fango orgánico (fangorg). También suman 100% la suma de sedimento inorgánico total (inortot) y orgánico total (orgtot).

estratos	arentot	areninor	arenorg	fangtot	fanginor	fangorg	inortot	orgtot
1	86,3	81,3	5,1	13,7	12,2	1,5	93,4	6,6
2	91,2	87,3	3,9	8,8	7,9	0,8	95,2	4,8
3	86,7	83,4	3,3	13,3	11,6	1,7	95,0	5,0
4	96,9	92,7	4,1	3,1	2,8	0,3	95,5	4,5
5	80,4	76,6	3,8	19,6	17,4	2,2	94,0	6,0
6	73,8	69,6	4,2	26,2	23,4	2,8	93,0	7,0
7	80,4	75,4	5,0	19,6	17,5	2,1	92,9	7,1
8	65,2	59,5	5,7	34,8	26,4	8,4	85,9	14,1
9	79,1	74,3	4,8	20,9	18,0	3,0	92,3	7,7
10	88,1	83,2	4,9	11,9	10,6	1,3	93,8	6,2
11	88,0	83,9	4,2	12,0	10,6	1,4	94,4	5,6
12	85,3	80,2	5,1	14,7	12,6	2,0	92,8	7,2
13	81,2	76,0	5,2	18,8	16,5	2,3	92,4	7,6
14	82,1	78,4	3,7	17,9	14,9	3,1	93,3	6,7
15	71,0	66,9	4,0	29,0	16,9	12,2	83,8	16,2
16	79,8	76,0	3,8	20,2	12,4	7,8	88,5	11,5
17	75,7	71,9	3,7	24,3	18,1	6,2	90,0	10,0
18	86,8	81,6	5,2	13,2	11,6	1,5	93,3	6,7
19	91,0	85,4	5,6	9,0	7,9	1,1	93,3	6,7
20	89,9	85,6	4,3	10,1	8,8	1,3	94,4	5,6
21	87,9	83,4	4,5	12,1	10,5	1,6	93,9	6,1
22	86,1	81,7	4,4	13,9	11,6	2,3	93,3	6,7
23	83,3	77,8	5,5	16,7	13,7	3,0	91,6	8,4
24	80,8	73,5	7,3	19,2	15,5	3,7	89,0	11,0

Tal como presentado para el testigo sedimentario C, los resultados de los análisis texturales realizados con el testigo sedimentario A (río Angachilla) también se expresan en gramos (Tabla 4.1.53), para analizar las tendencias a lo largo del eje vertical; en otras palabras, las tendencias temporales (*i.e.*, desde un estrato más nuevo (el 1) a uno más antiguo (el 24).

La Figura 4.1.83 muestra la variabilidad vertical (*i.e.,* temporal) de la textura en el testigo sedimentario recolectado en el río Angachilla (datos de Tabla 4.1.53). Los contenidos de arena inorgánica muestran una clara tendencia a la disminución desde estratos más nuevos a estratos sedimentarios más antiguos (Fig. 4.1.83 a); esta tendencia es menos marcada, pero también detectable en la variabilidad vertical del fango inorgánico (Fig. 4.1.83 c). La fracción orgánica de la arena mostró una tendencia a disminuir desde estratos más jóvenes a más antiguos (Fig. 4.1.83 b), a la vez que las mayores concentraciones de fango orgánico ocurrieron en estratos intermedios (Fig. 4.1.83 d).

Tabla 4.1.53. Variabilidad textural en los 24 estratos de 1 cm de espesor analizados en el testigo recolectado en el río Angachilla; el estrato 1 es el más cercano a la superficie a la vez que el estrato 17 es el más profundo. Las variables son las mismas que las de la Tabla 4.1.50, pero en este caso los valores son absolutos y están expresados en gramos.

estratos	arentot	areninor	arenorg	fangtot	fanginor	fangorg	inortot	orgtot
1	78,960	74,299	4,661	12,482	11,142	1,340	85,441	6,001
2	81,060	77,569	3,491	7,807	7,063	0,744	84,632	4,235
3	73,160	70,384	2,776	11,226	9,824	1,402	80,208	4,178
4	77,067	73,772	3,295	2,493	2,245	0,248	76,017	3,543
5	57,981	55,258	2,723	14,136	12,547	1,589	67,805	4,312
6	38,081	35,914	2,167	13,523	12,075	1,448	47,989	3,615
7	49,973	46,890	3,083	12,203	10,874	1,329	57,764	4,412
8	34,489	31,454	3,035	18,408	13,959	4,449	45,413	7,484
9	43,129	40,532	2,597	11,423	9,806	1,617	50,338	4,214
10	52,572	49,653	2,919	7,130	6,340	0,790	55,993	3,709
11	62,123	59,179	2,944	8,442	7,456	0,986	66,635	3,930
12	57,440	53,998	3,442	9,890	8,515	1,375	62,513	4,817
13	47,257	44,210	3,047	10,947	9,591	1,356	53,801	4,403
14	43,845	41,892	1,953	9,585	7,951	1,634	49,843	3,587
15	47,656	44,952	2,704	19,512	11,335	8,177	56,287	10,881
16	57,746	55,023	2,723	14,630	9,007	5,623	64,030	8,346
17	52,582	49,979	2,603	16,901	12,579	4,322	62,558	6,925
18	50,382	47,382	3,000	7,649	6,754	0,895	54,136	3,895
19	57,781	54,251	3,530	5,731	5,004	0,727	59,255	4,257
20	45,221	43,062	2,159	5,099	4,444	0,655	47,506	2,814
21	49,739	47,210	2,529	6,835	5,941	0,894	53,151	3,423
22	38,652	36,691	1,961	6,254	5,210	1,044	41,901	3,005
23	31,581	29,504	2,077	6,326	5,201	1,125	34,705	3,202
24	15,461	14,068	1,393	3,685	2,970	0,715	17,038	2,108

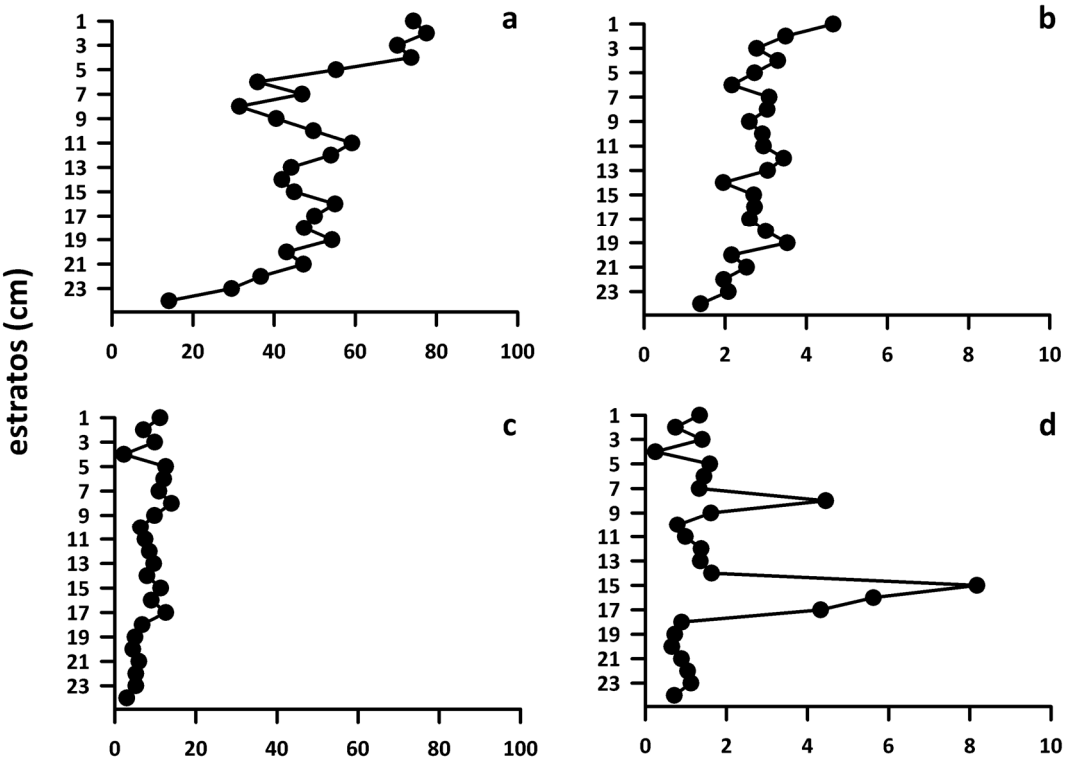


Figura 4.1.83. Variabilidad vertical de la arena inorgánica y orgánica (a y b) y del fango inorgánico y orgánico (c y d) en el testigo sedimentario recolectado en el río Angachilla. Ya que el estrato 1 es el más cercano a la superficie o más nuevo y el estrato 24 es el más profundo o más antiguo, esta variabilidad vertical es también variabilidad temporal.

La Tabla 4.1.54 muestra los contenidos de metales pesados en el segundo testigo sedimentario recolectado en el río Angachilla. Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) fueron los metales con las concentraciones más altas, a la vez que Plomo (Pb), Arsénico (As) y Mercurio (Hg) tuvieron las concentraciones más bajas (Tabla 4.1.54). No se detectó Cadmio con la técnica utilizada en los análisis.

El Hierro varió entre 45199 y 30419 µg / g, con un promedio de 38828 µg g^{-1} (D.S. = 4289 µg / g) a lo largo de la columna sedimentaria; el Aluminio alcanzó un promedio de 36435 µg / g (D.S. = 5315 µg / g^{-}), con máximos y mínimos de 45439 y 25437 µg g^{-1}, respectivamente; el promedio de Manganeso fue de 250 µg / g (D.S. = 33 µg / g), con máximos y mínimos de 316 y 197 µg g, respectivamente. (Tabla 4.1.54).

El Cobre varió entre 27 y 16 µg / g, con un promedio de 23 µg / g (D.S. = 4 µg / g); el Zinc alcanzó un promedio de 59 µg / g (D.S. = 5 µg / g), con máximos y mínimos de 67 y 46 µg / g, respectivamente; el Plomo fue detectado con concentraciones que variaron entre 7 y 3 µg / g y un promedio de 5 µg / g (D.S. = 1 µg / g) (Tabla 4.1.54).

Los metales pesados Arsénico y Mercurio presentaron promedios de 6 y 0,03 µg / g (D.S.= 1 y 0,01 µg / g, respectivamente), variando entre 7 y 4 y entre 0,09 y 0,002 µg / g, respectivamente (Tabla 4.1.54).

Tabla 4.1.54. Variabilidad en la concentración de metales pesados (μg / g) en los 24 estratos analizados en el en el testigo sedimentario recolectado en el Angachilla. Ya que el estrato 1 es el más cercano a la superficie o más nuevo y el estrato 24 es el más profundo o más antiguo, esta variabilidad vertical es también variabilidad temporal.

estratos	Fe	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	As	Hg
1	37965	37121	255,0	20,8	59,0	7,2	6,2	0,03
2	30419	33056	206,0	15,7	49,9	5,2	6,4	0,02
3	36684	34061	250,9	22,1	59,1	5,7	6,0	0,03
4	33404	31272	232,7	18,6	54,7	4,6	4,9	0,03
5	33237	29983	232,5	17,6	51,4	3,6	5,9	0,02
6	30600	25437	213,2	15,6	46,0	3,8	4,2	0,02
7	33740	30319	241,5	17,8	55,7	3,3	5,5	0,03
8	39521	36217	272,9	21,8	59,3	4,4	6,6	0,04
9	38274	34982	252,6	19,7	55,3	4,4	5,8	0,03
10	44224	38852	316,0	26,4	64,4	5,8	6,4	0,03
11	42033	43347	306,8	25,8	65,5	5,6	5,6	0,04
12	42709	43803	306,2	27,1	66,9	6,3	6,4	0,03
13	40287	37573	276,9	24,6	58,2	5,6	5,8	0,04
14	42744	38064	285,3	25,9	64,3	5,3	6,3	0,04
15	39681	36745	256,1	22,5	58,5	3,8	6,2	0,03
16	42127	40862	267,8	25,0	60,3	4,9	5,9	0,04
17	44261	37879	265,5	26,9	66,5	4,8	7,0	0,04
18	44087	41395	259,3	27,2	66,3	4,8	5,7	0,04
19	38340	36957	227,1	22,7	56,7	4,1	5,7	0,03
20	36520	28819	217,7	21,0	54,4	4,2	6,7	0,03
21	37476	29148	222,3	21,7	55,7	3,8	5,9	0,02
22	40407	45439	229,9	27,2	60,9	5,2	7,2	0,04
23	37925	41960	208,0	24,3	57,6	4,5	7,0	0,04
24	45199	41154	196,8	27,2	60,1	4,0	6,2	0,09

La Figura 4.1.84 muestra la variabilidad temporal de las concentraciones de metales pesados a lo largo de los estratos 1 a 24. En general y con excepción del Manganeso y Arsénico, las concentraciones de todos los metales aumentaron hacia los estratos más profundos o antiguos.

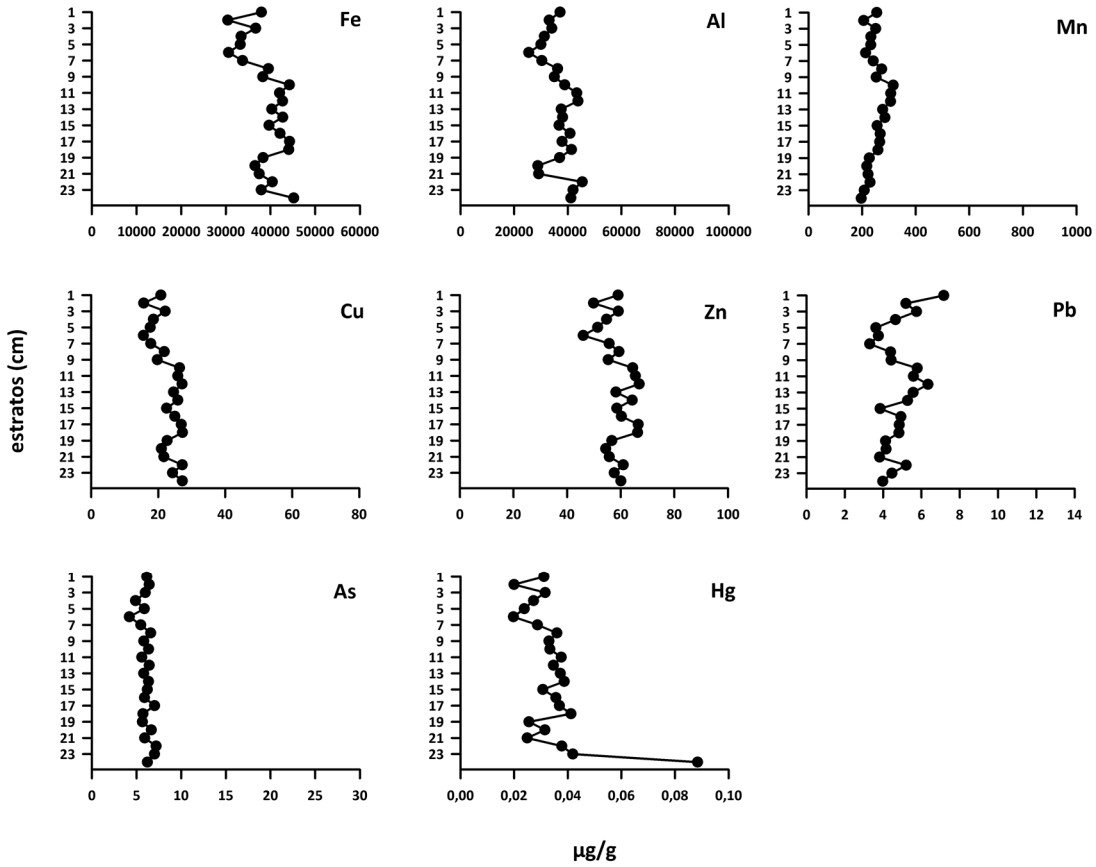


Figura 4.1.84. Variabilidad vertical de las concentraciones de metales pesados en el testigo sedimentario recolectado en el Angachilla. Ya que el estrato 1 es el más cercano a la superficie o más nuevo y el estrato 24 es el más profundo o más antiguo, esta variabilidad vertical es también variabilidad temporal.

Discusión

Los sedimentos analizados corresponden a las típicas granulometrías para sedimentos depositados en ambientes regidos por mareas, sin grava y con altas proporciones de fango orgánico. Sin embargo, en la estación río Cruces, sector Fuerte San Luis de Alba, dominó fango arenoso a la vez que en el sector de Angachilla los sedimentos correspondieron a arena fangosa. En este último, la fracción de arena constituyó aproximadamente el doble con respecto a igual contenido en la estación del río Cruces. La fracción de fango total en promedio fue de 58 % en Cruces y sólo 17% en Angachilla, y el fango orgánico alcanzó 10 y 3% en estas mismas estaciones. En ambos testigos sedimentarios se observaron cambios estructurales (vía imágenes de

rayos X) que permitieron inferir la presencia del suelo de 1960 a unos 10 cm de profundidad en la planicie intermareal del río Cruces, sector Fuerte San Luis y a 16 cm en el sitio de Angachilla.

Los contenidos de metales pesados fueron también diferentes entre sitios, con concentraciones más altas en el testigo sedimentario del río Cruces. Mientras que en el testigo del río Cruces la variabilidad vertical o temporal no mostró tendencias claras, en el del río Angachilla las concentraciones de la mayor parte de los metales fueron más altas en estratos sedimentarios más profundos o antiguos.

Conclusiones

- Los sedimentos analizados corresponden a las típicas granulometrías para sedimentos depositados en ambientes regidos por mareas, sin grava y con altas proporciones de fango orgánico. Los sedimentos de la planicie del río Cruces, sector Fuerte San Luis correspondieron a fango arenoso, a la vez que los del sitio estudiado en el río Angachilla correspondieron a arena fangosa.
- Los contenidos de metales pesados fueron distintos entre ambas sitios, con concentraciones más altas en el testigo sedimentario del río Cruces.
- Los análisis de radiografías permitieron inferir la presencia del suelo de 1960 a unos 10 cm de profundidad en el testigo sedimentario del río Cruces y a 16 cm en el del río Angachilla.

4.1.5. Análisis comparativos

4.1.5.1. Calidad de agua

En general, los resultados de este Programa de Diagnóstico no son comparables con resultados históricos de otros programas (tales como el Plan de Vigilancia Ambiental de Planta Arauco Valdivia o el registro de la Dirección General de Aguas (DGA), debido a que los datos originados en esos programas presentan diferencias de metodología, número de estaciones de muestreo y límites de detección analítico. Para el último caso, las diferencias entre las metodologías utilizadas entre éste y otros

programas, generan diferencias de varios órdenes de magnitud con los límites de detección informados en este estudio. En términos prácticos, las diferencias pueden ir por ejemplo entre 0,1 mg/L a 0,0001 mg/L en los límites de detección, lo que implica una diferencia de tres órdenes de magnitud y consecuentemente, un aumento de la sensibilidad de los análisis.

Debido a lo anterior, los resultados obtenidos en este Programa de Diagnóstico sólo se comparan a modo de referencia con la Guía CONAMA 2004 (Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas) y con la Norma Chilena 1333 para Regadío. La Tabla 4.1.55 muestra los resultados de tales análisis comparativos los cuales se realizan para las variables consideradas como relevantes en los mismos.

DBO_5, DQO y COT

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) se utiliza para estimar la cantidad de materia orgánica biodegradable en un periodo de cinco días. Básicamente, este parámetro indica la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica por la acción bioquímica aeróbica. Por este motivo, la oxidación de esta materia orgánica genera una demanda de oxígeno la que se denomina demanda bioquímica de oxígeno (DBO), porque esta reacción es catalizada por la presencia de microorganismos en el agua. Un valor bajo de este parámetro indica un bajo contenido de materia orgánica fácilmente oxidable (lábil) por microorganismos, lo que produce altos contenidos de oxígeno en la columna de agua y por lo tanto es esperable un bajo número de microorganismos (Manaham, 2000). Esto explicaría los bajos valores de DBO_5 encontrados en las campañas de mayo y julio de 2014.

Por otra parte, la demanda química de oxígeno (DQO) del agua puede considerarse como una medida aproximada a la demanda teórica de oxígeno; es decir, la cantidad de oxígeno consumida para la oxidación total de los constituyentes orgánicos a productos inorgánicos. Esto significa que existen reacciones de los compuestos inorgánicos presentes en el agua (*e.g.*, compuestos nitrogenados reducidos como el Amonio, formas reducidas de Hierro y metales como el Cromo y

Manganeso) y materia orgánica refractaria cuya oxidación eleva el consumo de oxígeno (van Loon & Duffy, 2011) generando altos valores de DQO. Esto explicaría la mayor DQO observada en julio 2014, lo que coincide con las concentraciones más altas de compuestos nitrogenados reducidos durante esa campaña.

Cuando se compara el valor de DBO_5 con las clases de agua especificadas en la Guía CONAMA (2000), las concentraciones promedio obtenidas en cada sector de estudio estuvieron en el rango de 0,9 a 2,3 mg/L (ríos Angachilla y Calle Calle, respectivamente), lo que corresponde a Clase de Excepción; es decir son aguas de extraordinaria pureza y escasez y también adecuadas para la conservación de las comunidades acuáticas.

La relación entre los valores de DBO_5 y DQO se puede utilizar como indicativo de la biodegradabilidad de la materia orgánica; en aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor a 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y orgánico si es mayor a 0,6. La relación DBO_5/DQO promedio estimada en este estudio fue de 0,21 para el sector límnico (estaciones 1 y 2), 0,19 para el eje central del río Cruces (estaciones 3, 4, 5, 6 y 7), 0,15 para el sector de los ríos tributarios del humedal (estaciones 8, 9, 10 y 11), 0,46 para el río Calle Calle, 0,28 para el río Valdivia y 0,12 para el río Angachilla. Es decir, la materia orgánica presente en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y en el sector del río Angachilla es de tipo natural, con bajo contenido de material lábil (*i.e.*, fácilmente oxidable por microorganismos) y dominancia de fracciones refractarias lo que indica un origen natural para la misma. Por el contrario, en el sector de los ríos Calle Calle y Valdivia, existe mayor aporte de materia orgánica lábil u oxidable por microorganismos – situación consistente con la presencia de la ciudad de Valdivia - ya que hay un aumento de la DBO_5 con una DQO relativamente constante (*cf.* Tabla 4.1.7).

Los sistemas acuáticos de agua dulce tienen un alto contenido de Materia Orgánica Natural (MON) la que puede tener un origen alóctono, lo que puede estar relacionado a la cuenca de drenaje, degradación de la vegetación terrestre y lixiviado de los suelos mediante escorrentía causada primariamente por lluvias. Esta materia

orgánica también puede tener un origen autóctono (interno) proveniente de la biota que crece en el cuerpo de agua (Volk *et al*., 2002). Así, el Carbono orgánico total (COT) representa el carbono que forma parte de las sustancias orgánicas del agua y que se originan de forma natural en plantas y animales como resultado de su metabolismo, excreción y descomposición; más aún, los efluentes de las industrias que utilicen compuestos orgánicos también son una fuente significativa de emisión de COT al ambiente acuático. Elevadas concentraciones de COT en el agua generan disminución del oxígeno disuelto en las mismas. No existe conocimiento de que el COT provoque efectos adversos sobre la salud humana.

En este estudio, el contenido de COT varió entre 1,1 y 2,2 mg/L (sector río Calle Calle y ríos tributarios del humedal del río Cruces, respectivamente). Este parámetro no se encuentra regulado por la Guía CONAMA y tampoco por la Norma Chilena 1333 para regadío. El contenido de COT para agua potable aceptado por el Water Management Branch, Environmental and Resource Management, Ministry of Environment, Lands and Parks (2001) de British Columbia (Canadá) es de 4 mg/L, nivel que es aproximadamente el doble del valor más alto de COT estimado en el presente Programa de Diagnóstico.

Bacterias coliformes fecales

En general, las Bacterias coliformes fecales en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, presentaron valores inferiores a 1000 NMP/100 mL. Al comparar tales valores con los de la Guía CONAMA, se obtiene que en general y con excepción de las estaciones ubicadas fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, la mayoría de los puntos de muestreo dentro del humedal tienen aguas de Clase 1 o de muy buena calidad (NMP < 1000). Por otra parte, el agua de estaciones ubicadas fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (estación 12 o río Calle Calle estación 13 o río Valdivia y estación 14 o río Angachilla) corresponde en general a la Clase 2 (aguas de buena calidad).

Sulfatos y Cloruros

El ión Sulfato (SO_4^{2-}), es muy soluble en agua y es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia. El nivel máximo de Sulfato sugerido por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en las directrices para la calidad de agua potable es de 500 mg/L. La Unión Europea (1998) sugiere concentraciones de Sulfato inferiores a 250 mg/L para el agua destinada a consumo humano, valor nunca alcanzado durante el desarrollo de este estudio. El valor máximo aquí registrado fue de 206 mg/L en la estación 14 (río Angachilla) durante la campaña de abril de 2014, concentración probablemente influenciada por la cercanía de esta estación a la desembocadura en el mar del complejo estuarial de los ríos Valdivia & Angachilla.

La presencia de Cloruro en aguas naturales se atribuye a la disolución de depósitos minerales en la superficie de los suelos, aguas percoladas desde predios agrícolas y presencia de desechos domésticos (orina humana y animal). Cabe destacar que una concentración de 500 mg/L de NaCl en agua de ríos resulta en un sabor salino; sin embargo, el organismo humano puede soportar hasta 2500 mg/L (Rivera *et al*., 2004). De acuerdo a la Norma Chilena 1333 para Regadío, El contenido máximo de Cloruro en aguas para riego es de 200 mg/L; por lo tanto, el agua de la mayor parte del área de estudio es apta para riego, a excepción del agua de la estación 14 (río Angachilla), la que durante la campaña de abril 2014 presentó una concentración de 1670 mg/L, lo que reafirma la influencia de aguas de mayor salinidad en esta zona del área de estudio.

En términos generales y según la Guía CONAMA (2004) las aguas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (considerando valores promedio) pueden ser clasificadas en clase de excepción para ambos iones (120 mg/L Sulfato y < 80 mg/L Cloruro). Con respecto a la Norma Chilena 1333 para Regadío, estos iones se encuentran bajo los límites máximos permitidos para el uso de aguas para regadío.

Metales pesados disueltos y particulados

El contenido de Metales pesados en los sistemas acuáticos de agua dulce (ríos, lagos y aguas subterráneas), puede ser altamente variable dependiendo del tipo de

sistema y el área de drenaje asociada con el cuerpo de agua en particular. En general, el contenido de metales en el agua está asociado fuertemente al contenido de material particulado por una parte y por otra, a los cambios estacionales de las propiedades químicas del agua (*e.g.*, presencia de oxi-aniones, presencia de formas reducidas de azufre o materia orgánica) lo que puede influenciar significativamente el destino y transporte de metales en los sistemas acuáticos de agua dulce (Mason, 2013). Los metales pueden ser transportados desde los continentes a través de los ríos hasta llegar al mar, formando metales en solución, adheridos a moléculas o formando parte de estructuras químicas que conforman el material en suspensión (Callender, 2004).

Las vías de ingreso de Metales pesados a los sistemas acuáticos más conocidas son el aporte atmosférico, transporte advectivo y descargas; mientras que la fracción particulada de los mismos se retiene en los suelos y sedimentos, la fracción disuelta circula libremente por el cauce. La presencia y abundancia de los metales disueltos y particulados tienen una fuerte dependencia del pH, de los procesos de advección/difusión, caudal, estacionalidad y condiciones biogeoquímicas (Gundersen & Steines, 2003). Por otra parte, se debe indicar que los metales son constituyentes normales de los sistemas acuáticos y muchos de ellos son esenciales para la vida, dado que su ausencia puede afectar el crecimiento de los organismos y a su vez pueden llegar a ser tóxicos para la biota si se superan las concentraciones que son necesarias como micronutrientes (Morel *et al.*, 2004).

Durante el desarrollo de este Programa de Diagnóstico, los Metales pesados más abundantes fueron Hierro, Aluminio y Manganeso, a la vez que los de menores concentraciones fueron Plomo, Cadmio y Mercurio. El orden decreciente de concentraciones fue: Hierro > Aluminio > Manganeso > Zinc > Cobre > Arsénico > Plomo > Cadmio > Mercurio para los Metales pesados disueltos y Aluminio > Hierro > Manganeso > Zinc > Cobre > Plomo > Arsénico > Cadmio > Mercurio para los Metales pesados particulados.

Los resultados obtenidos en este Programa de Diagnóstico muestran una fuerte correlación de Al y Fe, en sus fracciones disueltas y particuladas, lo que sugiere un

origen común de estos elementos y de los Aluminio silicatos de origen de la corteza continental.

A partir de las concentraciones de los Metales pesados particulados (ug/g) y de los Sólidos Suspendidos Totales (ug/L), se obtuvieron los metales particulados corregidos (ug/L), con lo que se establecieron las concentraciones de metales totales (ug/L); es decir, fracción disuelta más fracción particulada. Esta corrección permitió establecer la abundancia porcentual de cada una de las fracciones analizadas en la columna de agua para cada uno de los sitios y campañas de muestreo. Del análisis de estos resultados se desprende que la mayor concentración de metales se encuentra en la fracción particulada con abundancias porcentuales que varían entre un 70 y 90% de la abundancia total de metales. En términos generales, las concentraciones promedio muestran que la fracción disuelta representa sólo el 25% de la abundancia de metales en la columna de agua y la fracción particulada el 75% restante, lo cual es consistente con un aporte de origen natural de los metales presentes en el área de estudio.

Tabla 4.1.55. Resultados de análisis comparativos de calidad de agua. L = sector límnico, EE = eje estuarial del río Cruces, T = ríos tributarios del humedal.

	parámetros		Programa de Diagnóstico 2014 - 2015						Guía CONAMA				Nch 1333
			L	EE	T	río Calle Calle	río Valdivia	río Angachilla	excepción	clase 1	clase 2	clase 3	LMP
nutrientes y otros	temperatura	ºC	11,3	12,1	11,4	12,4	12,3	12,2	<0,5	1,5	1,5	3	-
	pH	u-ph	7,2	7,6	7,3	7,1	7,2	7,3	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	-
	conductividad	µS/cm	40,9	142,1	66,7	32,1	183,4	1544,9	<600	750	1500	2250	-
	SDT	mg/L	35,3	116,3	55,8	27,7	148,0	1250,3	<400	500	1000	1500	-
	SST	mg/L	13,9	5,8	7,8	8,2	7,2	5,7	<24	30	50	80	-
	transparencia	M	0,7	2,2	2,0	3,1	2,0	1,9	-	-	-	-	-
	OD	mg/L	10,4	10,2	9,7	10,5	10,5	9,2	>7,5	7,5	5,5	5	-
	DBO_5	mg/L	1,3	1,1	1,2	2,3	1,6	0,9	<2	5	10	20	-
	DQO	mg/L	5,8	5,6	8	5	5,7	7,7	-	-	-	-	-
	COT	mg/L	1,5	1,9	2,2	1,1	1,2	1,8	-	-	-	-	-
	$N\text{-}NH_4$	mg/L	0,012	0,008	0,011	0,007	0,021	0,008	<0,5	1	1,5	2,5	-
	$N\text{-}NO_3$	mg/L	0,160	0,086	0,083	0,058	0,057	0,035	-	-	-	-	-
	$N\text{-}NO_2$	mg/L	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	<0,05	0,06	>0,06	<0,06	-
	N-Total	mg/L	0,297	0,215	0,253	0,141	0,176	0,167	-	-	-	-	-
	P-Total	mg/L	0,039	0,020	0,024	0,017	0,022	0,018	-	-	-	-	-
	$P\text{-}PO_4$	mg/L	0,003	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002	-	-	-	-	-
	Coliformes totales	NMP/100 mL	5707,5	2688,0	325,4	1891,7	15700,0	2045,0	<200	2000	5000	10000	-
	Coliformes fecales	NMP/100 mL	526,7	557,5	84,4	1573,7	5516,7	1092,3	<10	1000	2000	5000	1000
	SO_4^{2-}	mg/L	3,7	8,4	4	1,7	5,6	70,2	<120	150	500	1	250
	Cl^-	mg/L	5	37,4	15,6	1,7	34,5	572,1	<80	100	150	200	200

Continuación **Tabla 4.1.55**

	Parámetros		Programa de Diagnóstico 2014 - 2015						Guía CONAMA			Nch 1333
			L	EE	T	río Calle Calle	río Valdivia	río Angachilla	excepción	clase 1	clase 2	clase 3	LMP
metales disueltos	Fe	mg/L	0,051	0,056	0,095	0,026	0,039	0,042	<0,8	1	5	5	5
	Al	mg/L	0,013	0,012	0,022	0,012	0,012	0,013	<0,07	0,09	0,1	5	5
	Mn	mg/L	0,009	0,005	0,012	0,002	0,002	0,005	<0,04	0,05	0,2	0,2	0,2
	Cu	µg/L	0,38	0,57	0,53	0,32	0,29	0,41	<7,2	9	200	1	200
	Zn	mg/L	0,0006	0,0008	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	<0,096	0,12	1	5	2
	Pb	mg/L	0,000014	0,000079	0,000009	0,000008	0,000013	0,000018	<0,0025	0	0,2	5	5
	Cd	µg/L	0,004	0,266	BLD	BLD	BLD	BLD	<1,8	2	10	10	10
	As	mg/L	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	<0,04	0,05	0,1	0,1	0,1
	Hg	µg/L	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	<0,04	0,05	0,05	1	1
metales particulados	Fe	µg/g	87018,6	76659,5	89787,7	51824,2	48062,1	55044,7	-	-	-	-	-
	Al	µg/g	86814,4	74831,1	83704	71000,8	60773,8	67681,9	-	-	-	-	-
	Mn	µg/g	3349,3	3175,3	2920,6	1774,5	1581,7	760	-	-	-	-	-
	Cu	µg/g	100,5	79,1	68,3	90,6	77,9	73,9	-	-	-	-	-
	Zn	µg/g	213,5	178,4	117,2	304,4	124,9	121,7	-	-	-	-	-
	Pb	µg/g	16,7	15,6	19	16,9	14,2	13,2	-	-	-	-	-
	Cd	µg/g	0,22	0,14	0,14	0,07	0,07	1,49	-	-	-	-	-
	As	µg/g	17,4	21,6	17,1	19,7	21,6	19,8	-	-	-	-	-
	Hg	µg/g	0,08	0,06	0,11	0,02	0,02	0,03	-	-	-	-	-
orgánicos	Ac. Grasos	µg/L	6,7	8,2	3,6	3,5	11,6	10,2	-	-	-	-	-
	Ac. Resínicos	µg/L	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	-	-	-	-	-
	AOX	µg/L	16,1	18,7	14,1	18,2	12,9	26,7	-	-	-	-	-
	Dioxinas	ng/L	0,00388	0,00518	0,00055	0,00068	ENM	ENM	-	-	-	-	-
	Furanos	ng/L	0,00332	0,00705	0,00028	0,00023	ENM	ENM	-	-	-	-	-
	EQTs	ng/L	0,00014	0,00011	0,00003	0,00002	ENM	ENM	-	-	-	-	-

El coeficiente de partición (Log k_d) es una aproximación cuantitativa que refleja la fracción que es susceptible de ser lixiviada desde los elementos particulados y que posteriormente puede ser incorporada a la fracción biodisponible o disuelta. El coeficiente de partición es definido como el logaritmo de la proporción entre la concentración de un metal particulado, corregido a los sólidos suspendidos totales sobre la concentración de los metales disueltos para la misma muestra. Los resultados de K_d del presente diagnóstico (Tabla 4.1.56) son en general menores a lo informado para aguas continentales de EEUU (EPA, 2005). Esto indica que la distribución de Metales pesados está asociada al material particulado, lo que se traduce en que la distribución de los metales estará determinada por el destino de las partículas que lo transportan, generando una distribución espacial acotada.

Tabla 4.1.56. Comparación de Coeficientes de Partición (Log Kd) para metales seleccionados, con respecto a la referencia EPA (2005).

	EPA (2005)	**río Cruces (2014)**
Fe	-	3,1
Al	-	3,7
Mn	-	2,7
Cu	4,7	2,2
Zn	5,1	2,7
Pb	-	3,4
Cd	-	1,3
As	-	1
Hg	5,3	0,8

Todos los Metales pesados disueltos analizados en este estudio se encuentran dentro de la clase de excepción de la Guía CONAMA (Tabla 4.1.55), las que en consecuencia presentan una calidad adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase. Las concentraciones metales disueltos para este estudio están por debajo de los límites máximos permitidos para la Normas Chilena 1333 que permite el uso de estas aguas para regadío (Tabla 4.1.55).

Ácidos Grasos, Ácidos Resinicos, AOX, Dioxinas, Furanos, EQTs

Los compuestos orgánicos complejos (*i.e.,* Ácidos grasos, Ácidos resínicos, Compuestos órgano-halogenados adsorbidos (AOX), Dioxinas y Furanos), han sido ampliamente utilizados como trazadores para la caracterización y distribución de la materia orgánica en los sistemas acuáticos debido a que provienen de fuentes específicas y poseen una alta resistencia a la degradación biológica y química, en comparación con moléculas orgánicas simples. Tradicionalmente, estos parámetros también han sido utilizados alrededor del mundo para caracterizar los efluentes de plantas de celulosa (Zaror, 2005).

Los Ácidos grasos se pueden utilizar para diferenciar material orgánico alóctono derivado de plantas vasculares terrestre y material autóctono producido por el fitoplancton o bacterias, así como de fuentes biogénicas como la intemperización de los sedimentos o de aportes directos proveniente desde los combustibles fósiles. Los resultados obtenidos en este Programa de Diagnóstico, muestran concentraciones dentro del mismo orden de magnitud, no detectándose diferencias estadísticamente significativas entre sectores.

Los Ácidos resinicos son componentes que se encuentran presentes naturalmente en la madera (principalmente pino) y que son parte de las sustancias extraíbles de la madera. Los Ácidos resínicos son compuestos bioactivos que producen efectos deletéreos sobre la biota acuática. Estos compuestos no fueron detectados en ninguna de estaciones y campañas de muestreo de este Programa de Diagnóstico.

Los AOX corresponden a un grupo amplio de compuestos órgano-halogenados, en los cuales hay sustituciones de átomos de hidrógeno por átomos de halógenos (*i.e.*, Cl, Br, F y I). Estos compuestos corresponden a sustancias utilizadas ampliamente en procesos industriales como producción de cloruro de vinilo, productos fitosanitarios tales como pesticidas (*e.g.*, DDT, Aldrin, Paration), disolventes orgánicos como el tricloro etileno y tricloro etano, compuestos utilizados en los sistemas de refrigeración como clorofluorcarbono (CFC) y bifenilos policlorados (PCB). Dentro de los AOX, también se incluyen compuestos que resultan del contacto con Cloro o sus derivados

(Cl_2, NaClO, ClO_2, $NaClO_2$, etc.) con materia orgánica; igualmente productos derivados del proceso de potabilización del agua con hipoclorito de sodio, lo que da origen a compuestos órgano halogenados como el trihalometano (CHX) donde X representa al Cl, Br o F. Finalmente, se incluyen dentro de los AOX compuestos derivados de la reacción de los halógenos con materia orgánica a altas temperaturas, originando compuestos como Dioxinas, Furanos y PCB tipo del tipo Dioxinas (Graig *et al.,* 1990; Adriaens *et al*., 2003).

Los AOX son compuestos orgánicos halogenado característicos de la actividad de las industrias de celulosa (Francis *et al*., 1997; Zaror, 2005); aparte de su relación con la producción de celulosa también está ampliamente documentado la formación de AOX en forma natural (Asplun & Grimvall, 1991; Oberg, 2002). Adicionalmente, en estudios de geocronología de sedimentos lacustres se ha detectado la presencia de estos compuestos en épocas (> 200 años) en donde aún no existía la industria de la celulosa (Muller *et al.*, 1996). Los resultados del Programa de Diagnóstico, muestran que el promedio de AOX en el agua por sector es estrecho (rango 14,1 ug/L en el sector de los ríos tributarios y 26,7 ug/L en el río Angachilla), con valores que están dentro del rango histórico (rango de concentración 1 a 180 ug/L) de lo medido en la desembocadura del río Itata en el Programa de Monitoreo Ambiental del Complejo Nueva Aldea (PVA Nueva Aldea, 2013) y además son comparables con los valores informados (rango 0 – 200 ug/L) por el Plan de Seguimiento Ambiental de la Planta de Celulosa Arauco de San José de la Mariquina (PVA Valdivia, 2014).

El término Dioxina se refiere a la dibenzo-*p*-Dioxinas cloradas (DDCs) y Furano a dibenzofurano clorados (DFCs). En total se pueden formar 75 isómeros de Dioxinas y 135 de Furanos con diferentes grados de substituciones (“congéneres”). Esto determina que algunas veces se les denomina genéricamente como dibenzo Dioxinas / dibenzofuranospoliclorados (DD/DFPC). De estas moléculas, son de especial preocupación aquellas que tienen substituciones en las posiciones 2, 3, 7 y 8 por su toxicidad (Morrison & Murphy, 2006). Esto genera siete congéneres de Dioxinas y diez de Furanos, que tienen cuatro (tetra) a ocho substituciones (octas) y que fueron incluidas en el listado del Convenio de Estocolmo, como compuestos orgánicos

persistentes que deben ser monitoreados (Baird & Cann, 2008). Su estructura química consiste de dos anillos bencénicos conectados por dos o un átomo de oxígeno (Dioxinas y Furanos, respectivamente). Estas moléculas tienen ocho posiciones donde es posible que ocurra una substitución de un átomo de Hidrógeno por un halógeno como Cloro.

La presencia de DDCs y DFCs ha sido documentada en prácticamente cualquier medio, incluyendo agua, aire, suelos, carnes, leche, peces, vegetales y muestras biológicas humanas (Travisand Hattemer-Frey, 1991). Su amplia presencia en el ambiente es el resultado de la dispersión atmosférica y depositación de partículas que provienen de distintas fuentes. Por este motivo, es importante tener presente que las Dioxinas y Furanos son compuestos órgano-clorados que están en forma conspicua en el aire, suelo, sedimentos y biota, y que han sido producidos en forma involuntaria y que no tienen uso conocido. Estos compuestos son productos intermedios que se forman por actividades antropogénicas tales como incineración de desechos, quema de madera, manufactura de productos químicos, refinación de petróleo, combustión de combustibles residenciales y de automóviles, generación de energía eléctrica y producción de pulpa. También existen fuentes naturales que incluyen incendios forestales y volcanismo. Debido a su naturaleza hidrofóbica, la mayoría de los PCDD/F liberados al ambiente acuático finalmente se asocian con la fracción orgánica de los sólidos suspendidos y/o sedimentos y los tejidos ricos en lípidos de los organismos acuáticos.

Dado que las muestras de Dioxinas y Furanos que se analizan es una mezcla de los 17 congéneres que tienen substituciones en las posiciones 2, 3, 7 y 8 - cuya toxicidad es variable desde la mayor toxicidad para la Tetra cloro dibenzo Dioxina (TCDD o 2378) y la menor para la Octa cloro dibenzo Dioxina (OCDD) - las concentraciones de una muestra en particular se expresan en términos de los Equivalentes Tóxicos. Estos se estiman mediante la multiplicación de la concentración por un factor de toxicidad que se informa en NATO/CCMS (1988) y que ha sido establecido como el referente internacional (I-TEF) que en el año 1989 fue adoptado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EEUU. En el año 1998, estos factores

fueron revisados a sugerencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS), siendo designados a partir de ese año como Factores de Equivalencia Tóxica (FET)-OMS. Estos factores representan el grado de toxicidad de un congénere en particular y referido a la toxicidad del congénere más toxico que es la Tetra cloro dibenzo Dioxina (TCDD o 2378).

El Gobierno de Chile, a través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente en conjunto con la Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Concepción y en el marco del Inventario Nacional de Fuentes de Liberación de Dioxinas y Furanos, ha realizado a la fecha dos cuantificaciones de la producción de estos compuestos (años 2002 y 2007) en forma de inventarios, cuyo objetivo ha sido preparar un inventario nacional de liberaciones de Dioxinas y Furanos, identificando las principales fuentes y la cuantificación de sus liberaciones. Para lo último se utilizó como referencia el "Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos", 2ª edición de diciembre de 2005. Este documento, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, entrega una metodología de trabajo que permite obtener resultados comparables a nivel internacional.

Como resultado de la actualización del inventario nacional de liberaciones de Dioxinas y Furanos, se ha determinado una emisión de 118,338 g EQT/año, la cual considera todas las categorías mencionadas en el referido Instrumental. Al comparar las liberaciones informadas en el inventario del año base 2002, (85,608 g EQT/ año) con las obtenidas en el inventario del año 2007, se aprecia un incremento del 38%, el cual se debe principalmente a la incorporación de nuevos factores de emisión asociados a la Categoría 9 "Disposición final / Rellenos sanitarios". Las liberaciones de Dioxinas y Furanos se distribuyen a lo largo de todo el país, destacándose las regiones del Bio Bio (21,3%), Araucanía (19,1%) y Metropolitana (17,2%).

4.1.5.2. Calidad de sedimento

Debido a la no existencia de normativas de calidad ambiental para sedimentos en Chile, los resultados de este Programa de Diagnóstico se comparan con datos tomados de la literatura especializada.

Adicionalmente, se analizan en esta sección los resultados de estudios de concentraciones de Metales pesados y compuestos orgánicos (Ácidos grasos y resínicos, AOX, EOX, Dioxinas y Furanos) en muestras estratificadas de sedimentos obtenidas dentro y fuera del humedal del río Cruces (sectores Fuerte San Luis & San Martín y Angachilla, respectivamente), durante noviembre de 2014. Este tipo de comparación permitió obtener los niveles "background" o anteriores al año 2004 cuando se originaron los cambios ambientales en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Metales pesados

Muchos de los compuestos y elementos que ingresan a un cuerpo de agua continental son retenidos en los sedimentos que se depositan en el fondo del cauce. Estos depósitos son de gran valor científico para el estudio de estos ecosistemas, debido a que en ellos se conserva un registro histórico del tipo de sustancia y su abundancia. La concentración de Metales pesados en los sedimentos tiene estrecha relación con el tamaño de las partículas que constituyen el sedimento (*e.g.*, limo, arcilla y arena) y con la cantidad de materia orgánica sedimentada, lo que afecta al equilibrio ecológico y biogeoquímico del sistema. Estos compuestos y elementos acumulados en los sedimentos, pueden posteriormente actuar como fuentes de compuestos de los ecosistemas, dependiendo de la tasa de depositación y degradación, además del pH y potencial redox presente, entre otros factores (Acosta *et al.*, 2002).

Los sedimentos de los estuarios y ríos están conformados principalmente, por la fracción sedimentable orgánica y mineral de los sólidos suspendidos, y por los desechos celulares de la actividad bacteriana producidos por la oxidación de compuestos orgánicos biodegradables que ingresan al cauce por aportes naturales y

antropogénicos (Bohn *et al.*, 2001). Consecuentemente, el aumento de caudal y cambios en la dinámica fluvial de los cuerpos de agua superficial pueden afectar drásticamente la configuración del lecho de estos cuerpos acuáticos, así como la distribución y composición del sedimento.

Durante el desarrollo de este Programa de Diagnóstico, los Metales pesados en los sedimentos presentaron el siguiente patrón en términos de concentración: Aluminio > Hierro > Manganeso > Zinc > Cobre > Plomo > Arsénico > Mercurio > Cadmio. El hecho de que Aluminio, Hierro y Manganeso sean los metales más abundantes en los sedimentos del río Cruces y sus ríos tributarios, sugiere un origen común para los mismos; en la superficie del suelo estos se acumulan en forma de los siguientes agregados: i) limonita (agregado de óxidos e hidróxidos de Hierro), ii) bauxita (agregado de óxidos e hidróxidos de Aluminio); y ii) "wad" (óxidos e hidróxidos de Manganeso) (Otero *et al.*, 2005). A medida que el agua lluvia (pH < 6) se filtra por los suelos (percolación) y arrastra estos minerales (óxidos e hidróxidos), estos se disuelven (lixiviado) transformándose en soluciones o material particulado fino, los cuales se depositan en el sedimento de los cauces hídricos, aportando una señal de la corteza terrestre en la matriz sedimentaria.

En promedio, Arsénico, Mercurio y Cadmio son los metales menos abundantes de los sedimentos del área de estudio. Estos tres Metales pesados son considerados los de mayor preocupación debido a su toxicidad, persistencia, bioacumulación y biomagnificación en la biota. La principal fuente natural de estos metales es el vulcanismo y la erosión de los suelos, procesos que aportan estos elementos a los sistemas continentales. En este estudio, el Cadmio no fue detectado en ninguna de las estaciones de muestreo, a la vez que las concentraciones de Mercurio se encuentran para todas las estaciones bajo el rango informado para suelos continentales por Chester (2000). El Arsénico presenta un rango de 1,6 a 6,0 ug/g para suelos continentales (*sensu*, Chester, 2000; Tratado de Geoquímica), lo que evidencia que los los sedimentos del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios presentan concentraciones más altas que las informadas en las referencias, lo que sugiere que los sedimentos del área arriba mencionada tienen un enriquecimiento de este metal.

Los efectos adversos producidos por sedimentos contaminados sobre los organismos acuáticos pueden ser evaluados, a modo de referencia, mediante la Guía de Calidad de Sedimentos de Canadá (SQG) basada en los estudios de Long *et al*. (1999) y MacDonald *et al.* (2000). La SQG establece valores de referencia denominados efecto de rango bajo (ERL) y efecto de rango medio (ERM), de los cuales se derivan tres categorías de efectos biológicos adversos: raramente observados (concentración < ERL), ocasionalmente observados (concentración entre ERL y ERM) y frecuentemente observados (concentración > ERM). La Tabla 4.1.57 incorpora los valores de ERL y ERM; según esta clasificación, el contenido de Cobre registrado en los sedimentos de los tributarios del humedal del río Cruces y los del río Valdivia y las concentraciones de Arsénico para los sectores del eje central del río Cruces y del río Valdivia producirían efectos adversos ocasionales, en tanto que las concentraciones de Hierro, Aluminio, Manganeso, Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio raramente generarían efectos adversos en los organismos. Sin embargo, es necesario mirar con precaución estas comparaciones, ya que la Guía de Calidad de Sedimentos de Canadá se refiere a sedimentos cuyo origen y dinámica pueden ser muy diferentes a los del área estudiada en este Programa de Diagnóstico, lo que puede invalidar las conclusiones anteriores.

Tabla 4.1.57. Resultados de análisis comparativos de calidad de sedimentos. L = sector límnico, EE = eje estuarial del río Cruces, T = ríos tributarios del humedal. Los números 12, 13 y 14 corresponden a las estaciones ubicadas en los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla, respectivamente.

	parámetros	unidad	Programa de Diagnóstico 2014 - 2015						criterios de calidad de los sedimentos (Long *et al.*, 1995)		rango		referencias
			L	EE	T	12	13	14	ERL	ERM	Min	max	
	pH		6,7	6,7	6,5	6,5	6,7	6,5					
	P. redox	mV	43,2	-63,8	-25,5	-108,9	-102,4	-45,8					
	MOT	%	6,0	6,4	9,1	9,6	15,3	5,6					
	COT	%	2,6	1,4	2,1	1,2	3,2	3,1	-	-	0,1	5,4	Nassm Malik *et al*., 2014
metales disueltos	Fe	µg/g	31627	39814	44960	29100	36205	26017	-	-	40000	41700	Chester, 2000 / Tratado Geoquímica
	Al	µg/g	31994	43156	51156	32654	46319	30595	-	-	71000	78300	Chester, 2000 / Tratado Geoquímica
	Mn	µg/g	763	790	887	249	431	195	-	-	7700	10000	Chester, 2000 / Tratado Geoquímica
	Cu	µg/g	29,2	32,2	42,5	20,4	35,5	22,1	34	270	30	39	Chester, 2000 / Tratado Geoquímica
	Zn	µg/g	59,2	63,4	57	58,4	77,8	51,6	150	410	67	90	Chester, 2000 / Tratado Geoquímica
	Pb	µg/g	8,6	7,8	8,9	6,2	9,5	5,1	46,8	218	17	35	Chester, 2000 / Tratado Geoquímica
	Cd	µg/g	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	1,2	9,6	0,1	0,35	Chester, 2000 / Tratado Geoquímica
	As	µg/g	5,9	9,4	7,9	4,6	9,2	5,5	8,2	70	1,6	6	Chester, 2000 / Tratado Geoquímica
	Hg	µg/g	0,029	0,039	0,037	0,016	0,042	0,028	0,15	0,71	-	0,08	Tratado Geoquímica
Comp. orgánicos	Ac. Grasos	µg/g	149,5	172,6	403,3	241,5	61,5	269,7	-	-	9,9	29,7	Brewer *et al* 1998
	Ac. Resínicos	µg/g	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	-	-	0,24	0,79	Brewer *et al* 1998
	AOX	µg/g	69,3	44,4	35	58,3	90	104,1	-	-	5,6	231,4	Palm & Lammi, 1995
	EOX	µg/g	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	BLD	-	-	0,25	70,62	Palm & Lammi, 1995
	Dioxinas	ng/g	0,027	0,04	0,021	0,008	0,009	0,011	-	-	0,00005	3,44	National DioxinsProgram, 2004
	Furanos	ng/g	0,003	0,004	0,001	0	0	0,001	-	-	0,00006	0,509	National DioxinsProgram, 2004
	EQTs	ng/g	0,00035	0,00021	0,00013	0,00001	0,00008	0,00003	-	-	0,00004	0,025	National DioxinsProgram, 2004

Índices de Calidad de los sedimentos

Este enfoque para establecer la calidad de los sedimentos, permite tener una visión en conjunto de la información obtenida desde la matriz sedimentaria, comparándola con valores de referencia pre-industriales a nivel local (Chandia & Salamanca, 2012). En este análisis se utilizaron las concentraciones de Metales pesados y compuestos orgánicos (Ácidos grasos y resínicos, AOX, EOX, Dioxinas y Furanos) en muestras estratificadas de sedimentos obtenidas dentro y fuera del humedal del río Cruces (sectores Fuerte San Luis & San Martín y Angachilla, respectivamente), durante noviembre de 2014.

Las valores referenciales "background" fueron obtenidos del corte más profundo de 2 corer (cores o núcleos) recolectados desde el sector del eje central del río Cruces (C-1: 14 cm de sedimento) y del sector Angachilla o fuera del humedal (A-1: 24 cm de sedimento), en noviembre de 2014. Las muestras fueron tratadas químicamente al igual que el resto de las muestras de sedimentos obtenidas en este Programa de Diagnóstico (abril y julio). Los sedimentos de la base de estos corer (24 y 14 cm) muestran características propias del suelo vegetal previo al terremoto del año 1960, lo que permite utilizar estos estratos como representativos de los niveles de elementos y compuestos químicos previos a la instalación de la planta de ARAUCO en el área de estudio.

Factor de enriquecimiento (EF)

El factor de enriquecimiento se utiliza para evaluar el origen de los Metales pesados en los sedimentos.

$$EF = (Me/Al)_s/(Me/Al)_c$$

Donde, (*Me*)*s* es la concentración del metal en una muestra *(s)*; (*Al*)*s* es la concentración de *Aluminio*, (*Me*)*c* es la concentración de referencia del metal y (*Al*)*c* es la concentración de referencia de *Al*. Si el valor del *EF* es entre 0,5 y 1,5, esto sugiere que los metales trazas serían de origen natural (Zhang &Liu, 2002).

EF = >1, enriquecimiento promedio.

EF = <1, metal relativamente empobrecido respecto a la referencia (procesos de transformación físico/química).
EF = 1, concentración igual a la referencia.

Los resultados obtenidos del cálculo de los factores de enriquecimiento informados en la Tabla 4.1.58 muestran que, salvo algunas excepciones, todas las muestras presentan condiciones naturales, es decir, no se observa un enriquecimiento de metales. El rango absoluto de los factores de enriquecimiento obtenido varió entre 0,0 a 1,7 (Tabla 4.1.58), sólo 16 de las 504 muestras analizadas para los metales en sedimentos mostraron un valor de enriquecimiento mayor a 1,5 (considerado de origen natural, según Zhang & Liu, (2002)), respecto de los valores referenciales utilizados, lo que indica que los sedimentos presentan condiciones normales y totalmente comparable con los valores referenciales obtenidos desde los corer.

Tabla 4.1.58. Factores de Enriquecimiento (FE) en los sedimentos durante las campañas de otoño (oto) e invierno (inv); Programa de Diagnostico. i= réplica 1; ii= réplica 2.

estación	FE	Fe		Al		Mn		Cu		Zn		Pb		Cd		As		Hg	
		oto	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*
1	***i***	0,9	1,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,8	1,1	1,1	1,4	0,0	0,0	0,3	0,3	0,9	0,8	0,3	0,3
	ii	1,0	1,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,8	1,0	1,2	1,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,9	0,8	0,4	0,3
2	***i***	0,9	1,1	1,1	0,6	0,4	0,2	1,0	1,2	1,5	**1,7**	1,4	1,4	0,1	0,2	0,8	0,5	1,0	0,3
	ii	1,0	1,1	1,1	0,6	0,5	0,2	1,1	1,2	**1,7**	**1,7**	1,4	1,3	0,1	0,2	0,8	0,6	0,9	0,4
3	***i***	0,9	1,0	0,9	1,0	0,4	0,2	1,0	1,0	1,4	**2,0**	1,0	1,4	0,1	0,1	0,9	1,0	0,6	0,9
	ii	0,9	1,1	0,9	1,0	0,4	0,2	1,1	1,0	1,5	**1,9**	1,0	1,5	0,1	0,1	0,9	1,0	0,7	0,8
4	***i***	0,9	1,0	0,4	0,5	0,3	0,3	0,6	0,7	1,2	1,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,8	0,8	0,2	2,4
	ii	0,9	1,0	0,4	0,5	0,3	0,2	0,6	0,7	1,2	1,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,8	0,8	0,2	2,4
5	***i***	1,2	1,0	0,5	1,2	0,4	0,3	0,7	0,9	**1,8**	1,0	0,8	1,2	0,2	0,1	1,1	0,8	0,2	0,6
	ii	1,2	0,9	0,5	1,3	0,4	0,3	0,7	0,9	**1,9**	1,0	1,0	1,1	0,2	0,1	1,1	0,8	0,2	0,5
6	***i***	0,8	1,0	1,2	1,3	0,2	0,2	0,8	1,0	0,7	0,8	1,0	1,3	0,1	0,1	0,8	0,9	0,5	0,4
	ii	0,8	1,0	1,2	1,3	0,2	0,2	0,8	1,0	0,7	0,8	1,0	1,3	0,1	0,1	0,7	0,9	0,4	0,4
7	***i***	0,9	1,1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,6	0,7	1,3	1,3	0,9	1,3	0,2	0,2	0,9	1,1	0,3	0,3
	ii	1,0	1,2	0,6	0,6	0,2	0,2	0,7	0,7	1,4	1,3	1,4	1,3	0,2	0,2	1,0	1,0	0,4	0,3
8	***i***	0,8	0,9	0,5	0,5	0,3	0,3	0,6	0,6	0,8	0,7	1,1	1,3	0,2	0,2	0,6	0,6	0,2	0,0
	ii	0,8	0,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,6	0,5	0,8	0,6	1,3	1,2	0,2	0,2	0,7	0,5	0,2	0,0
9	***i***	1,0	1,2	1,5	0,6	0,2	0,3	**1,7**	0,9	0,8	1,0	1,2	1,4	0,1	0,2	0,7	0,7	0,4	0,3
	ii	1,1	1,3	1,4	0,5	0,3	0,3	1,8	0,9	0,8	1,1	1,3	1,3	0,1	0,2	0,8	0,7	0,4	0,4
10	***i***	0,8	0,7	1,4	**1,7**	0,2	0,2	0,8	0,6	1,1	0,8	1,4	1,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,7	0,5
	ii	0,8	0,7	1,3	**1,6**	0,2	0,2	0,8	0,6	1,1	0,9	1,4	1,1	0,1	0,1	0,6	0,5	0,7	0,6
11	***i***	1,0	1,0	0,8	0,9	0,3	0,3	1,0	0,9	1,1	1,0	1,5	1,1	0,1	0,1	0,8	0,7	0,4	0,5
	ii	1,0	1,0	0,8	0,9	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,2	0,1	0,1	0,7	0,7	0,5	0,5
12	***i***	1,0	0,9	0,5	0,7	0,1	0,1	0,6	0,8	**1,6**	1,4	1,4	1,2	0,2	0,1	0,6	0,6	0,3	0,4
	ii	0,9	0,9	0,5	0,7	0,1	0,1	0,6	0,8	1,5	1,4	**1,6**	1,3	0,2	0,1	0,6	0,6	0,3	0,4
13	***i***	0,6	1,0	1,0	0,9	0,1	0,2	0,8	1,0	1,2	1,5	1,2	**1,6**	0,1	0,1	0,7	0,9	0,5	0,7
	ii	0,7	1,0	0,9	0,8	0,1	0,2	0,8	1,0	1,3	**1,6**	1,4	**1,7**	0,1	0,1	0,7	1,0	0,6	0,7
14	***i***	0,8	1,1	0,7	0,5	0,1	0,1	0,8	1,0	1,3	**1,6**	1,1	1,4	0,2	0,2	0,8	0,7	0,7	0,5
	ii	0,8	1,0	0,6	0,5	0,1	0,1	0,7	0,9	1,3	1,4	1,1	1,2	0,2	0,2	0,8	0,7	0,7	0,5

Índice de geoacumulación (I_{geo})

Otro criterio para evaluar el grado de contaminación es el Índice de geoacumulación (I_{geo}) propuesto por Müller (1979), el cual que compara concentraciones actuales y pre-industriales de metales en sedimentos.

$$I_{geo} = \log_2\left(\frac{C_n}{1.5B_n}\right)$$

Donde C_n es la concentración medida de un metal dado en los sedimentos y B_n es la concentración de referencia del metal (n). El factor 1.5 es el factor de corrección de la matriz de referencia debido a los efectos litogénicos. Para la evaluación llevada a cabo en este estudio, se utilizaron las clases de contaminación propuestas por Müller (1981).

< 0 : no contaminado
0 – 1 : no contaminado a levemente contaminado
1 – 2 : moderadamente contaminado
2 – 3 : contaminado
3 – 4 : muy contaminado
4 – 5 : muy fuertemente contaminado
> 5 : totalmente contaminado

Los resultados obtenidos del cálculo del Índice de geoacumulación muestran que más del 97% de las determinaciones, se encuentra en el rango considerado no contaminado, y sólo 14 de las 504 muestras se pueden clasificar en el rango de no contaminado a levemente contaminado (Tabla 4.1.59). Los parámetros que están en esta categoría son el Cobre, Plomo y Zinc; no obstante, no se puede establecer ningún patrón temporal o espacial, ya que en esas 14 muestras el Índice de geoacumulación está muy cercano al límite inferior que separa las categorías, lo que puede estar determinado por la variabilidad de estas muestras y la sensibilidad analítica.

Tabla 4.1.59. Índice de Geo acumulación (I_{geo}) en los sedimentos durante las campañas de otoño (oto) e invierno (inv); Programa de Diagnostico. i= réplica 1; ii= réplica 2.

estación	I_{geo}	Fe		Al		Mn		Cu		Zn		Pb		Cd		As		Hg	
		oto	*inv*	*Oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*	*oto*	*inv*
1	***I***	-2,2	-1,9	-2,4	-2,2	-3,9	-3,9	-2,6	-1,8	-2,4	-1,6	-4,0	-3,9	-4,7	-4,0	-10,1	-10,1	-2,1	-1,5
	Ii	-2,3	-2,0	-2,4	-2,3	-3,9	-3,9	-2,6	-2,0	-2,3	-1,8	-3,7	-3,8	-4,8	-4,0	-10,1	-10,1	-2,1	-1,6
2	***I***	-0,4	-1,3	-0,8	-2,2	-3,9	-3,9	-0,4	-1,0	-0,5	-1,1	-0,5	-2,8	-1,6	-3,3	0,0	-0,8	**0,2**	-0,5
	Ii	-0,5	-1,3	-0,8	-2,1	-3,9	-3,9	-0,3	-1,1	-0,5	-1,1	-0,6	-2,6	-1,6	-3,3	0,0	-0,9	**0,3**	-0,5
3	***I***	-0,7	-0,6	-0,9	-0,6	-3,9	-3,9	-0,7	-0,5	-0,8	-0,5	-1,3	-0,8	-2,2	-2,8	-0,7	-0,1	-0,2	**0,4**
	Ii	-0,8	-0,6	-0,9	-0,5	-3,9	-3,9	-0,7	-0,5	-1,0	-0,4	-1,4	-0,8	-2,3	-2,8	-0,8	0,0	-0,2	**0,4**
4	***I***	-1,8	-1,7	-2,2	-2,0	-3,9	-3,9	-2,6	-2,2	-1,9	-1,7	-4,0	-0,5	-3,7	-3,7	-10,1	-10,1	-1,5	-1,5
	Ii	-1,8	-1,7	-2,1	-2,0	-3,9	-3,9	-2,6	-2,2	-1,9	-1,7	-3,8	-0,4	-3,6	-3,7	-10,1	-10,1	-1,5	-1,5
5	***I***	-1,7	-0,3	-1,5	-0,6	-3,9	-3,9	-2,2	-0,4	-1,3	-0,4	-3,9	-1,1	-2,9	-2,0	-1,9	-0,1	-0,8	-0,3
	Ii	-1,6	-0,3	-1,4	-0,6	-3,9	-3,9	-2,2	-0,5	-1,4	-0,4	-3,8	-1,2	-2,8	-2,0	-1,7	-0,1	-0,7	-0,3
6	***I***	-0,3	-0,2	-0,8	-0,4	-3,9	-3,9	-0,7	-0,2	-0,7	-0,3	-1,5	-1,6	-2,9	-2,4	-0,4	**0,1**	-0,8	-0,6
	Ii	-0,3	-0,2	-0,9	-0,4	-3,9	-3,9	-0,7	-0,2	-0,7	-0,3	-1,6	-1,6	-3,0	-2,4	-0,3	**0,2**	-0,8	-0,6
7	***I***	-1,3	-1,2	-1,4	-1,0	-3,9	-3,9	-2,1	-1,8	-1,4	-1,1	-2,9	-2,9	-3,7	-3,8	-1,4	-0,8	-1,0	-0,9
	Ii	-1,4	-1,3	-1,5	-1,4	-3,9	-3,9	-2,0	-1,9	-1,5	-1,1	-2,8	-2,9	-3,7	-3,8	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0
8	***I***	-1,5	-1,5	-2,1	-2,4	-3,9	-3,9	-2,3	-2,3	-1,8	-1,7	-3,6	-6,0	-3,4	-3,4	-1,4	-1,2	-1,8	-2,0
	Ii	-1,6	-1,5	-2,2	-2,5	-3,9	-3,9	-2,4	-2,5	-1,9	-1,9	-3,7	-6,1	-3,6	-3,4	-1,3	-1,3	-1,9	-2,2
9	***I***	0,0	-1,4	-0,4	-2,0	-3,9	-3,9	**0,8**	-1,5	0,0	-1,1	-1,4	-2,9	-2,1	-3,3	**0,3**	-0,9	-0,4	-1,3
	Ii	-0,1	-1,5	-0,4	-2,0	-3,9	-3,9	**0,8**	-1,6	0,0	-1,1	-1,4	-2,8	-2,0	-3,2	**0,3**	-1,1	-0,4	-1,3
10	***I***	-0,2	0,2	-1,1	0,0	-3,9	-3,9	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,6	-0,7	-2,4	-2,4	**0,3**	**0,3**	-0,1	-0,1
	Ii	-0,2	0,1	-1,1	-0,9	-3,9	-3,9	-0,6	-0,5	-0,5	-0,3	-0,6	-0,7	-2,5	-2,4	**0,3**	**0,3**	-0,1	-0,1
11	***I***	-0,9	-0,8	-1,2	-1,3	-3,9	-3,9	-0,9	-0,8	-0,9	-0,7	-2,2	-1,7	-2,6	-2,7	-0,3	-0,6	-0,7	-0,8
	Ii	-0,8	-0,7	-1,3	-1,2	-3,9	-3,9	-0,9	-0,8	-0,9	-0,7	-1,8	-1,6	-2,6	-2,6	-0,3	-0,5	-0,8	-0,8
12	***I***	-1,5	-1,1	-2,2	-1,9	-3,9	-3,9	-2,2	-1,4	-1,5	-1,2	-3,1	-2,5	-4,6	-4,4	-1,0	-0,8	-0,9	-0,5
	Ii	-1,5	-1,1	-2,3	-2,0	-3,9	-3,9	-2,1	-1,4	-1,6	-1,2	-3,4	-2,6	-4,6	-4,5	-0,8	-0,7	-0,9	-0,6
13	***I***	-0,6	-0,8	-1,1	-1,0	-3,9	-3,9	-1,0	-0,8	-1,3	-0,9	-1,8	-1,4	-4,5	-3,2	-0,4	-0,1	-0,3	-0,2
	Ii	-0,8	-0,9	-1,2	-1,0	-3,9	-3,9	-1,2	-0,9	-1,3	-0,9	-1,5	-1,5	-4,4	-3,4	-0,3	-0,1	-0,4	-0,2
14	***I***	-1,2	-1,6	-1,6	-2,1	-3,9	-3,9	-1,6	-1,6	-1,6	-1,4	-1,8	-2,5	-5,0	-4,8	-1,0	-1,1	-0,8	-0,9
	ii	-1,3	-1,5	-1,7	-2,1	-3,9	-3,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	-1,9	-2,5	-4,9	-4,9	-1,1	-1,2	-0,9	-1,0

Índice de carga de contaminación (PLI)

Para comparar el contenido total de metales en los diferentes sitios de muestreo, se utilizó el índice de carga de contaminación por metales (Tomlinson *et al*., 1980), obtenido por la siguiente ecuación:

$$MPI = (Cf_1 \; x \; Cf_2 \; \ldots \; Cf_n)^{1/n}$$

Donde *n* es el número de metales (siete en el presente estudio) y Cf_nes el factor de contaminación. El factor de contaminación puede ser calculado desde la siguiente relación:

$$Cf_n = \frac{metal\ concentration\ in\ the\ sediments}{background\ value\ of\ the\ metal}$$

PLI = < 1 : ausencia de Contaminantes

PLI = 1 : contaminación Transitoria

PLI = >1 : contaminado

Los niveles siguientes (2, 3,…, 10) indican el deterioro progresivo de los sedimentos.

Los resultados obtenidos del cálculo del Índice de carga de contaminación muestran que todas las estaciones tienen un valor inferior a 1 (Tabla 4.1.60), lo que de acuerdo a la categorización del Índice de Carga de Contaminación, hay ausencia de contaminación por Metales pesados en los sedimentos estudiados.

Tabla 4.1.60. Índice de Carga de Contaminación (PLI) en los sedimentos; Programa de Diagnóstico. i= réplica 1; ii= réplica 2.

Estación		PLI
1	*i*	0,114
	ii	0,113
2	*i*	0,720
	ii	0,723
3	*i*	0,850
	ii	0,852
4	*i*	0,150
	ii	0,152
5	*i*	0,593
	ii	0,608
6	*i*	0,841
	ii	0,827
7	*i*	0,428
	ii	0,423
8	*i*	0,284
	ii	0,264
9	*i*	0,698
	ii	0,696
10	*i*	0,995
	ii	0,990
11	*i*	0,660
	ii	0,678
12	*i*	0,392
	ii	0,386
13	*i*	0,649
	ii	0,633
14	*i*	0,402
	ii	0,385

Ácidos Grasos

Las concentraciones registradas en los sedimentos son muy distintas entre las campañas de muestreo, siendo en promedio las concentraciones de abril un orden de magnitud mayor. El valor absoluto más alto registrado se informa para la estación 11 (desembocadura río Cayumapu) durante abril con un valor de 1,952 mg/L y el menor fue de 1,0 mg/L para la estación 8 (sector río Pichoy Interior). Los resultados obtenidos en la Tabla 4.1.57, muestran que el sector de los ríos tributarios (T) es el que presenta

la mayor concentración (403,3 mg/L), a la vez que el sector río Cruces presentó la menor concentración (61,5 mg/L).

AOX

Las concentraciones de AOX no presentaron diferencias entre campañas de muestreo, pero si entre estaciones, debido principalmente a que las mayores concentraciones se registraron consistentemente en la estación 2 ubicada en el sector límnico (río Cruces, sector Rucaco) y la 14 (río Angachilla) ubicada fuera del humedal. Utilizando la información de la base de los dos corer, se calculó el factor de enriquecimiento de AOX en los sedimentos del área de estudio (Tabla 4.1.61), donde los sedimentos del río Valdivia y Angachilla presentan un enriquecimiento de un 32% y 53%, respectivamente, lo que podría reflejar el efecto de la influencia mareal en estas estaciones. En los sedimentos del sector límnico (L), eje central del río Cruces (EE), ríos tributarios del humedal (T) y río Calle Calle no se observa un aumento del contenido del compuestos organoclorados en los mismos.

La Tabla 4.1.57, muestra los resultados promedio por sector muestreado en este Programa de Diagnóstico y el rango de concentración para AOX en sedimentos informados por Palm & Lammi (1995). De esta comparación se desprende que todos los sectores evaluados están dentro del rango de concentración de la referencia utilizada y no indican la existencia de un proceso de alteración de los AOX en los sedimentos evaluados.

Dioxinas, Furanos y EQTs

No se detectó la presencia de la TCDD en los sedimentos de ninguna de las estaciones muestreadas. El patrón de distribución de los 17 congéneres está dominado por la HxCDD y HxCDF (moléculas con 6 sustituciones de cloro), con concentraciones cercanas al límite de detección analítico. Los rangos informados para las campañas son de N.D. a 0,1186 ng/g durante abril y de N.D. a 0,1901 ng/g durante julio. En general, se detectaron Dioxinas y Furanos, en todas las muestras de sedimentos con concentraciones en el orden de decenas de ng/g y con valores en Equivalentes Tóxicos menores a 1 pg/g.

Tabla 4.1.61. Factores de Enriquecimiento estimados a partir de los resultados del corer de sedimentos recolectado en el río Cruces durante noviembre 2014. L = sector límnico, EE = eje estuarial del río Cruces, T = ríos tributarios del humedal.

parámetros	unidad	Factor de Enriquecimiento (%)						
		Promedio	L	EE	T	río Calle Calle	río Valdivia	río Angachilla
Fe	µg/g	50479	-37	-21	-11	-42	-28	-48
Al	µg/g	57297	-44	-25	-11	-43	-19	-47
Mn	µg/g	385	**98**	**105**	**131**	-35	**12**	-49
Cu	µg/g	46,2	-37	-30	-8	-56	-23	-52
Zn	µg/g	63,9	-7	-1	-11	-9	**22**	-19
Pb	µg/g	7,3	**18**	**8**	**22**	-15	**30**	-30
Cd	µg/g	-	-	-	-	-	-	-
As	µg/g	12,9	-54	-27	-39	-65	-28	-57
Hg	µg/g	0,08	-63	-51	-54	-79	-48	-65
Ac. Grasos	µg/g	14,6	**927**	**1085**	**2668**	**1558**	**322**	**1752**
Ac. Resínicos	µg/g	-	-	-	-	-	-	-
COT	%	2,3	**14**	-39	-8	-49	**39**	**34**
AOX	µg/g	68,2	**2**	-35	-49	-14	**32**	**53**
EOX	µg/g	-	-	-	-	-	-	-
Dioxinas	ng/g	0,0156	**72**	**157**	**33**	-52	-45	-27
Furanos	ng/g	0,0014	**85**	**185**	-15	-77	-68	-36

4.1.6. Conclusiones

Aun cuando los parámetros físico-químicos estudiados en el agua y sedimentos en el área de estudio presentan un complejo patrón de variabilidad espacio - temporal, es posible concluir que:

Calidad de agua

• No se observó mayor variabilidad en la distribución vertical de la temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto en el agua de las estaciones estudiadas. Durante el muestreo de abril (período de menor caudal hídrico), los valores de temperatura y salinidad fueron más altos que durante los muestreos de mayo y julio, cuando en general los valores de ambas variables, fueron similares.

• La conductividad del agua mostró valores más altos y mayor heterogeneidad espacial durante el muestreo de abril del 2014; los valores más altos durante esa campaña (> 400 µS/cm) se registraron en la porción inferior del río Cruces (sectores Punucapa y Cruces - Cau Cau) y en los ríos Valdivia y Angachilla. Los valores de conductividad del agua fueron notoriamente más bajos durante los muestreos de mayo y julio del mismo año (en general < 50 µS/cm). Durante el muestreo de julio la conductividad del agua fue similar en toda el área de estudio (< 30 µS/cm); es decir, cuando los valores más altos de precipitación y caudales hídricos disminuyen y homogenizan la concentración de solutos en el área de estudio.

• La transparencia del agua disminuyó desde el muestreo de abril a julio del 2014, el período de mayor caudal hídrico y consecuentemente mayor arrastre de material particulado en el agua. Los valores de este parámetro variaron inversamente con la concentración de sólidos suspendidos totales; *i.e.,* a mayores concentraciones de sólidos suspendidos totales menor fue la transparencia del agua y *viceversa*.

• La DBO_5 y DQO, parámetros que definen el consumo de oxígeno producto de la actividad biológica y oxidación química respectivamente, muestran que la segunda presentó en todos los sectores y campañas mayor concentración que la DBO_5. La razón promedio DBO_5/DQO (medida de calidad de materia orgánica) para cada sector disminuyó desde el muestreo de abril al de julio, lo que indica que durante el período de mayor caudal hídrico, la mayor parte de la materia orgánica es de tipo refractario y no biodegradable por acción bacteriana.

• La concentración de carbono orgánico total aumentó significativamente en el tiempo, con valores más altos en julio, respecto a los meses de mayo y abril 2014. En términos espaciales, el sector de los ríos tributarios del humedal presentó concentraciones significativamente más altas, pero esto primariamente durante la campaña de julio.

• En general, las concentraciones de Amonio, Nitrato y Nitrógeno total fueron más altas durante el muestreo de julio, donde hay mayor caudal hídrico y concentración de sólidos suspendidos totales. Durante abril del 2014, la concentración de Fosfato o Fósforo soluble estuvo en general bajo el límite de detección del método utilizado; durante el muestreo de mayo 2014, la concentración de Fosfatos estuvo bajo el límite de detección del método utilizado, sólo en el agua de las estaciones 8 y 9 (río Pichoy), lo que muestra un alza general de este nutriente en esa campaña y en la de julio 2014. En general, las concentraciones de Fósforo total aumentaron durante las campañas de mayo y julio, especialmente en la porción superior o límnica del río Cruces.

• En general, las concentraciones más altas de Bacterias coliformes totales y fecales se encontraron fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; las concentraciones de Bacterias coliformes en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, presentaron valores inferiores a 1000 NMP/100 mL, lo que según la Guía CONAMA, para el Establecimiento de Normas Secundarias de Calidad

Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas, muestra que las aguas del humedal corresponden a Clase 1 o aguas de muy buena calidad (NMP < 1000).

• Las concentraciones de Cloruros y Sulfatos fueron más altas en abril con respecto a mayo y julio del 2014, lo que se relaciona con el efecto de dilución provocado por el mayor caudal hídrico durante esas dos últimas campañas.

• Los metales pesados disueltos más representados (*i.e.,* mayores concentraciones) fueron Hierro, Aluminio y Manganeso, respectivamente. En general, las concentraciones de Hierro fueron más altas durante los meses de abril y mayo, a la vez que las de Aluminio fueron más altas durante Julio. El Cobre y Zinc presentaron escasa variabilidad entre campañas y estaciones de muestreo, a la vez que el Plomo se detectó básicamente en el muestreo de mayo. El Cadmio sólo se detectó durante el muestreo de abril y sólo en dos estaciones, a la vez que el Arsénico y el Mercurio no fueron detectados en ninguna de las estaciones y campañas de muestreo.

• Similar a lo observado en la fracción disuelta, los metales pesados particulados más representados fueron el Hierro, Aluminio y Manganeso; mostrando en general concentraciones más altas durante la campaña de abril, tendencia similar a la mostrada por el Cobre y el Zinc particulado. Por el contrario, el Plomo particulado presentó concentraciones muy similares entre las tres campañas de muestreo. A diferencia de lo observado para la fracción disuelta, los resultados de la fracción particulada muestran la presencia de Cadmio, Arsénico y Mercurio durante la campaña de mayo y julio con valores comparables en las estaciones y campañas.

• Las concentraciones de Ácidos grasos mostraron las concentraciones más altas durante la campaña de abril, con cambios de alrededor de un orden de magnitud en comparación con las campañas de mayo y julio del 2014.

• No se detectó la presencia de Ácidos resínicos en ninguna de las campañas y en ninguno de los sectores. Estos compuestos se encuentran presentes naturalmente en la madera (principalmente pino) y por lo tanto forman parte de los procesos de producción de celulosa. La ausencia de éstos en el agua sugiere entonces que estos compuestos no están siendo incorporados en la matriz agua del área de estudio.

• Las concentraciones de AOX presentaron en general concentraciones más altas durante la campaña de abril, para luego disminuir en mayo; durante julio, las concentraciones de AOX fueron en general más bajas que durante abril aun cuando se detectaron concentraciones similares a las del muestreo de ese mes en estaciones de los ríos tributarios Pichoy y Cayumapu.

• Las concentraciones de Dioxinas y Furanos encontradas durante las tres campañas (abril, mayo y julio) son extremadamente bajas, tanto en concentración (rango N.D. a 0,0291 ng/L) como en Equivalentes Tóxicos (rango N.D. a 0,0004 ng/L), por lo que se consideran ambientalmente no relevantes. Más aun, estas concentraciones son menores a las aceptadas por la United States Environmental Protection Agency (US EPA) en el agua potable de EEUU (0,0300 ng/L). No se detectó la presencia del congénere 2,3,7,8 - TCDD (congénere que muestra la mayor toxicidad de las 17 Dioxinas y Furanos que habitualmente se evalúan) en ninguna de las estaciones y en las tres campañas de muestreo.

Calidad de sedimentos

• En general y durante las campañas de abril y julio, la arena (partículas comprendidas entre 63 y 2000 micrones) fue la fracción dominante en los sedimentos de la mayoría de las estaciones.

• Los valores de pH medidos en el sedimento fueron muy similares en las estaciones y campañas de muestreo (6,1 - 7,0 y 6,3, - 7,2, durante abril y julio, respectivamente). Los valores de redox fueron mayoritariamente negativos, lo que indica sedimentos con presencia abundante contenido de materia orgánica.

• Los Metales pesados con las concentraciones más altas en los sedimentos fueron Aluminio y Hierro, seguidos de Manganeso, a la vez que el Mercurio fue el metal con la menor representación en el área de estudio. Durante ambas campañas, el Plomo no se detectó en las estaciones 1 y 4 (río Cruces, sectores Ciruelos y Santa Clara respectivamente), a la vez que no se detectó Cadmio en ninguna de las estaciones y campañas de muestreo. Los valores más bajos de concentración de Metales pesados ocurrieron en la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) y los más altos en las estaciones 9 (desembocadura río Pichoy), 10 (río Cayumapu interior) y 2 (río Cruces, sector Rucaco).

• Los Ácidos grasos tuvieron concentraciones más bajas durante julio de 2014 en todas las estaciones de muestreo - hasta 2 órdenes de magnitud más bajas con respecto a las de la campaña de abril.

• No se detectaron Ácidos resínicos durante ambas campañas.

• Las concentraciones más altas de AOX y Carbono orgánico total se detectaron durante la campaña de abril.

• No se detectaron EOX en los sedimentos del área de estudio.

• El patrón de distribución de los 17 congéneres de Dioxinas y Furanos está dominado por la HxCDD y HxCDF (moléculas con 6 sustituciones de cloro), con concentraciones cercanas al límite de detección analítico. No se detectó la presencia de la 2,3,7,8 TCDD en los sedimentos de ninguna de las estaciones muestreadas.

4.1.7. Referencias

Acosta, V., C. Lodeiros, W. Senior, y G. Martínez. 2002. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. Interciencia 27:686-690.

Adriaens, P., C. Gruden and M. McCormick. 2003. Biogeochemistry of halogenated hydrocrabons. Treatise on Geochemistry, second edition. H.D. Holland and K.K. Turekian, Oxford 9: 511-539.

Aller, R., L. Benninger, and K. Cochran. 1981. Tracking particle-associated processes in nearshore environments by using 234 Th/ 238U disequilibrium. Earth and Planetary Science Letters 47:161-175.

Anderson, F., L. Black, L. Mayer, and L. Watling. 1981. A temporal and spatial study of mudflat texture. Northeastern Geology 3: 184-191.

Asplund, G., and A. Grimvall. 1991. Organohalogens in nature. Environmental Science & Technology 25: 1346-1350.

Baird, C., and M. Cann. 2008. Environmental chemistry. Fourth edition. W. H. Freeman and Company, New York. 773 pp.

Benniger, L., and S. Krishnaswami. 1981. Sedimentary processes in the inner New York bight: evidence from excess 210 Pb and 239,240 Pu. Earth and Planetary Science Letters 53: 158-174.

Bohn, H. L., B. L. McNeal, and G. A. O'Connor.2001. Soil chemistry. Third edition.Wiley. Nueva York, USA. 303 pp.

Callender, E. 2004. Heavy metals in the environment–historical trends. Treatise on Geochemistry 9: 67-105.

Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life; polychlorinated dioxins and furans (PCDD/Fs). In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. 6 pp.

Chandía, C., and M. Salamanca. 2012. Long-term monitoring of heavy metals in Chilean coastal sediments in the eastern South Pacific Ocean. Marine Pollution Bulletin 64: 2254-2260.

Chester, R. 2000. Marine geochemistry. Academic Press, London, 506 pp.

CONAMA. 2004. Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 18 pp.

Corti, P., and R. Schlatter. 2002. Feeding Ecology of the Black-Necked Swan *Cygnus melancoryphus* in Two Wetlands of Southern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment 37: 9-14.

Dirección General de Aguas. 2004. Cuenca del río Valdivia. Gobierno de Chile, ministerio de obras públicas. Disponible en: www.epa.gov/owow/nps/MMGI/.

Emery, K. O. 1938. Rapid method of mechanical analysis of sands. Journal of Sedimentary Research 8: 105-111.

Folk, R. L. 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company. 190 pp.

Francis, D. W., P. A. Turner, and T. J. Wearing. 1997. AOX reduction of kraft bleach plant effluent by chemical pretreatment pilot scale trials. Water Research 31: 2397-2404.

French, P. 1993. Post-industrial pollutant levels in contemporay Svern estuary intertidal sediments compared to pre-industrial levels. Marine Pollution Bulletin 26: 30-35.

Graig, G., P. Lorn, J. Robertson and W. Vrooman. 1990. Toxicity and bioaccumulation of AOX and EOX. Pulp and paper Canada 91(9): 39-45.

Giordano, P. L., L. Musmeci, L. Ciaralli, P. Vernillo, J. Chirico, N. Piccioni and S. Costatini. 1992. Total content and sequetial extractions of Hg, Cd and Pb in coastal sediments. Marine Pollution Bulletin 24: 350-357.

Goldberg, E., E. Gamble, J. Griffin and M. Koide. 1977. Pollution history of Narragansent Bay as recorded in its sediments. Estuarine and Coastal Marine Science 5: 549-561.

Kaczmarczyka, A., and E. Niemirycza. 2005. Adsorbable Organic Halogens (AOX) in Polish rivers levels and changes. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica 33: 324-336.

Long, E., D. Macdonald, S. Smith, and F. Calder. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management 19: 81-97.

MacDonald, D. D., C. G. Ingersoll, and T. A. Berger. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 39: 20-31.

Manaham, S. E. 2000. Environmental chemistry. Seventh edition. CRC press, Boca Raton. 423 pp.

Mason, R. P. 2013. Trace Metals in Aquatic Systems. Wiley-Blackwell, Oxford. 448 pp.

Mattisof, G. 1982. Mathematical models of biobation. In: Animal-sediment relationships. The biogenic alteration of sediments. Topic in geobiology. Pelnum Press New York 2: 289-330.

Mills, E. L., Byers, S. C., Stewart, P. L. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestion for a standard method. Hydrobiologia, 45-52 pp.

Minitab Inc. 2003. MINITAB Statistical software, Release 14 for Windows, state college, Pennsylvania, USA.

Morales, J., y L. Varela. 1985. Fluctuación Anual de la Avifauna del río Cruces. Boletín de Vida Silvestre, Valdivia 4: 1-21.

Morel, F., A. Milligan and M. Saito. 2004. Marine Bioinorganic Chemistry: The ole of trace metals in the oceanic cycles of major nutrients. In the oceans and marine geochemistry. Treatise on Geochemistry, second edition. H.D. Holland and K.K. Turekian, Oxford 6: 113-144.

Morrison, R., and B. Murphy. 2006. Environmental forensics.Contaminant specific guide. Academic Press, USA. 541pp.

Muller, G., G. Nkusi and H. Scholer. 1996. Natural organohalogens in sediments. Journal für Praktische Chemie 338: 23-29.

Muñoz-Pedreros, A. 2003a. Guía de los humedales del río Cruces. CEA Ediciones, Valdivia. 143 pp.

Muñoz-Pedreros, A., A. Badilla, and H. Rivas. 1993b. Evaluación del paisaje en un humedal del sur de Chile: el caso del río Valdivia (X Región). Revista Chilena de Historia Natural 66: 403-118.

NATO/CCMS. 1988. Scientific basis for the development of the international toxicity equivalent factor (I-TEF) method of risk assessment of complex mixtures dioxins and its related compounds. Report No. 178, December 1988. North Atlantic Treaty Organization, Committee on Challenges of Modern Society. 64pp.

Öberg, G. 2002. The natural chlorine cycle–fitting the scattered pieces. Applied Microbiology and Biotechnology 58: 565-581.

Odentahl, S., K. Weishar, and D. Reeve. 1973. Chlorinated organic matter in bleached chemical pulp production. Part II: measurements techniques for effluents. CPA technical Section Annual Meeting.

Otero, N., L. Vitoria, A. Soler, and A. Canals. 2005. Fertilizer characterization: major, trace and rare earth elements. Applied Geochemistry 20(8): 1473-1488.

Palm, H., and R. Lammi. 1995. Fate of pulp mill organochlorines in the gulf of Bothnia sediments. Environmental Science & Technology 29: 1722-1727.

Pee, K., and H. Van. 1996. Biosynthesis of halogenated metabolites by bacteria. Annual Review of Microbiology 50: 375-395.

Rivera, R. 2004. Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de páramo y zonas boscosas, en los andes venezolanos: Tesis: Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

Rojas, C. 2010. Valdivia 1960, entre aguas y escombros. Ediciones Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Saint-Amand, P. 1962. The great earthquakes of may 1960 in Chile. Annual Report Smiths 4.518: 33-7363.

Schlatter, R. P., R. A. Navarro, y P. Cortt. 2002. Effects of el niño southern oscillation on numbers of black-neched swans at Río Cruces sanctuary, Chile. Waterbirds, Proceedings of the Fourth International Swan Symposium 25: 114-122.

Seward-Thompson, B., and J. Hails. 1973. An appraisal of the computation of statistical parameters in grain size analysis. Sedimentology 20: 161-169.

Sokal, R. R., and F.J. Rohlf. 1995. Biometry. W. H. Freeman, New York. 887 pp.

Tabachnick, B. G., and L.S. Fidell. 2013. Using multivariate statistics. Sixth edition. Pearson, Boston, USA. 1024 pp.

Travis, C. C., and H. A. Hattemer-Frey.1991. Human exposure to dioxin. Science of the total environment 104: 97-127.

Volk, C., L. Wood, B. Johnson, J. Robinson, H. W. Zhu, and L. Kaplan. 2002. Monitoringdissolved organic carbon in surface and drinking waters.Journal of Environmental Monitoring 4: 43–47.

United states enviromental protection agency. s.f. Basic Information about Dioxin (2,3,7,8-TCDD) in Drinking Water. Available in: http://water.epa.gov/drink/contaminants/ basicinformation / dioxin-2-3-7-8-tcdd.cfm

Weishet, W. 1963. Further observations of geologic and geomorphic changes resulting from the catastrophic earthquake of may 1960 in Chile. Bulletin of the Seismological Society of America 53: 1237-1257.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis.Prentice Hall, New Jersey, 663 pp.

Zaror, C. 2005. Apoyo al análisis de fuentes de emisión de gran magnitud y su influencia sobre los ecosistemas de la subcuenca del río Cruces. Informe Final, Concepción, 49 pp.

Zhang, J., and C. Liu. 2002. Riverine composition and estuarine geochemistry of particule metals in China. Wheatering features, anthopogenic impact and chemical fluxes. Estuarine, Coastal and Shelf Science 54: 1051-1070.

4.2. Condiciones hidrográficas (Estudio 2):

4.2.1. El sistema estuarial del río Cruces

El río Cruces forma parte, junto al río Calle Calle, de la cuenca del estuario del río Valdivia y se ubica entre los territorios de las Regiones de la Araucanía y de Los Ríos. La cuenca del río Cruces tiene una superficie total de 3.144 km^2, lo que corresponde al 30% de la superficie de la cuenca del río Valdivia.

El sistema estuarial, del cual forma parte el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, es de tipo neotectónico y de mezcla parcial. Es neotectónico, porque los procesos de hundimiento cosísmico asociados a terremotos gigantes (Pino, 1995; Cisternas *et al*., 2005), originan el equivalente de una ingresión marina del orden de 2 m, proceso que se revierte en los siguientes 300 años con una recuperación de la altura del continente equivalente a una regresión. Por ejemplo, para el estuario del río Maullín, Cisternas *et al*. (2005) han descrito hasta siete de estos ciclos en los últimos 2000 años.

El humedal del río Cruces y sus ríos tributarios es un sistema estuarial de mezcla parcial, porque la energía mareal supera la energía fluvial. El río Cruces nace en la precordillera andina, en un lugar que se encuentra entre los lagos Villarrica y Calafquén, y drena la depresión de San José en la parte norte de la Provincia de Valdivia, avanzando de este a oeste, hasta confluir con el río Valdivia. En sus casi 170 km de recorrido, pasa por las localidades de Loncoche, Lanco y San José de la Mariquina. De acuerdo a las estadísticas fluviométricas de la DGA (Dirección General de Aguas) obtenidas en el sector Rucaco, el río Cruces tiene un caudal medio anual del orden de 92 m^3/s. Sus principales afluentes o tributarios son los ríos Nanihue, Cudico, Pichoy, Santa María, Cayumapu, Tambillo y San Ramón.

El humedal del río Cruces y parte de sus ríos tributarios se originaron por subsidencia o hundimiento continental durante el terremoto del 22 de mayo de 1960. Esta área corresponde a un humedal costero estuarial; en este caso, el límite de ingreso de la salinidad corresponde al canal mareal Cau-Cau, por lo que el humedal y sus ríos tributarios corresponden a estuarios afectados sólo por corrientes mareales, las que alcanzan hasta el sector del Fuerte San Luis de Alba. Según Pino (2008), los datos de marea obtenidos en la estación Cahuincura - 14, 5 km aguas arriba del sector antes mencionado - demuestran que no hay efecto de la marea.

Existe un notable cambio en la geomorfología del estuario del río Cruces aproximadamente en el sector del Fuerte San Luis de Alba, donde se pasa de una zona afectada por subsidencia continental durante el sismo de 1960, con amplios bañados y predominancia de sedimentos finos, a un curso fluvial meandriforme dominado por sedimentos compuestos por arena y grava en una zona donde no se observan evidencias de hundimiento cosísmico. Esta razón nos permite proponer - unido a la ausencia de registro de ondas de marea en la estación de Cahuincura (a una distancia donde normalmente una amplitud de onda de marea de 70 cm no debería desaparecer) - que el límite superior del estuario del río Cruces se ubica en el sector del Fuerte San Luis de Alba.

La Figura 4.2.1 (fuente: datos originales obtenidos por Mario Pino, UACh, durante el año 2006) da cuenta de esta situación; la amplitud de la marea en este sector del río Cruces es de alrededor de 70 cm. Por lo tanto y a diferencia de un río donde siempre es posible determinar el caudal unidireccional del mismo mediante una medición de la altura del espejo de agua, en un estuario como el del río Cruces, el diseño muestreal se dificulta, ya que tal relación no existe.

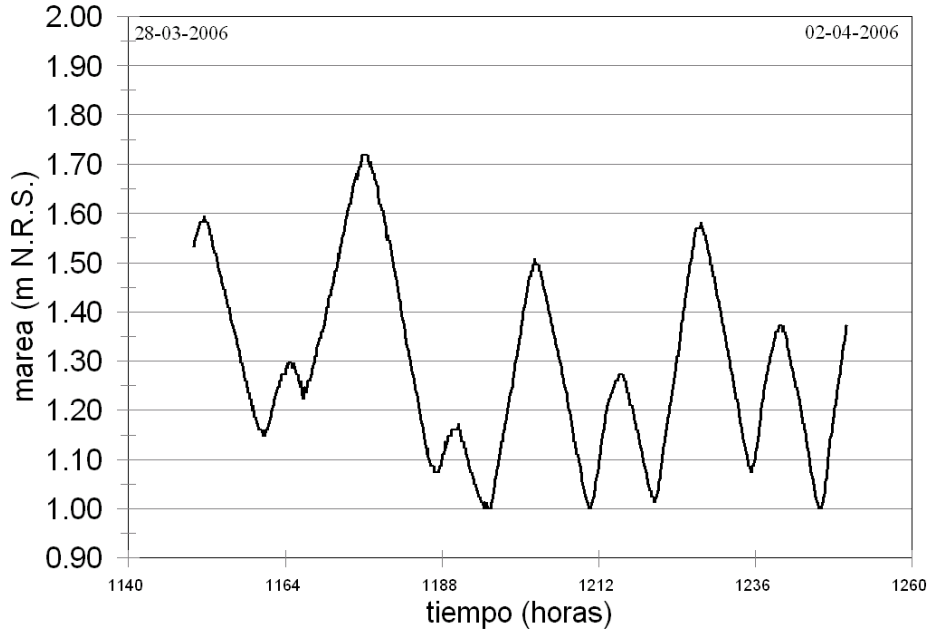


Figura 4.2.1. Onda de marea registrada en el cabezal del río Cruces, sector Fuerte San Luis entre el 28 de marzo y el 3 de abril del año 2006. Se observa una marcada desigualdad diurna en la amplitud de la marea.

4.2.2. Antecedentes hidrográficos

La realización de cualquier estudio hidrográfico en un estuario, requiere en primer lugar del conocimiento de las condiciones de la marea. De ahí que para conocer las condiciones hidrográficas dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, sea necesario analizar en primer término las características mareales del área. Para este fin se importaron dos mareógrafos VALEPORT modelo Tide Master V2b, con sensor de presión, los que llegaron a Valdivia el 7 de abril del año 2014. Uno de estos equipos se instaló en el muelle del Club Deportivo Phoenix el día 16 de mayo de 2014; este lugar fue elegido por razones de seguridad. Sin embargo, el equipo debió ser retirado 10 días después a la espera de una autorización formal por parte del Directorio del Club, lo que ocurrió recién en el mes de julio 2014.

El estuario del río Valdivia tiene dos estaciones para las cuales existe predicción astronómica (Corral y Puente Pedro de Valdivia). Dado que para el humedal del río Cruces (de características estuariales) no existe predicción astronómica de la marea, es necesario establecer en primer lugar, la relación existente entre la marea predicha y la marea medida instrumentalmente en algún lugar donde exista la primera condición.

Para obtener los datos de la onda de marea predicha astronómicamente se usó el programa WX Tide32, versión 4.7. Con este programa se obtuvieron datos de la onda de marea con tiempos incrementales de 10 minutos, tal como mide el mareógrafo. Solamente para los cálculos computacionales e informáticos, el tiempo fue transformado a horas decimales y los datos de altura de marea (presión) del mareógrafo fueron transformados a altura del mar Chileno, restando la diferencia entre el promedio de las alturas de la marea predicha y el promedio de las alturas del mareógrafo (0,37 m).

La curva de marea predicha astronómicamente se presenta en la Figura 4.2.2; ésta comienza a las 12:30 del 16 de mayo de 2014. La sicigia ocurrió el 15 de mayo de 2014 a las 21:18 horas; la siguiente cuadratura ocurrió el 21 de mayo de 2014 a las 14:51 (hora 135). La marea de sicigia se observa con claridad entre la hora 12 y la hora 108, con pleamares mayores y alturas que descienden de 1,42 a 1,21 m (sobre el nivel cero del mar chileno). Las principales bajamares varían en ese mismo período de tiempo, entre 0,03 y 0,11 m. Durante la sicigia, se observa claramente la desigualdad semi - diurna, donde aproximadamente cada 12 horas, las pleamares son muy distintas en altura (casi 50 cm). En la cuadratura (en torno a la hora 130), los rangos de marea decrecen tal como lo hacen las alturas de las pleamares y bajamares y la desigualdad diurna pasa desapercibida. El rango predicho en sicigia es 1,39 m y en cuadratura 0,7 m.

La curva de marea medida instrumentalmente también se observa en la Figura 4.2.2. El registro comienza a las 12:30 del 16 de mayo de 2014. En este caso, la mayor altura de la pleamar de sicigia ocurre aproximadamente a la hora 62 con 1,35 m de altura. En la cuadratura (hora 130) el rango es de 0,73 m. Tal como en el caso anterior, en la marea medida instrumentalmente también se observa claramente la desigualdad diurna sólo durante la sicigia.

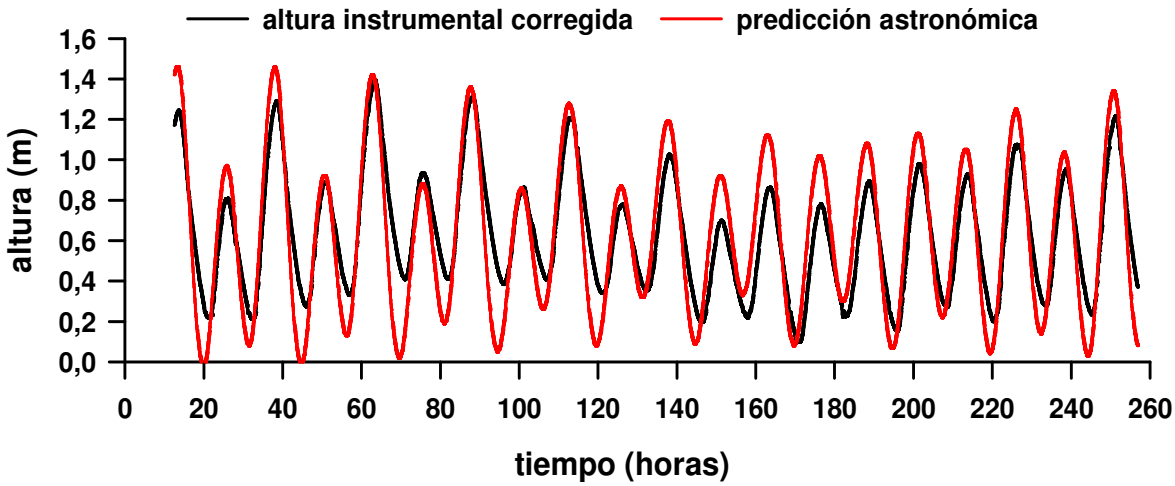


Figura 4.2.2. Curvas de marea generadas por predicción astronómica (línea roja) y por medición instrumental (línea negra) para el período comprendido entre las 12:30 horas del 16 de mayo de 2014 y las 23:50 del 26 de mayo de 2014. La primera curva tuvo un ciclo completamente simétrico, a la vez que la segunda mostró una incipiente asimetría.

Ambos registros son similares pero no idénticos (Fig. 4.2.2). Las pleamares y bajamares están desfasadas, pero de manera distinta. En el primer caso las pleamares están desfasadas entre 20 y 40 minutos, ocurriendo primero en la marea predicha astronómicamente. Las bajamares también ocurren primero en la marea predicha astronómicamente, pero con un desfase de 80 minutos. Esta situación es lo que origina que la marea predicha astronómicamente sea estrictamente simétrica, mientras que la

marea medida instrumentalmente tenga un sesgo asimétrico, dado que la pleamar y la bajamar se van desfasando en diferentes lapsos de tiempo.

El hecho de que la duración de la pleamar y la bajamar no sean idénticas no lo puede captar la predicción astronómica, pues se origina debido a la influencia de la escasa profundidad del agua en el canal del estuario. En este registro transcurren 24 horas y 50 minutos entre dos bajamares (cuando la marea sube) y 25 horas entre dos pleamares (cuando la marea baja). Esto se origina porque la onda de marea alta al moverse por aguas de mayor profundidad (por el mismo efecto de la marea) es más rápida. En casos extremos (como sería esperable al interior del estuario del río Cruces), la duración de la marea llenante hacia la pleamar debiese ser más corta que la duración de la bajante hacia la bajamar. Esto origina a la vez una asimetría en el transporte de partículas conservativas, pues la marea alta en menos tiempo transporta tales materiales a mayor velocidad y en dirección aguas arriba, mientras que la marea bajando transporta tales partículas en dirección al mar a menor velocidad, lo que después de varios ciclos mareales resulta en un transporte neto de partículas conservativas agua arriba del estuario (*i.e.,* hacia el cabezal del mismo).

Finalmente, el mantener un mareógrafo en una zona donde existe una predicción astronómica de mareas permite establecer si la marea medida en el área, tiene alteraciones astronómicas o debido a la geometría del canal principal, al efecto de ingresos de grandes cantidades de agua dulce debido a precipitación o al caudal de agua dulce del río Cruces o de otros tributarios como los ríos Pichoy y Cayumapu.

Pino & Carro (2008), originaron un documento que no llegó a ser oficializado ante CONAMA, por problemas en las salidas del modelo elegido. En él se intentaba modelar la situación hidrográfica de los estuarios Cruces, Calle Calle y Valdivia. Se demostró en ese estudio, que en la condición límite de verano, la salinidad a la altura de la confluencia del

canal mareal Cau Cau con el estuario del río Cruces es nula. La principal conclusión preliminar después del modelaje matemático fue que la estratificación de la columna de agua en el estuario del río Valdivia, hace que las velocidades en la boca del mismo sean mayores a 1 m/s, generando una capa superficial de agua dulce en el estuario. Como el río Cruces está influenciado por la onda de marea al menos hasta el sector del Fuerte San Luis de Alba, el tiempo de retención es mayor que en el caso del estuario Valdivia – Calle Calle. En los modelos matemáticos, las variables son marea astronómica, caudal de agua dulce (ambos datos bien conocidos) y batimetría, que en este caso es prácticamente inexistente, pues se limita al canal principal. Por esta razón todos los modelos han fallado en las predicciones de velocidad y dirección de corrientes en el humedal, y se diferencian de las medidas en este estudio y otros estudios.

4.2.3. Objetivos

- Conocer la variabilidad y efecto de la onda mareal en la zona estuarial del río Cruces y ríos tributarios del mismo a distancias crecientes de Valdivia.
- Medir la variabilidad en la magnitud del caudal dirigido hacia la cabecera del estuario y el océano, con el objetivo de conocer la capacidad de transporte, dispersión y dilución de elementos conservativos (*e.g.,* metales pesados) en el área de estudio en su conjunto.

4.2.4. Material y métodos

Estaba previsto que los muestreos destinados al estudio de las condiciones hidrográficas se realizaran durante la época de menor caudal (marzo– abril 2014), durante marea de sicigia y durante un período de 12 horas. Este último sería de noche, debido a que en la misma es cuando ocurren los mayores rangos mareales y por ende las mayores velocidades de corrientes.

Condiciones climáticas adversas y la demora en la importación de los mareógrafos necesarios para este estudio obligaron a posponer los mismos para noviembre y diciembre del año 2104. Los sitios de muestreo fueron el sector Fuerte San Luis de Alba (estación HSL o San Luis) y las desembocaduras de los ríos Nanihue – Cudico (estación HNC o Cudico), Pichoy (estación HP o Pichoy), Cayumapu (estación HC o Cayumapu) y San Ramón (estación HSR o San Ramón) (Fig. 4.2.3).

Debido al formato necesario para ejecutar los programas de cálculo de flujos residuales y caudales estandarizados, las mismas estaciones se denominaron para estos fines como sla, cud, pic, cay y sra, las que corresponden a HSL, HNC, HP, HC y HSR, respectivamente (*cf.* Fig. 4.2.3). Las distancias de las secciones de medición en las cinco estaciones con respecto a la posición de la estación de predicción de marea en Valdivia (ubicada en el Club Deportivo Phoenix, Fig. 4.2.3) son de 37,0 – 30,2 – 28,5 – 23,8 y 16,2 km, respectivamente.

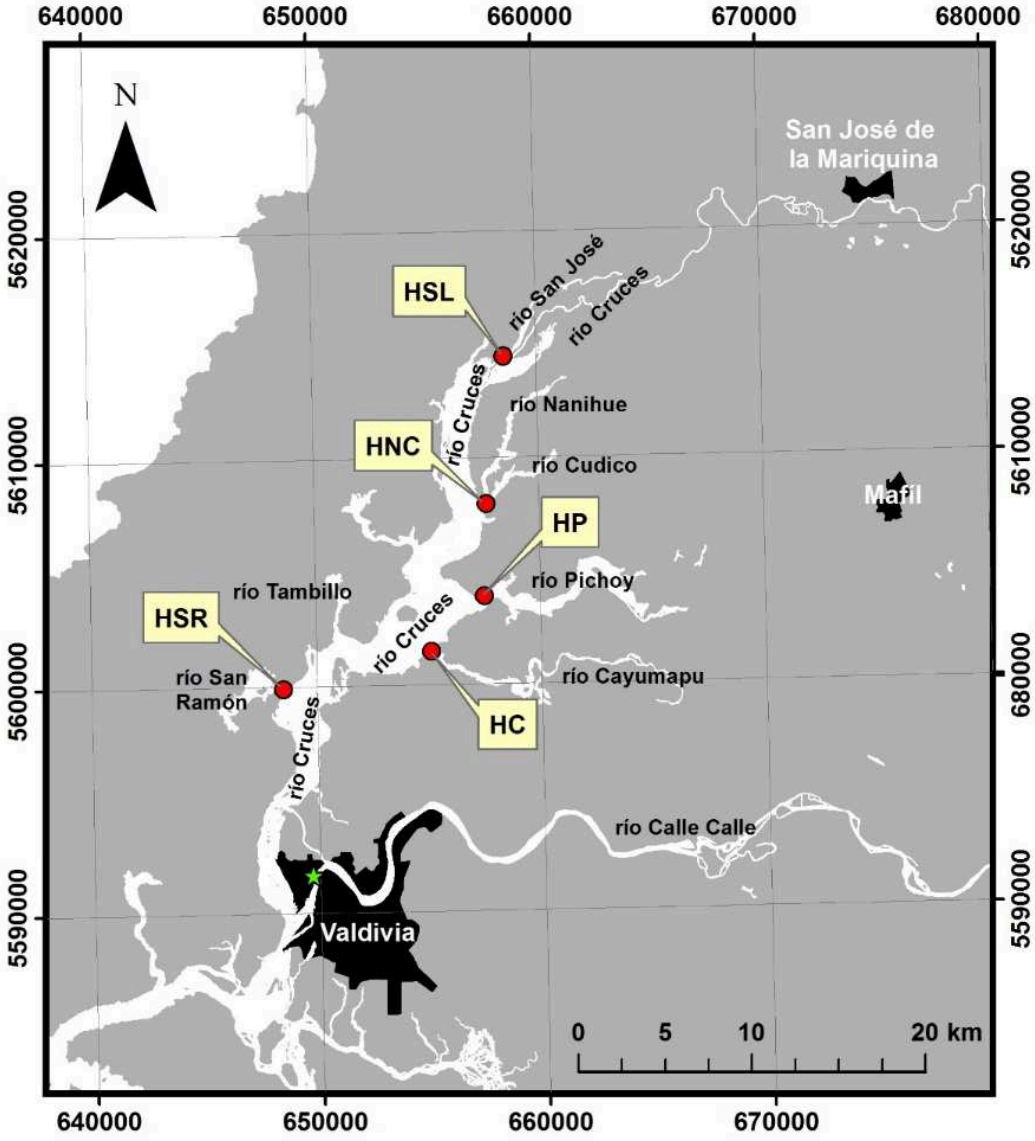


Figura 4.2.3. Ubicación de los cinco sitios seleccionados para el estudio de condiciones hidrográficas. **HSL** = hidrografía río Cruces, sector Fuerte San Luis (estación San Luis), **HNC** = hidrografía confluencia de ríos Nanihue y Cudico (estación Cudico), **HP** = hidrografía río Pichoy (estación Pichoy), **HC** = hidrografía río Cayumapu (estación Cayumapu) y **HSR** = hidrografía río San Ramón (estación San Ramón). Se indica también la ubicación del Club Deportivo Phoenix donde se instaló mareógrafo estación de referencia para los análisis mareales (estrella verde).

Flujos residuales

Se empleó un análisis de flujos residuales basado en mediciones de corrientes eulerianas. Las mediciones se realizaron a intervalos de entre 45 y 60 minutos, durante 12:30 horas continuas y desde una embarcación anclada en el punto central del canal principal de cada sitio. Las mediciones se realizaron en cinco profundidades las que correspondieron al 10, 30, 50, 70 y 90 % de la profundidad la cual varía con la marea. Hay que señalar que es absolutamente necesario realizar mediciones por la noche, debido a que el efecto mareal nocturno es más intenso debido a la desigualdad diurna de las mareas en la zona. Existen varias combinaciones de condiciones hidrográficas entre marea y caudal, incluyendo tipos de marea (sicigia o cuadratura) y variación estacional de caudal (máximo y mínimo). La condición más "benigna" para los procesos de dilución - dispersión en el estuario es cuadratura - máximo caudal y que ocurre durante el mes de agosto. Por el contrario, la condición más delicada es sicigia - mínimo caudal, la cual ocurre verano – otoño y primavera – verano; esta última situación fue la estudiada.

Se realizaron mediciones de dirección y velocidad de corriente, salinidad y temperatura, con un correntómetro digital VALEPORT 108 MKIII. Este correntómetro es un modelo horizontal diseñado especialmente para su uso en estuarios. Se levantó un perfil batimétrico en la sección de estudio, empleando un ecosonda digital lo que permitió fijar la posición de la estación de muestreo anclando la embarcación a proa y popa. Las mediciones de velocidad y dirección de corrientes se obtuvieron en las cinco profundidades y fueron medidas cada cinco segundos y promediadas por el sistema del correntómetro durante un minuto. De modo simultáneo, se obtuvieron además lecturas de conductividad y temperatura (en este estuario la salinidad siempre es nula).

Durante todo el período de estudio se mantuvieron en funcionamiento dos mareógrafos digitales de marca Valeport modelo Tide Master V2b; uno instalado en cada perfil de muestreo por 12:30 horas y otro de manera continua en el borde de Club

Deportivo Phoenix ubicado en la ribera del estuario del río Valdivia. Los datos correspondientes a los períodos de muestreo fueron leídos de la memoria sólida del mareógrafo, para luego realizar correcciones de altura del mareograma de Valdivia a m N.R.S. (nivel de reducción de sondas) usando los valores predichos para las mareas bajas y usando el programa de libre acceso WXTide32. Con la altura de la marea baja de esta curva de marea, se asignó la altura de marea en m N.R.S. a la curva obtenida en cada uno de los cinco sitios de estudio y se corrigió la profundidad del perfil batimétrico de la sección estudiada, para dejarlo también referido a m N.R.S. Durante todo el período de estudio no se registró viento, pero sí leve pluviosidad.

Los cálculos de flujos residuales están basados en el siguiente argumento basal. El movimiento y el transporte de agua, sal y partículas en suspensión en un estuario, dependen de la interacción de la onda de marea y el flujo de agua dulce del río. El transporte instantáneo de agua paralelo al eje del estuario (x) en una sección de área A, se puede definir como (Kjerfve *et al*., 1981, Uncles *et al*., 1985; Pino *et al.*, 1994):

$$Q = A * Vx$$

Donde A es el área de la sección en ese momento, ya que el área cambia con la altura de la marea.

Se define el flujo residual como:

$$\langle Q \rangle = 1t^{-1} \int_0^T Q(t)\, d$$

Considerando que para cualquier variable **m**

<m> corresponde al promedio temporal,

[m] corresponde al promedio vertical en la columna de agua,

{m} corresponde a la variación con respecto al promedio temporal, y

m' corresponde a la variación con respecto al promedio vertical

Se tiene entonces que:

$A = \langle A \rangle + \{A\}$ y $\langle \{A\} \rangle = 0$

$V = \langle V \rangle + \{V\}$ y $\langle \{V\} \rangle = 0$

y calculando $\langle Q \rangle$,

$\langle Q \rangle = \langle A \rangle \langle V \rangle + \langle \{A\}\{V\} \rangle$

Donde $\langle A \rangle \langle V \rangle$ es el flujo residual euleriano o deriva no mareal (Dyer, 1974) y $\langle AV \rangle$ es el transporte residual de agua debido al bombeo de marea o deriva de Stokes, la que se produce cuando hay una correlación diferente de cero entre la onda de marea y la velocidad del agua (Kjerfve, 1975; Tee, 1976).

Del mismo modo, se puede definir el transporte instantáneo de sal (F) y de partículas suspendidas (G) como:

$F = A [V] [S]$ y $G = A [V] [P]$, con S representando la salinidad y P la concentración del material suspendido.

Integrando para un ciclo mareal se tiene para estas variables F o G:

$\langle F \rangle = F_L + F_{TP} + F_{VS}$

$F_L = \langle A \rangle \langle V \rangle \langle [S] \rangle$

$F_{TP} = \langle A \{V\} \{S\} \rangle$

$F_{VS} = \langle A [V'] [S'] \rangle$

Donde F_L, F_{TP} y F_{VS} son los componentes de transporte debido al flujo residual de agua (componente lagrangiana), bombeo de marea ("tidal pumping") y dispersión vertical ("vertical shear"), respectivamente.

El programa RESIDUAL 2.0 convierte en primer lugar todas las profundidades medidas en metros en profundidades adimensionales tal como se describió con anterioridad, con 10% cerca del fondo y 90% cerca de la superficie. En segundo lugar, el programa descompone la velocidad en dos vectores, uno de dirección respectivamente paralela (velocidad **u**) y otro perpendicular al eje del estuario (velocidad **v**). La velocidad **u** es positiva cuando se dirige aguas abajo y la velocidad **v** es positiva cuando se dirige hacia la orilla derecha del estuario (por convención derecha e izquierda se definen con el observador mirando la sección del estuario en dirección aguas abajo). En tercer lugar, el programa interpola los datos a los niveles fijos de 10, 30, 50, 70 y 90 %; ya que los datos están tomados en terreno de esta manera, la interpolación corrige la variación por altura de marea sin perder mayor información.

A continuación se calculan los datos a intervalos de tiempo fijos (en este caso se interpoló a intervalos de media hora). Como estos datos están tomados -la mayor parte de las veces- cada hora, implica que no hay pérdida de información, ni siquiera en los extremos, pues se tomaron datos por más de 12,5 horas en cada estación. Así se obtiene una matriz con datos a las mismas horas y profundidades para cada una de las estaciones, lo que simula la existencia de varias embarcaciones cada una con cinco instrumentos a diferentes profundidades. Con estos datos el programa calcula:

$Q_S = < \{A\} * \{u\} >$	caudal de Stokes
$Q_E = <A> * <u>$	caudal Euleriano
$Q_L = Q_S + Q_E$	caudal Lagrangiano
$U_S = Q_S / <A>$	deriva de Stokes (bombeo de marea)
$U_E = <u>$	velocidad residual Euleriana
$U_L = U_S + U_E$	velocidad de transporte residual (Lagrangiana)

Finalmente, el programa RESIDUAL 2.0 (Santamarina, 1991) calcula los flujos netos de agua, sal y material en suspensión usando las siguientes fórmulas:

Caudal = área x velocidad

Transporte de sal = caudal x salinidad

Transporte de material particulado = caudal x turbidez.

Cada punto de la matriz de datos interpolada y estandarizada (archivos *.itp), tiene un área asociada que depende de la forma del canal y de la altura de la marea. De esta manera se calcula el caudal y los transportes de sal por cada fracción de área en la sección transversal, para luego integrar por tiempo y estaciones a fin de obtener resultados para toda la sección (Uncles *et al*., 1985; Su & Wang, 1986).

El programa de cálculo de flujos residuales empleado (RESIDUAL 2.0) utiliza información en varios archivos, con el tiempo en horas decimales. El control del programa se encuentra en el archivo *.pro, donde se define el lapso de tiempo a estudiar, la dirección del canal del estuario (se utiliza la dirección indicada por el correntómetro al momento de las máximas velocidades de vaciante), el intervalo de tiempo al que se desea interpolar los datos, las profundidades a las que se desea obtener datos interpolados, así como los nombres de los archivos de datos empleados. Estos son los siguientes archivos ASCII:

*.dat: contiene la información oceanográfica de terreno

*.per: contiene la forma el perfil batimétrico de la sección en coordenadas XY, con el origen de X en la orilla izquierda de la sección y en Y las profundidades estandarizadas a m N.R.S., ejecutado antes de tomar los datos.

*.mar: contiene los datos de altura de marea (m N.R.S.) y hora decimal.

*.sta: contiene la posición X de la estación en el perfil batimétrico, y la posición del borde derecho que limita su área de influencia con la de la sección vecina.

El programa produce un archivo ASCII *. out que incluye los valores de los flujos de agua (caudales) en los períodos de tiempo predefinidos.

En todas las Figuras y Tablas de este Capítulo, las velocidades, caudales y flujos positivos indican dirección de transporte hacia el océano (exportación); por el contrario, los valores negativos indican transporte hacia la cabecera o parte superior del estuario (importación). En todas las Figuras el tiempo esta graficado en horas sexagesimales, a pesar de que los cálculos fueron efectuados con horas decimales, es decir horas de 100 minutos; el origen de las series de tiempo corresponde a la hora de inicio de la toma de datos (por ejemplo, 21 h). Sin embargo, las 24 horas representa las 0 horas del día siguiente y por ejemplo, la hora 30 las 6 de la mañana.

Concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) y metales pesados

Además de las mediciones anteriormente mencionadas, se recolectaron muestras replicadas para análisis de sólidos suspendidos totales (n = 3 réplicas) y metales pesados disueltos y particulados (n = 2 réplicas), durante los períodos en que ocurrieron los valores extremos de los flujos de agua durante el ciclo mareal (*i.e.* marea subiendo y marea bajando).

En el laboratorio, las muestras de agua se filtraron a través de filtros de fibra de vidrio de 0,4 µm de poro, previamente pesados. Luego de eso, los filtros con el material retenido en los mismos se secaron en estufa a 60°C por 24 horas, para ser pesados nuevamente. Mediante diferencia de pesos, se calcularon las concentraciones de sólidos suspendidos totales. Para los análisis de metales pesados particulados y disueltos, se

separó la fracción disuelta de la particulada mediante filtración de las muestras con una membrana de 0,45 µm de tamaño de poro; posteriormente, los metales se cuantificaron mediante espectroscopia de masa de plasma inductivamente acoplado (ICP-MS). Los análisis de Mercurio se llevaron a cabo mediante espectrometría de absorción atómica de vapor frío.

4.2.5. Resultados

Variabilidad y efecto de la onda mareal en la zona estuarial del río Cruces y ríos tributarios a distancias crecientes de Valdivia

Tal como esperado, se observó un desfase y deformación de la curva de marea a medida que aumenta la distancia de cada sitio de muestreo hidrográfico a Valdivia (punto de referencia arbitrario).

San Ramón

En el período de muestreo del sitio San Ramón (22 al 23 de noviembre de 2014; Fig. 4.2.3 y 4.2.4), la marea real (Phoenix) tuvo una altura de pleamar de 1,18 m N.R.S. mientras que la predicha astronómicamente (en adelante Valdivia) alcanzó 1,38 m N.R.S. Por otra parte, las bajamares fueron de 0,020 y 0,017 m N.R.S. en la estación Phoenix y Valdivia, respectivamente. La pleamar entre ambos sitios tuvo un desfase de 40 minutos (la marea real se atrasa con respecto a la predicha), lo que es esperable por la deformación de la onda de marea en profundidades someras.

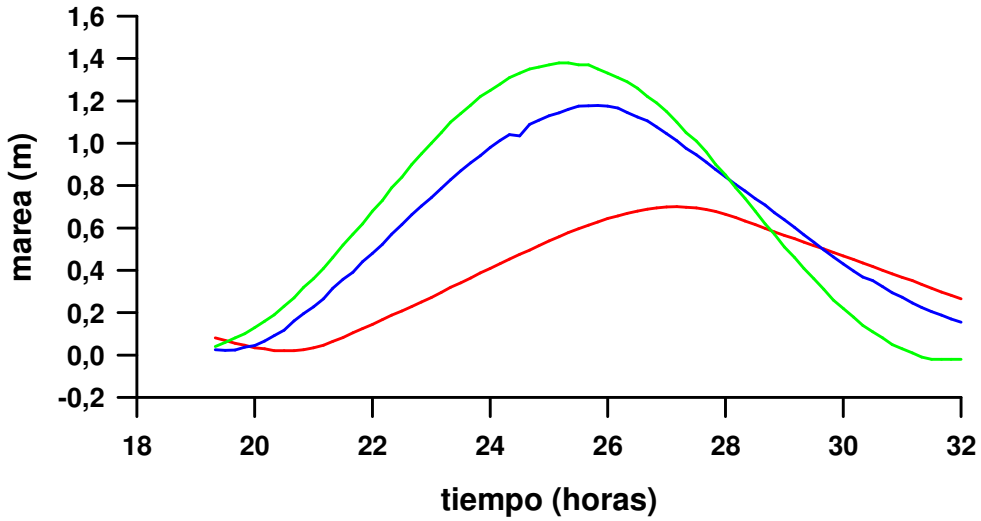


Figura 4.2.4. Comparación de las ondas de marea entre el 22 y 23 de noviembre de 2014 en las estaciones Valdivia (verde), Phoenix (azul) y San Ramón (rojo). El tiempo está expresado en horas (desde las 19:15 horas del día 22 de noviembre. La hora 32 representa las 8 de la mañana del 23 de noviembre.

La onda de marea alcanzó en la estación San Ramón alturas de pleamar y bajamar de 0,701 y 0,02 m N.R.S. (rango de 0,681 m) y la pleamar está desfasada 90 minutos con respecto a la estación Phoenix.

Cayumapu

En el período de muestreo de la estación Cayumapu (6 al 7 de diciembre de 2014; Fig. 4.2.3 y 4.2.5) la marea real (Phoenix) tuvo altura de pleamar de 0,87 m N.R.S. mientras que la predicha astronómicamente en Valdivia alcanzó 1,35 m N.R.S. Por otra parte, ambas bajamares fueron de -0,16 m N.R.S. La pleamar entre ambas estaciones está desfasada en 30 minutos (la marea real se atrasa con respecto a la predicha) La onda de marea alcanzó en la estación Cayumapu alturas de pleamar y bajamar de 0.68 y 0.0 m N.R.S. (rango de 0,68 m) y la pleamar está desfasada 150 minutos con respecto a la estación Phoenix.

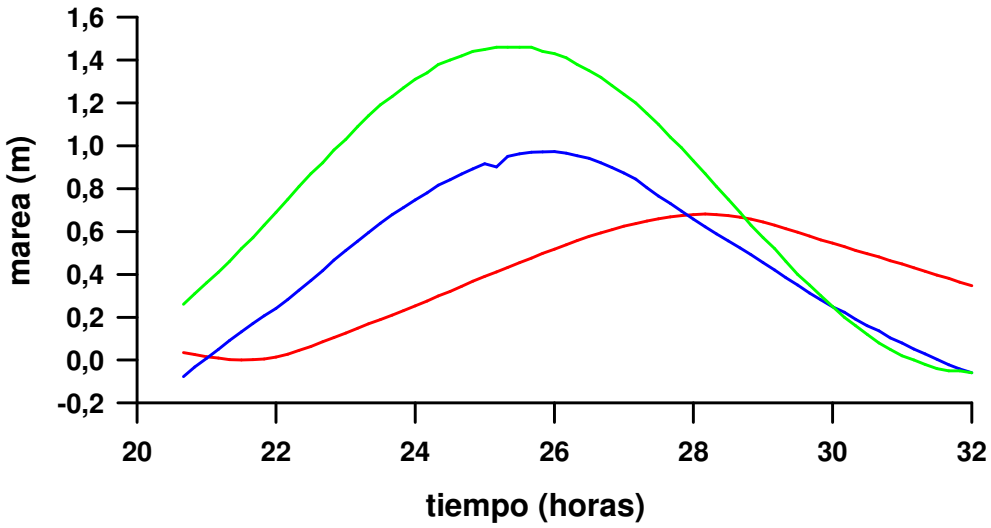


Figura 4.2.5. Comparación de las ondas de marea entre el 6 y 7 de diciembre de 2014 para las estaciones Valdivia (verde), Phoenix (azul) y Cayumapu (rojo). El tiempo está expresado en horas desde las 20:45 horas del día 6 de diciembre.

Pichoy

Durante el período de muestreo de la estación Pichoy (5 al 6 de diciembre de 2014; Fig. 4.2.3 y 4.2.6), la marea real (Phoenix) tuvo altura de pleamar de 1,07 m N.R.S. mientras que la predicha astronómicamente en Valdivia alcanzó 1,45 m N.R.S. Por otra parte, ambas bajamares fueron de -0,05 m N.R.S. La pleamar entre ambas estaciones está desfasada en 40 minutos (la marea real se atrasó con respecto a la predicha). La onda de marea alcanzó en la estación Pichoy alturas de pleamar y bajamar de 0,79 y 0,2 m N.R.S. (rango de 0,77 m) y la pleamar está desfasada 160 minutos con respecto a la estación Phoenix.

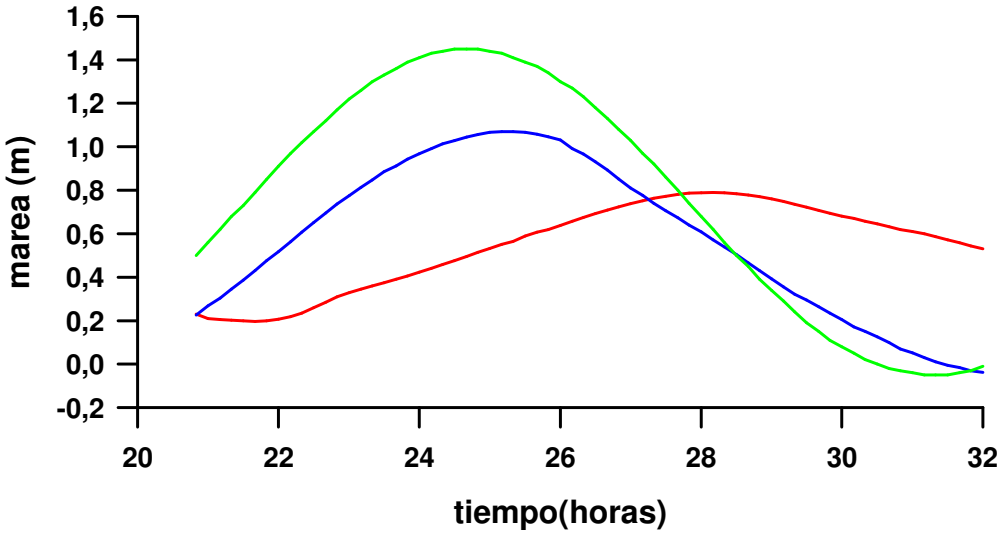


Figura 4.2.6. Comparación de las ondas de marea entre el 5 y 6 de diciembre de 2014 para las estaciones Valdivia (verde), Phoenix (azul) y Pichoy (rojo). El tiempo está expresado en horas desde las 20:45 horas del día 5 de diciembre.

Cudico

Durante la toma de datos en la estación Cudico (inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los estuarios de los ríos Cudico y Nanihue; 8 al 9 de noviembre de 2014; Fig. 4.2.3 y 4.2.7) la marea real (Phoenix) tuvo altura de pleamar de 0,867 m N.R.S. mientras que la predicha astronómicamente en Valdivia alcanzó 1,35 m N.R.S. Por otra parte, ambas bajamares fueron de -0,16 m N.R.S. La pleamar entre ambas estaciones está desfasada en sólo 10 minutos (la marea real se atrasó con respecto a la predicha). La onda de marea alcanzó en la estación Cudico alturas de pleamar y bajamar de 0,502 y -0,028 m N.R.S. (rango de 0,474 m) y la pleamar está desfasada 330 minutos con respecto a la estación Phoenix.

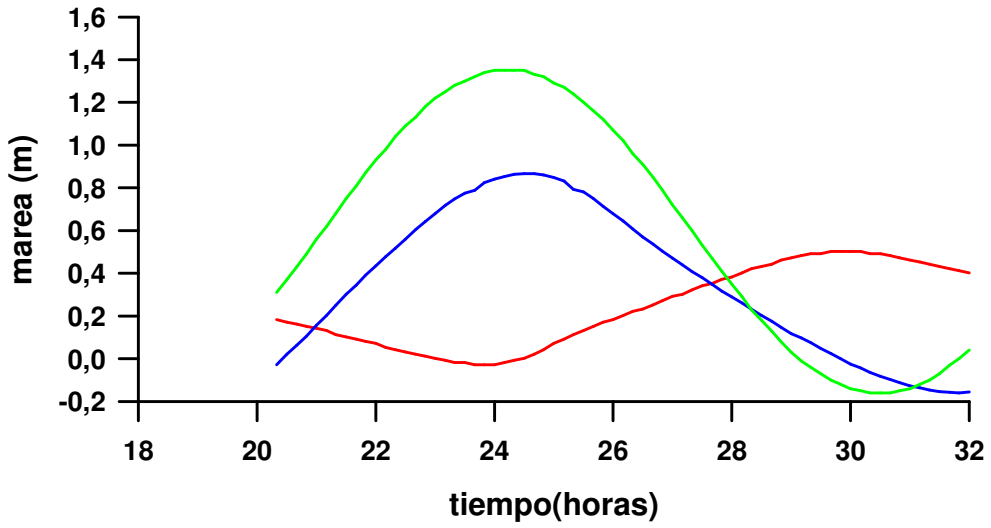


Figura 4.2.7. Comparación de las ondas de marea entre el 8 y 9 de noviembre de 2014 para las estaciones Valdivia (verde), Phoenix (azul) y Cudico (rojo). El tiempo está expresado en horas desde las 20:15 horas del día 8 de noviembre.

San Luis

En el período de toma de datos en la estación San Luis (7 al 8 de noviembre de 2014; Fig. 4.2.3 y 4.2.8) la marea real (Phoenix) tuvo una altura de pleamar de 0,823 m N.R.S. mientras que la predicha astronómicamente en Valdivia alcanzó 1,28 m N.R.S. Por otra parte, ambas bajamares fueron de -0,13 m N.R.S. La pleamar entre ambas estaciones está desfasada 20 minutos (la marea real se atrasó con respecto a la predicha). La onda de marea alcanzó en la estación San Luis alturas de pleamar y bajamar de 0,30 y -0,15 m N.R.S. (rango de 0,45 m) y la pleamar está desfasada 370 minutos con respecto a la estación Phoenix.

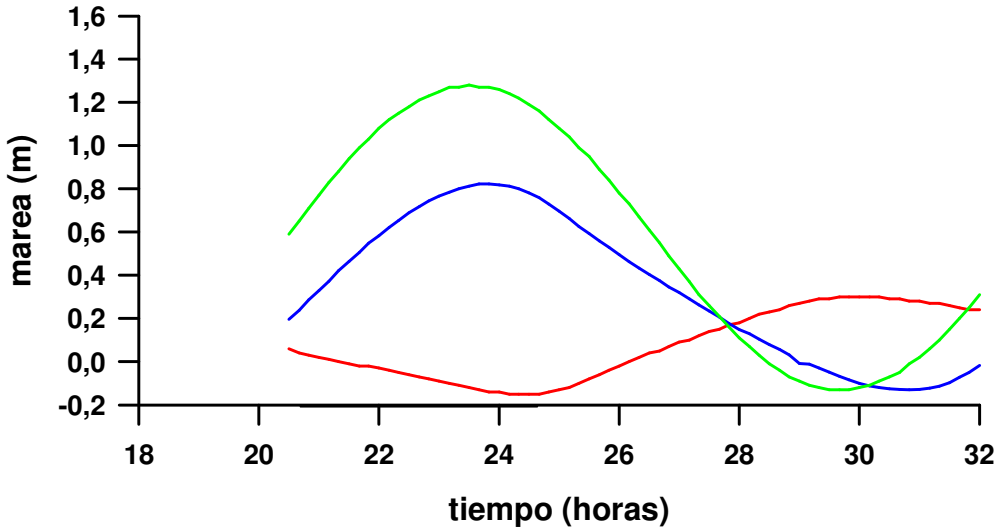


Figura 4.2.8. Comparación de las ondas de marea entre el 7 y 8 de noviembre de 2014 para las estaciones Valdivia (verde), Phoenix (azul) y San Luis (rojo). El tiempo está expresado en horas desde las 20:15 horas del día 7 de noviembre.

Distancias entre estaciones hidrográficas y estación de referencia

La Figura 4.2.9 muestra la relación entre la distancia entre la estación Phoenix y las cinco estaciones analizadas para caracterización hidrográfica del humedal del río Cruces. Se observa una tendencia regular de aumento del desfase con la distancia, aumento que no es regular debido a que las estaciones están ubicadas en distintos cauces (*i.e.*, fuera del canal o eje principal del río Cruces), con excepción de la estación San Luis.

La diferencia de rango entre la marea registrada en cada ocasión en la estación Phoenix y la medida en cada una de las cuatro estaciones más cercanas muestreadas es de 0,48 m (San Ramón, Cayumapu, Pichoy y Cudico), mientras que en la estación San Luis este valor es de 0,50 m, muy similares entre sí a pesar de las diferencias en las distancias. El Anexo 4.2.1 incluye los valores de las mareas medidas en cada estación y período.

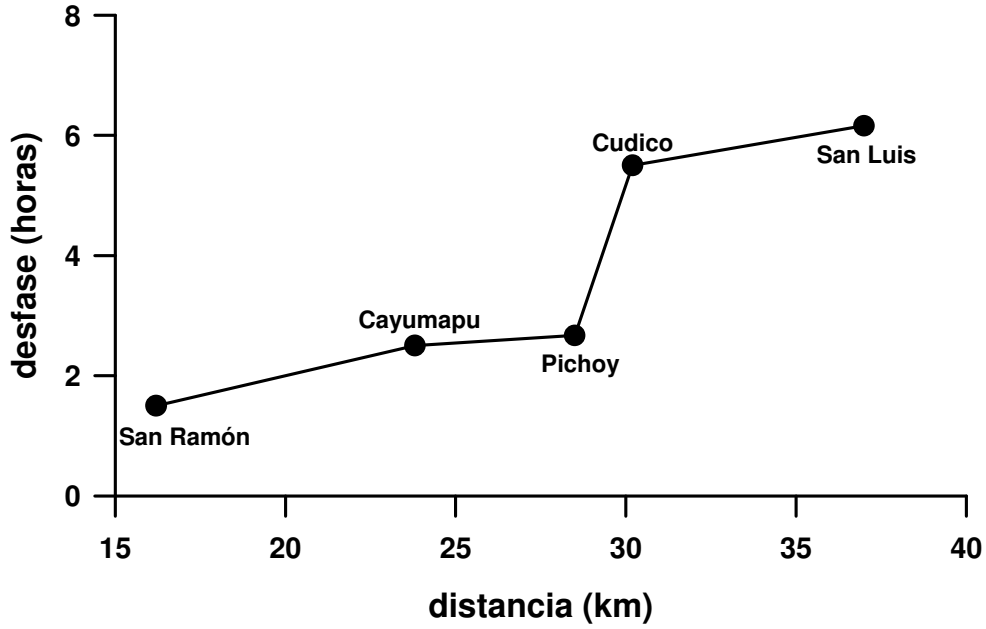


Figura 4.2.9. Relación entre la distancia y el desfase de la pleamar en las cinco estaciones analizadas, con respecto a la estación Phoenix.

Análisis de Flujos Residuales

Todos los datos usados en los cálculos y obtenidos con el programa Residual 2.0 se presentan en el Anexo 4.2.2.

San Ramón

En la estación San Ramón la corriente se invirtió hacia la cabecera del estuario desde el comienzo de la llenante y hasta la pleamar; al comienzo de la vaciante la corriente se hizo positiva (Fig. 4.2.10). Las velocidades X (longitudinales paralelas al canal) fluctuaron entre 0,52 - 0,05 ms^{-1} y 0,62 - 0,09 ms^{-1} cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90 % y 10 % de la profundidad), tal como se representa en la Figura 4.2.10. En esta Figura se puede observar además, que las velocidades superficiales y de fondo son muy similares. Existe un intima relación entre el estado de la marea y la magnitud de la velocidad X, ya que las mayores velocidades positivas (hacia el mar)

ocurrieron al final de la vaciante y las velocidad X negativas (dirigidas hacia la cabecera) de mayor magnitud se observaron 2 horas antes de la pleamar y fueron muy parecidas en magnitud en superficie y fondo.

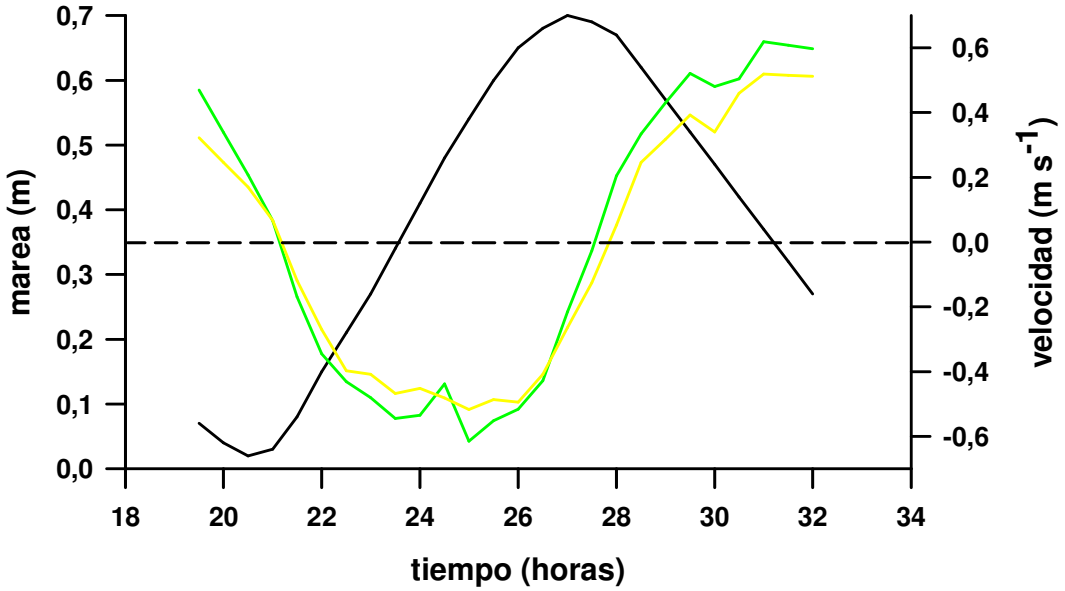


Figura 4.2.10. Estación San Ramón. Variación temporal de la velocidad X cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 19 horas del día 22 de noviembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

Los valores de temperatura fluctuaron entre 19,60 - 17,44 °C y 19,58 - 17,60°C cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90 % y 10 % de la profundidad). Los valores de temperatura se presentaron apenas estratificadas con los valores más altos siempre cerca de la superficie (Anexo 4.2.2 y Fig. 4.2.11). Los valores más altos ocurrieron al fin de la vaciante y disminuyeron hacia la pleamar. No se registraron valores de salinidad, pero la conductividad varió entre 30 y 150 µS cm^{-1}.

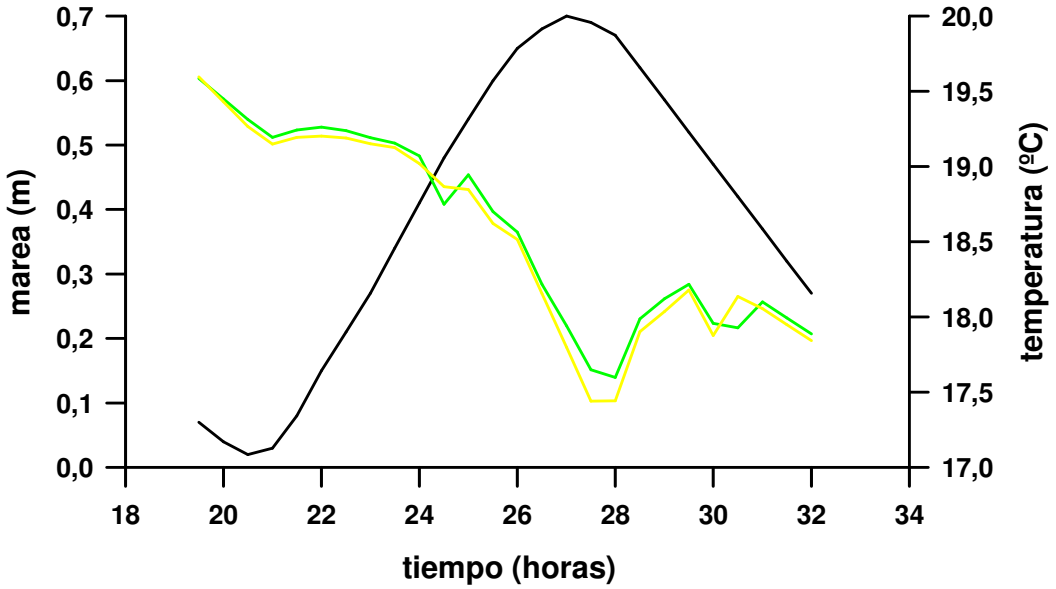


Figura 4.2.11. Estación San Ramón, variación temporal de la temperatura cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea de marea (línea negra), desde las 19 horas del día 22 de noviembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

La Figura 4.2.12 muestra la relación entre el caudal instantáneo (m^3s^{-1}) y la marea, calculados por el programa Residual 2.0. Se observa que los caudales nulos ocurrieron una hora antes de la bajamar y en la siguiente pleamar. Los valores negativos mayores se observaron al final de la vaciante (hora 25 con -56,3 m^3s^1), mientras que los mayores caudales positivos se produjeron aproximadamente una hora antes de la pleamar (hora 31 con 55,7 m^3s^1).

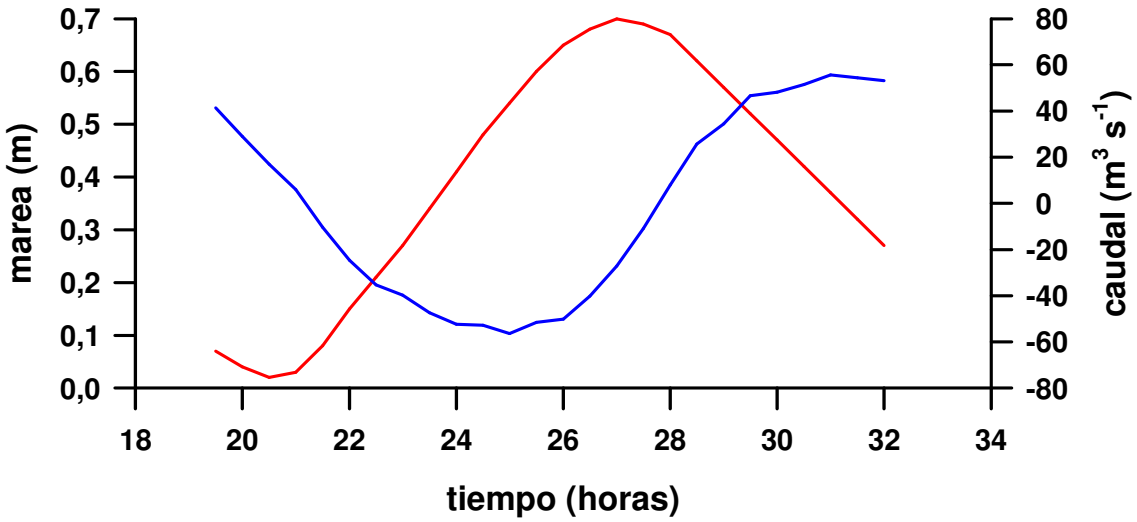


Figura 4.2.12. Relación entre caudal instantáneo (en azul) y onda de marea (en rojo) en la estación San Ramón, desde las 19:30 horas del día 22 de noviembre de 2014. Los caudales positivos están dirigidos hacia el océano y los negativos hacia la cabecera del estuario.

Cayumapu

En la estación Cayumapu la corriente se invirtió hacia la cabecera del estuario desde el comienzo de la llenante y hasta el comienzo de la vaciante; la corriente se hizo positiva durante la mayor parte de la vaciante, la bajamar y el comienzo de la llenante (Fig. 4.2.13).

Las velocidades X (longitudinales paralelas al canal) fluctuaron entre 0,45 y -0,53 ms^{-1} y 0,59 y -0,61 ms^{-1} cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad), tal como se representa en la Figura 4.2. 13. Por otra parte, los valores de la velocidad Y fluctuaron entre 0,029 y -0,005 ms^{-1} y 0,107 y -0,055 ms^{-1} cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad).

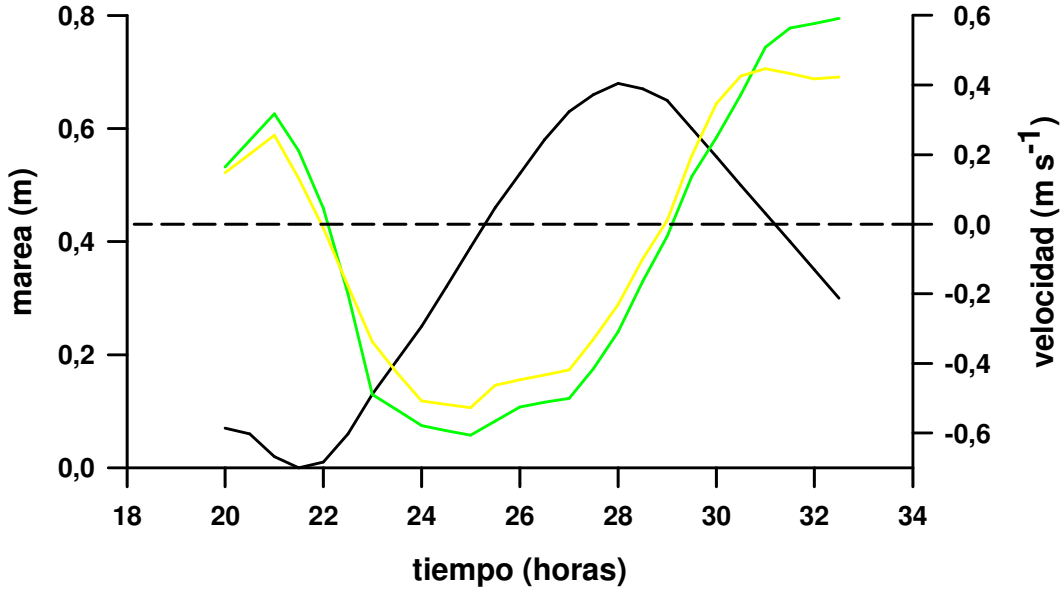


Figura 4.2.13. Estación Cayumapu, variación temporal de la velocidad X cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 20 horas del día 6 de diciembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

En la Figura 4.2.13 se puede observar además que las velocidades superficiales y de fondo son muy similares. Existe un íntima relación entre el estado de la marea y la magnitud de la velocidad X, ya que las mayores velocidades positivas (hacia el mar) ocurrieron al final de la vaciante y las velocidad X negativas (dirigidas hacia la cabecera) de mayor magnitud, ocurrieron 2 horas antes de la pleamar y son algo mayores en superficie.

Los valores de temperatura fluctuaron entre 21,68 – 21,10 °C y 21,73 – 21,16 °C cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad). Los valores de temperatura se presentaron levemente estratificados con los valores más altos siempre cerca de la superficie (Anexo 4.2.2 y Fig. 4.2.14). Los valores más altos ocurrieron al fin de la vaciante y disminuyeron hacia la pleamar. No se registraron valores de salinidad, pero la conductividad varió entre 30 y 150 µS cm^{-1}, la mayor parte de las veces

sutilmente estratificada con los mayores valores cerca del fondo y asociados a la marea llenante.

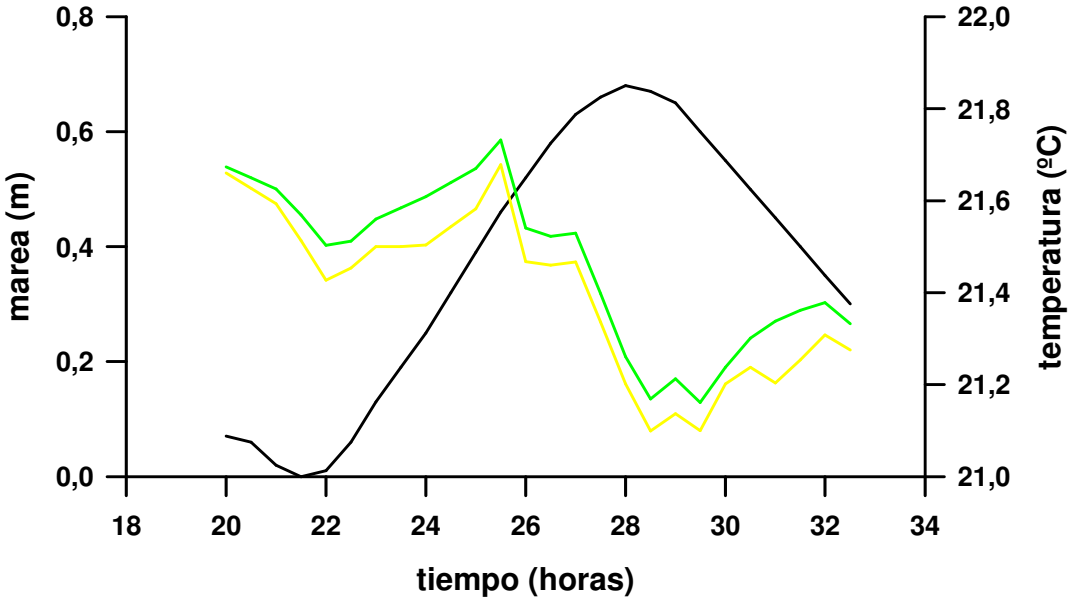


Figura 4.2.14. Estación Cayumapu, variación temporal de la temperatura cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 20 horas del día 6 de diciembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

La Figura 4.2.15 muestra la relación entre el caudal instantáneo (m^3s^{-1}) y la marea, calculados por el programa Residual 2.0. Se observa que los caudales nulos ocurrieron apenas 0,5 horas después de la bajamar y la pleamar. Los valores negativos mayores se observaron a media marea llenante (hora 24,5 con -212,9 m^3s^1), mientras que los mayores caudales positivos se produjeron a media marea vaciante (hora 32,5 con 206,3 m^3s^1).

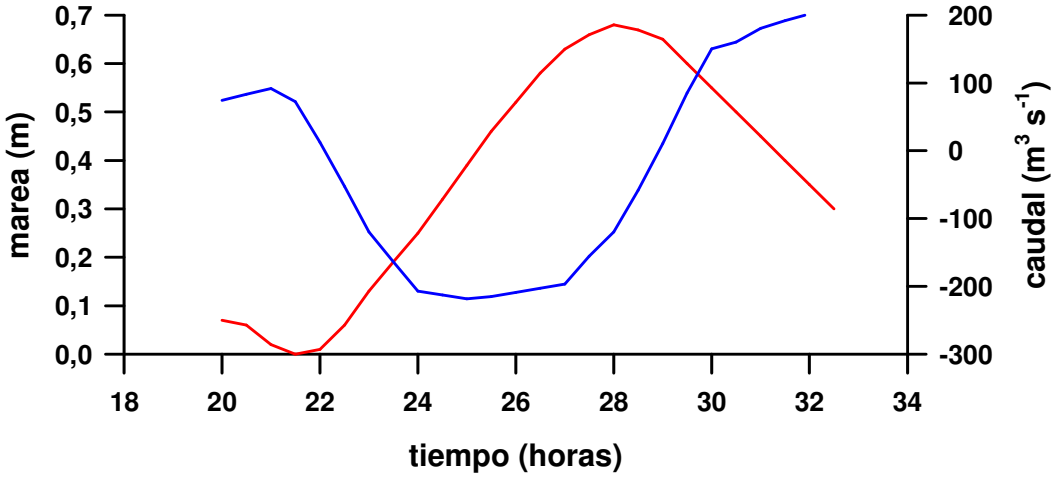


Figura 4.2.15. Relación entre caudal instantáneo (en azul) y onda de marea (en rojo) en la estación Cayumapu, desde las 20 horas del día 6 de diciembre de 2014. Los caudales positivos están dirigidos hacia el océano y los negativos hacia la cabecera del estuario.

Pichoy

En la estación Pichoy la corriente se invirtió hacia la cabecera del estuario desde el comienzo de la llenante y hasta el comienzo de la vaciante; la corriente se hizo positiva durante la mayor parte de la vaciante, la bajamar y el comienzo de la llenante (Fig. 4.2.16).

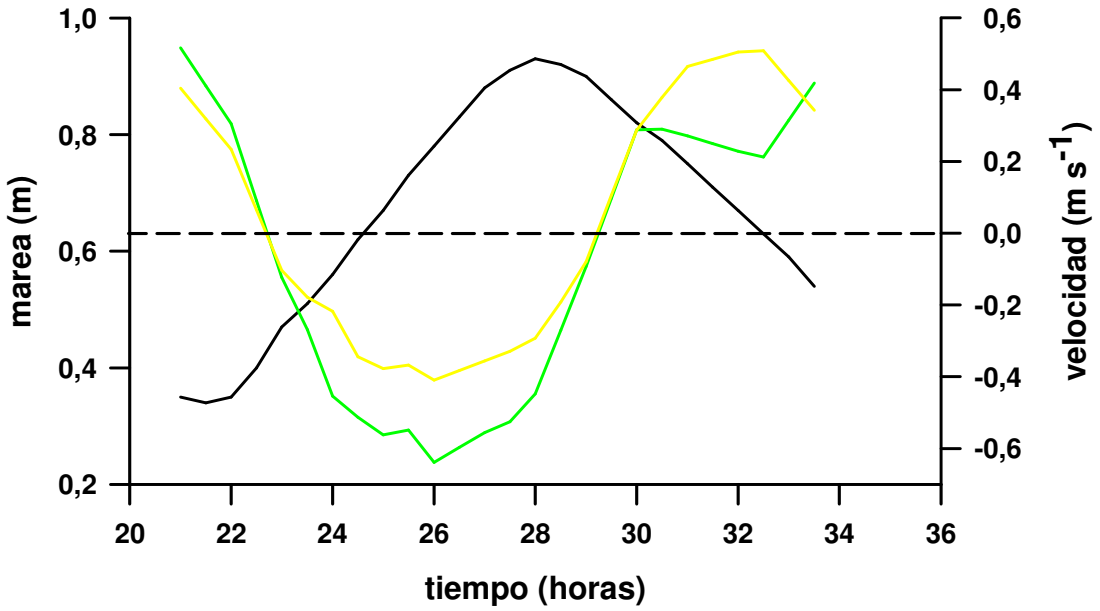


Figura 4.2.16. Estación Pichoy, variación temporal de la velocidad X cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 21 horas del día 5 de diciembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

Las velocidades X (longitudinales paralelas al canal) fluctuaron entre 0,45 y -0,53 ms^{-1} y 0,59 y -0,61 ms^{-1} cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad), tal como se representa en la Figura 4.2.4.7. Por otra parte, los valores de la velocidad Y fluctuaron entre 0,029 y -0,005 ms^{-1} y 0,107 y -0,05461 ms^{-1} cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad).

Los valores de temperatura variaron entre 22,03 – 20,74 °C y 22,09 – 20,95 °C cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad). Los valores de temperatura se presentaron apenas estratificados con los valores más altos siempre cerca de la superficie (Anexo 4.2.2 y Fig. 4.2.17). Los valores más altos ocurren al fin de la vaciante y disminuyen hacia la pleamar. No se registraron valores de salinidad,

pero la conductividad varió entre 10 y 180 µS cm, sin que se observe estratificación alguna pero con los mayores valores asociados a la marea llenante.

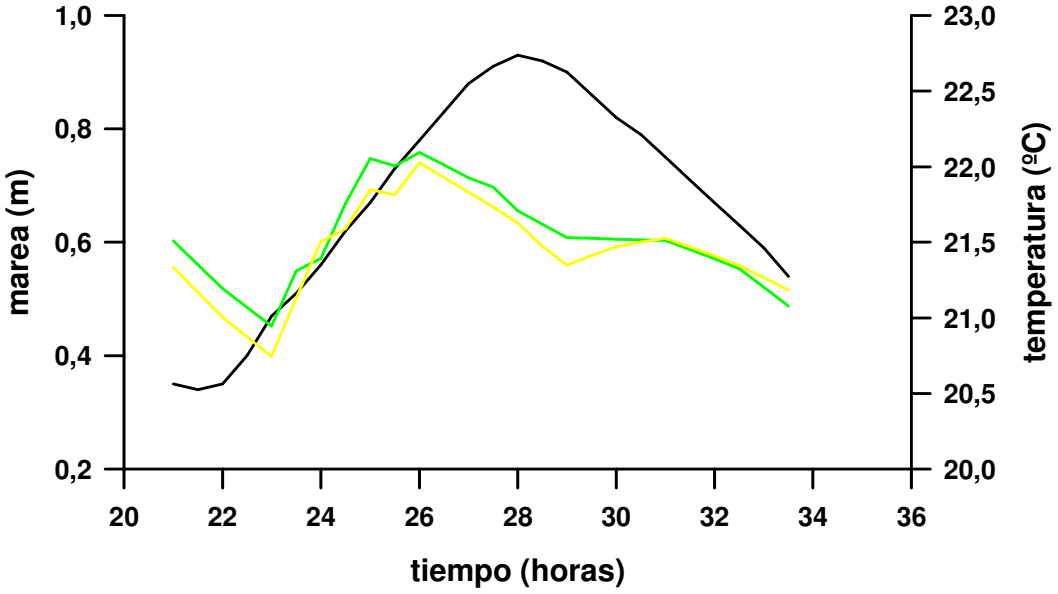


Figura 4.2.17. Estación Pichoy, variación temporal de la temperatura cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 21 horas del día 5 de diciembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

La Figura 4.2.18 muestra la relación entre el caudal instantáneo (m^3s^{-1}) y la marea, calculados por el programa Residual 2.0. Se observa que los caudales nulos ocurrieron alrededor de 1 hora después de la bajamar y la pleamar. Los valores negativos mayores se observaron a media marea llenante (hora 26 con -125,8 m^3s^1), mientras que los mayores caudales positivos se produjeron a media marea vaciante (hora 31,5 con 106,2 m^3s^1).

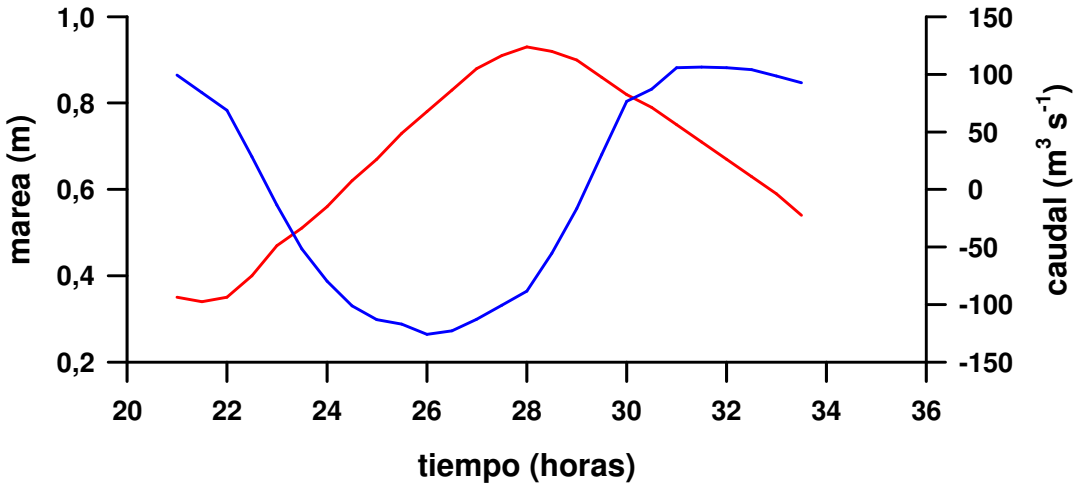


Figura 4.2.18. Relación entre caudal instantáneo (en azul) y onda de marea (en rojo) en la estación Pichoy, desde las 21 horas del día 5 de diciembre de 2014. Los caudales positivos están dirigidos hacia el océano y los negativos hacia la cabecera del estuario.

Cudico

En la estación Cudico, la corriente se invirtió hacia la cabecera del estuario desde el comienzo de la llenante y hasta el comienzo de la vaciante; la corriente se hizo positiva durante la mayor parte de la vaciante, la bajamar y el comienzo de la llenante (Fig. 4.2.19). Las velocidades X (longitudinales paralelas al canal) fluctuaron entre 0,21 y -0,16 ms^{-1} y 0,25 y -0,09 ms^{-1} cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad), tal como se representa en la Figura 4.2.19. Por otra parte, los valores de la velocidad Y variaron entre 0,049 y -0,038 ms^{-1} y 0,032 y -0,030 ms^{-1} cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad).

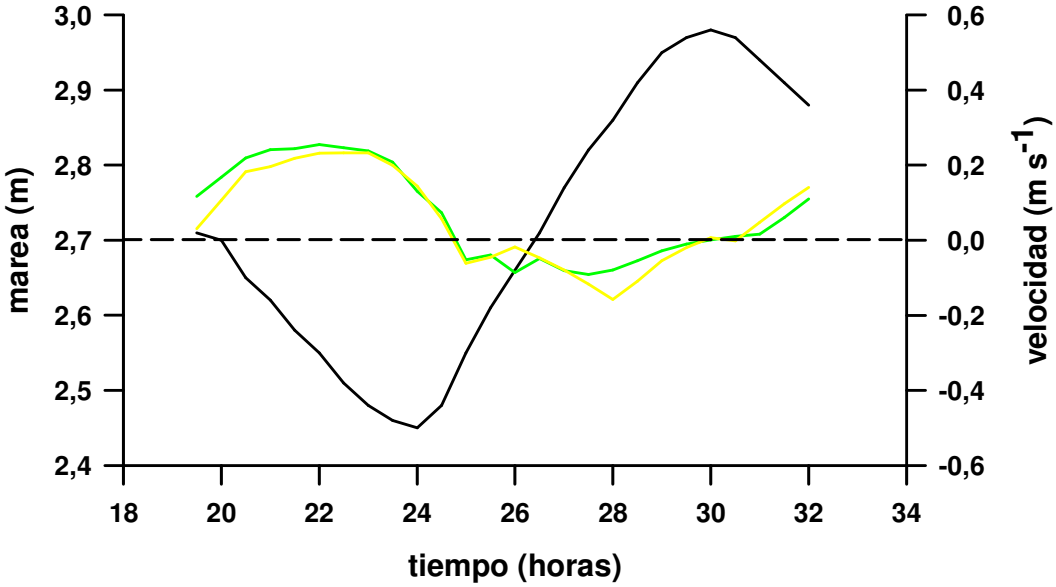


Figura 4.2.19. Estación Cudico, variación temporal de la velocidad X cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 19 horas del día 8 de noviembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

Los valores de temperatura fluctuaron entre 18,50 y 16,43 °C y 18,60 y 16,60 °C cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad). Los valores de temperatura se presentan levemente estratificados con los mayores valores siempre cerca de la superficie (Fig. 4.2.20). Los valores más altos ocurrieron al fin de la vaciante y disminuyeron hacia la pleamar. No se registraron valores de salinidad, pero la conductividad varió entre 10 y 180 µS cm, sin que se observara estratificación pero con los mayores valores asociados a la marea llenante.

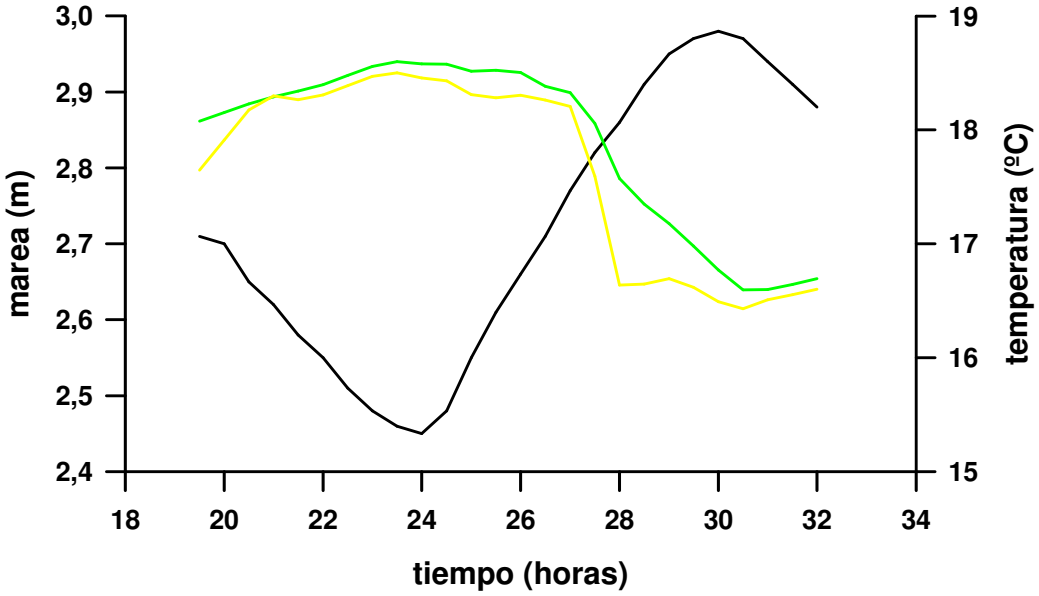


Figura 4.2.20. Estación Cudico, variación temporal de la temperatura cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 19 horas del día 8 de noviembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

La Figura 4.2.21 muestra la relación entre el caudal instantáneo (m^3s^{-1}) y la marea, calculados por el programa Residual 2.0. Se observa que los caudales nulos ocurrieron inmediatamente después de la bajamar y la pleamar. Los valores negativos mayores se observaron al final de la llenante (hora 28 con -18,46 m^3s^{-1}), mientras que los mayores caudales positivos se produjeron a media marea vaciante (hora 22 con 24,98 m^3s^{-1}).

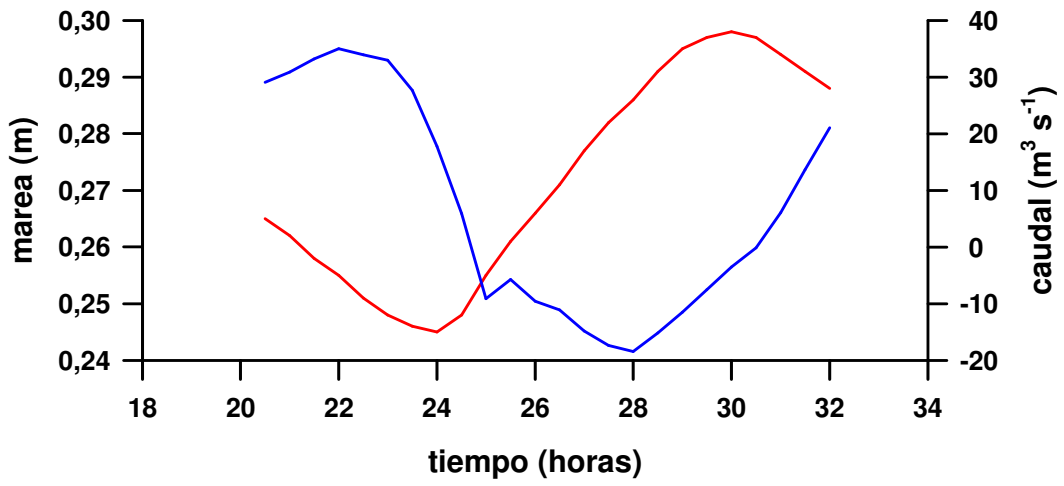


Figura 4.2.21. Relación entre caudal instantáneo (en azul) y onda de marea (en rojo) en la estación Cudico, desde las 20:15 horas del día 8 de noviembre de 2014. Los caudales positivos están dirigidos hacia el océano y los negativos hacia la cabecera del estuario.

San Luis

En la estación San Luis no se observó que la corriente se invirtiera por efecto de la marea, pero se registró una disminución de la velocidad X durante la marea llenante. Las velocidades X (longitudinales paralelas al canal) fluctuaron entre 0,39 - 0,08 ms^{-1} y 0,40 - 0,11 ms^{-1} cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad), tal como se representa en la Figura 4.2.22. En esta Figura se puede observar además que las velocidades superficiales y de fondo fueron muy similares, con excepción del comienzo del muestreo donde esta última es casi nula. Existe una íntima relación entre el estado de la marea y la magnitud de la velocidad X, ya que las mayores velocidades ocurrieron al final de la vaciante y se alcanzaron primero en la superficie. Las velocidades X de menor magnitud ocurrieron 2 horas antes de la pleamar y fueron muy parecidas en magnitud en superficie y fondo.

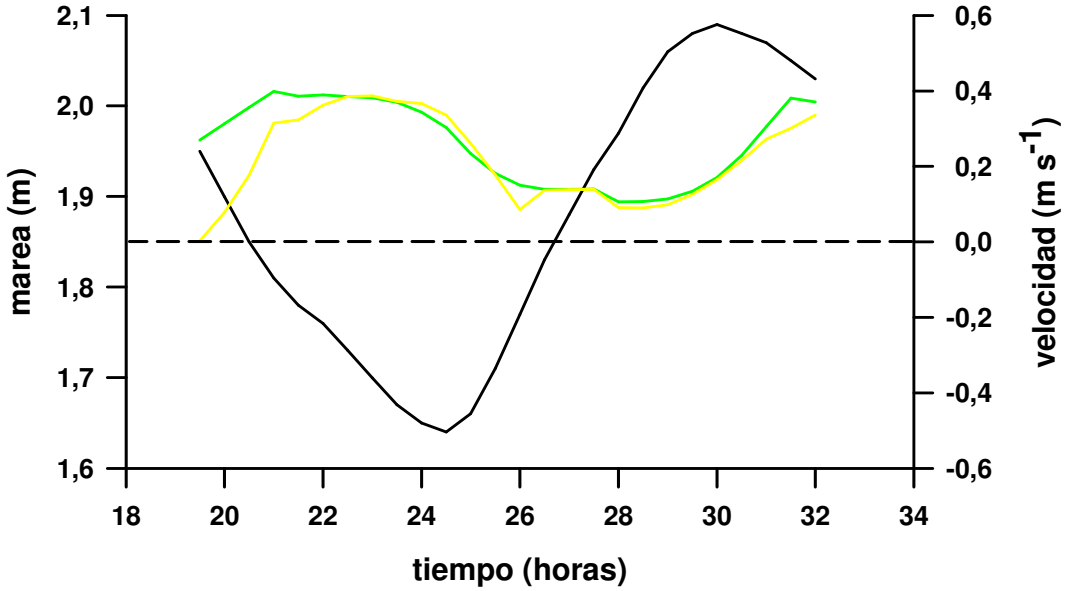


Figura 4.2.22. Estación San Luis, variación temporal de la velocidad X cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 19 horas del día 7 de noviembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

Los valores de temperatura fluctuaron entre 14,30 y 13,72 °C y 14,44 y 13,76 °C cerca del fondo y de la superficie, respectivamente (90% y 10% de la profundidad). Los valores de temperatura se presentaron levemente estratificados con los mayores valores siempre cerca de la superficie (Fig. 4.2.23). Los valores más altos ocurrieron al fin de la vaciante y disminuyeron desde la bajamar hacia la pleamar. No se registraron valores de salinidad, pero la conductividad varió entre 30 y 180 µS cm, sin que se observara estratificación y con los mayores valores distribuidos aleatoriamente.

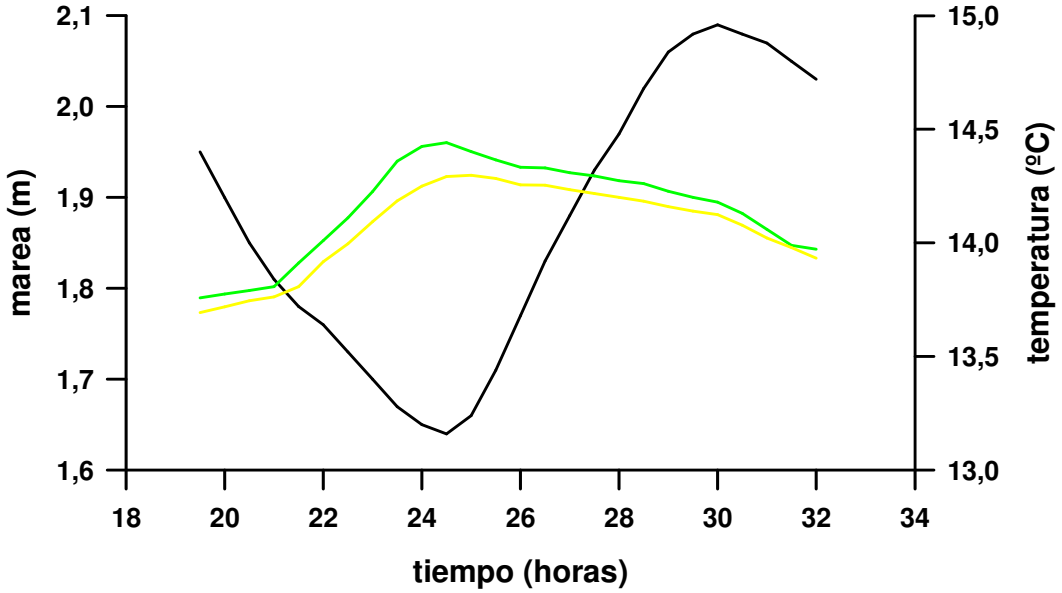


Figura 4.2.23. Estación San Luis, variación temporal de la temperatura cerca de la superficie y el fondo, en relación con la onda de marea (línea negra), desde las 19 horas del día 7 de noviembre de 2014. En verde las temperaturas superficiales (10 %) y en amarillo aquellas cercanas al fondo (90 %).

La Figura 4.2.24 muestra la relación entre el caudal instantáneo (m^3s^{-1}) y la marea, calculados por el programa Residual 2.0. Los valores positivos menores se observaron al final de la llenante y la pleamar (hora 29 con 39,54 m^3s^{-1}), mientras que los mayores caudales positivos se produjeron en la última hora de la vaciante (hora 21 con 139,50 m^3s^{-1}).

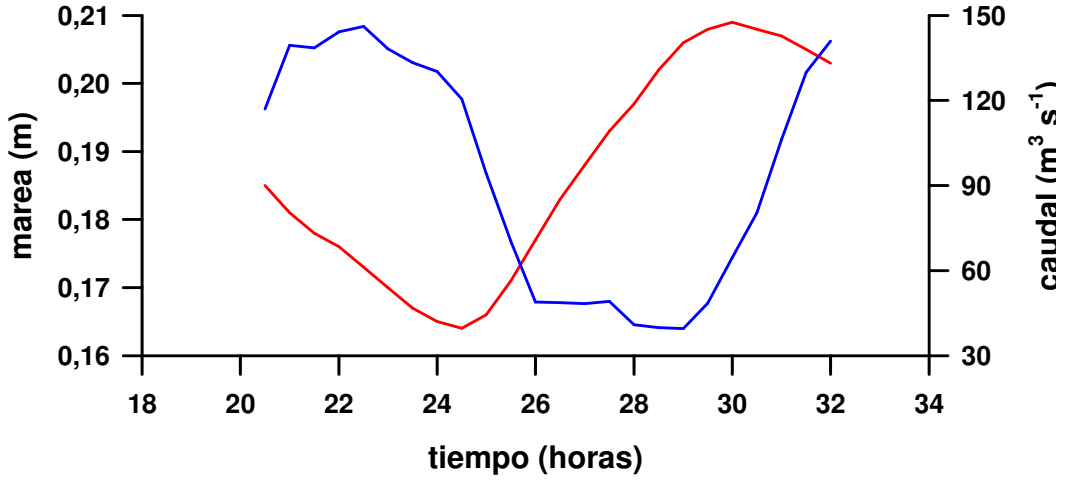


Figura 4.2.24. Relación entre caudal instantáneo (en azul) y onda de marea (en rojo) en la estación San Luis, desde las 20:15 horas del día 7 de noviembre de 2014. Los caudales positivos están dirigidos hacia el océano y los negativos hacia la cabecera del estuario.

Resumen de condiciones hidrográficas

La Tabla 4.2.1 muestra un resumen de los desfases de tiempo de la pleamar con la bajamar, entre los momentos de máximo y mínimo caudal, entre las horas de caudales nulos, entre la hora de la pleamar y el caudal máximo, entre la hora de la bajamar y el caudal mínimo y entre los dos caudales iguales a cero en cada ciclo de marea (nulos) y la pleamar y la bajamar. Se observa que la diferencia en tiempo entre la pleamar y la bajamar fue de 6,5 horas en las estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy, y disminuyó a 6 y 5,5 horas en las estaciones Cudico y San Luis, respectivamente. Lo mismo ocurrió con las horas de desfase entre los caudales máximos y mínimos. Entre las horas en que ocurrieron los caudales iguales a cero (nulos) también se observó una disminución desde la estación San Ramón a Cudico (de 6,5 a 6 horas). En San Luis no se registraron caudales iguales a cero. Las diferencias temporales entre la pleamar y la bajamar y los momentos de máximo o mínimo caudal variaron entre 3,5 a 4,0 horas. Finalmente, la diferencia entre la hora de pleamar o bajamar con la hora en que ocurrieron los caudales iguales a cero (nulos) fluctuó entre 0,75 y 1,30 horas.

Tabla 4.2.1. Resumen de los desfases de tiempo de la pleamar y la bajamar entre sí y con los caudales máximos, mínimos y nulos. n = no se puede calcular porque tal valor no existe o no se puede relacionar a la fase de marea más cercana que lo precede; dif.= diferencia; máx.= máximos; mín.= mínimos. En cada ciclo de marea se originan dos momentos con caudales nulos 1 y 2 (*i.e.*, las dos veces en un ciclo mareal que la corriente de marea se detiene o está en estoa)

estación	hora pleamar	hora bajamar	dif.	hora máx. caudal	hora mín. caudal	dif.	hora caudal nulo 1	hora caudal nulo 2	dif.	dif. pleamar máx. caudal	dif. bajamar mín. caudal	dif. pleamar caudal 0	dif. bajamar caudal 0
río Cruces, sector Fuerte San Luis de Alba	30	24,5	5,5	22,5	29	5,5	n	n	n	n	4,5	n	n
río Cudico	30	24,0	6,0	22,0	28	6,0	24,75	30,75	6,00	4,0	4,0	0,75	0,75
río Pichoy	28	21,5	6,5	31,5	26	6,5	22,80	29,15	6,35	3,5	4,5	1,15	1,30
río Cayumapu	28	21,5	6,5	32,0	25	6,5	22,30	28,75	6,45	4,0	3,5	0,75	0,80
río San Ramón	27	20,5	6,5	31,0	25	6,5	21,25	27,75	6,50	4,0	4,5	0,75	0,75

Sólidos suspendidos totales

La Tabla 4.2.2 muestra las concentraciones de sólidos suspendidos totales en el agua superficial de las cinco estaciones de muestreo. Las concentraciones más altas se estimaron en las desembocaduras de los ríos Pichoy, Cayumapu y San Ramón; no se observaron tendencias definidas al comparar estados de la marea (Tabla 4. 2.2).

Tabla 4.2.2. Concentraciones promedio por estación y fase de marea de Sólidos suspendidos totales, orgánicos e inorgánicos (expresados en mg L^{-1})**.** MA = marea llenante; MB= marea vaciante. Los números en paréntesis corresponden a una desviación estándar.

estación	marea	sólidos suspendidos totales		
		total	orgánico	inorgánico
San Luis	MA	2,45 (0,58)	1,29 (0,58)	1,15 (0,58)
	MB	3,04 (0,00)	1,71 (0,58)	1,33 (0,58)
Cudico	MA	2,33 (0,58)	1,37 (0,58)	0,96 (0,00)
	MB	1,96 (0,00)	1,20 (0,58)	0,76 (0,58)
Pichoy	MA	15,40 (0,00)	4,93 (1,00)	10,47 (0,58)
	MB	15,25 (84,49)	5,40 (27,14)	9,85 (62,36)
Cayumapu	MA	20,27 (3,61)	5,07 (1,00)	15,20 (3,21)
	MB	10,22 (0,58)	3,83 (0,00)	6,39 (0,58)
San Ramón	MA	11,32 (2,31)	5,02 (1,73)	6.30 (0,58)
	MB	11,58 (0,58)	4,23 (0,58)	7,36 (0,58)

La Tabla 4.2.3 muestra los flujos instantáneos de sólidos suspendidos totales, inorgánicos y orgánicos calculados para cada estación, en las condiciones de marea vaciante y marea llenante. En estos cálculos influye el caudal instantáneo a través del efecto de la corriente originada por la marea y el ancho y profundidad del canal. Dado que no se considera en las estaciones San Ramón, Cayumapu, Pichoy, Cudico el flujo a través de aguas someras (< 1 m) y totorales, los valores de los flujos instantáneos de agua están subestimados.

Por otra parte y debido a que las muestras destinadas a analizar concentraciones de sólidos suspendidos totales fueron tomadas sólo dos veces en cada muestreo, y no en cada momento de muestreo, estos valores no representan en sentido estricto los flujos para un ciclo completo de marea. En las estaciones San Luis y Cudico, con un efecto de marea reducido, los flujos de material particulado fueron mayores en vaciante que en

llenante. Con estos datos podría esperarse que no exista transporte neto de sustancias conservativas aguas arriba de estas estaciones.

Por otra parte, en las estaciones Pichoy, Cayumapu y San Ramón, donde el efecto de la marea y la inversión respectiva del flujo de agua es mucho más importante, los flujos de material particulado fueron mayores en llenante que en vaciante. Esto puede interpretarse como que las mayores velocidades alcanzadas por las corrientes asociadas a llenante tuvieron primero la capacidad de resuspender más material particulado, pero a la vez originaron un transporte neto de sustancias conservativas en dirección hacia la cabecera de los estuarios. Esta situación fue especialmente notable en el estuario del río Cayumapu, por su ancho de canal y sus corrientes dirigidas hacia la cabecera del estuario.

Lo anterior permite concluir que la energía mareal es el factor clave en el transporte de agua y Sólidos suspendidos, lo que se amplifica cuando el ancho del cauce es mayor.

Tabla 4.2.3. Flujos instantáneos de sólidos suspendidos totales, orgánicos e inorgánicos calculados para cada estación en condiciones de marea llenante y vaciante. MA = marea llenante; MB= marea vaciante. Los valores negativos significan importación (transporte hacia la cabecera).

estación	marea	hora	caudal instantáneo ($m^3\ s^{-1}$)	flujo total ($kg\ s^{-1}$)	flujo orgánico ($kg\ s^{-1}$)	flujo inorgánico ($kg\ s^{-1}$)
río Cruces, sector Fuerte San Luis de Alba	MA	29,0	39,50	0,97	0,51	0,45
	MB	21,5	138,60	4,21	2,37	1,84
río Cudico	MA	28,0	-18,45	-0,43	-0,25	-0,18
	MB	20,5	29,08	0,57	0,35	0,22
río Pichoy	MA	26,5	-122,94	-18,93	-6,06	-12,87
	MB	21,5	83,99	12,81	4,54	8,27
río Cayumapu	MA	26,0	-208,99	-42,36	-10,60	-31,77
	MB	20,5	83,38	8,52	3,19	5,33
río San Ramón	MA	26,0	-50,08	-5,67	-2,51	-3,16
	MB	20,5	16,90	1,96	0,71	1,24

Metales pesados disueltos y particulados

Las Tablas 4.2.4 y 4.2.5 muestran los valores de las réplicas y los promedios por estación y fase de la marea para las 5 estaciones analizadas, para metales disueltos y particulados, respectivamente.

Para los metales disueltos los elementos Arsénico, Cadmio y Mercurio mostraron concentraciones por debajo del nivel de detección instrumental y los dos primeros tampoco pudieron ser detectados para los metales particulados. El Plomo en los metales disueltos estuvo la mayoría de las veces en concentraciones por debajo del nivel de detección instrumental.

En estos metales la variación de los valores de concentraciones entre réplicas fueron en general muy variables, especialmente alta para el Manganeso (llenante) y Aluminio, Hierro, Manganeso y Zinc (vaciante) en la estación San Ramón, Zinc (vaciante) en la estación Cayumapu, Zinc (llenante) en la estación Pichoy, Manganeso y Zinc (llenante) y Zinc (vaciante) en la estación Cudico y Zinc (vaciante) en la estación San Luis. En todos estos casos una de las réplicas dobló en concentración a la otra, tal como se denotó en los altos valores de desviación estándar (Tabla 4.2.4).

Dentro de los metales disueltos el Aluminio fue detectado en concentraciones entre 3,11 y 22,76 $\mu g\ l^{-1}$, con el valor más alto durante vaciante en la estación Cudico. Para el Cobre los valores fluctuaron entre 0,37 y 0,84 $\mu g\ l^{-1}$, con el máximo durante la llenante en Cudico. El metal Hierro varió ampliamente entre 7,42 y 145,85 $\mu g\ l^{-1}$, con la máxima concentración en llenante en la estación Pichoy. Finalmente el Manganeso y el Zinc fluctuaron entre 0,34 y 17,60 $\mu g\ l^{-1}$ y 0,25 y 1,96 $\mu g\ l^{-1}$ con los máximos en las muestras de llenante en las estaciones San Luis y Cayumapu, respectivamente. No existe un patrón consistente entre estaciones en las concentraciones asociados a fases de llenante o vaciante (Tabla 4.2.4). Para el Aluminio fue mayor la concentración en llenante en cuatro estaciones, con excepción de San Ramón; para el Cobre los valores obtenidos en llenante y vaciante fueron muy similares; en el caso del Hierro la concentración fue mayor en vaciante en las estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy mientras que en las otras dos estaciones las concentraciones fueron similares en ambas fases de marea. El Manganeso tuvo mayores concentraciones en vaciante en las estaciones San Ramón y Pichoy, en la estación Cayumapu las concentraciones fueron similares entre fases de marea, y en las estaciones Cudico y San Luis las concentraciones de este metal fueron mayores en llenante. Finalmente el metal Zinc registró mayores concentraciones en vaciante en cuatro estaciones con la excepción de la estación Cudico.

En los metales disueltos se observó una concentración creciente hacia las estaciones más distantes de la boca del estuario, de Cayumapu a San Luis (Tabla 4.2.4).

En el caso de los metales en la fracción particulada la variación de los valores de concentraciones entre réplicas fueron altas para Mercurio (llenante) en la estación San Ramón, Zinc (llenante) y Mercurio (vaciante) en la estación Cayumapu, Plomo (llenante) en la estación Pichoy; Cobre, Hierro, Manganeso, Plomo y Zinc (llenante) y Plomo (vaciante) en la estación Cudico y Zinc (llenante) y Plomo y Zinc (vaciante) en la estación San Luis (Tabla 4.2.5).

El Aluminio en esta fracción particulada fluctuó entre 21375 y 59150 μg g^{-1}, con los mayores valores en las estaciones Cayumapu y Pichoy. Se registraron mayores valores en fase de vaciante en las estaciones San Ramón, Pichoy y Cudico, y en llenante en Cayumapu y San Luis. El metal Cobre varió entre 144,20 y 924,15 μg g^{-1}, con valores cuatro veces superiores en las estaciones Cudico y San Luis. En general dominaron los mayores valores asociados a vaciante, con excepción de la estación San Ramón (Tabla 4.2.5). El Hierro varió su concentración en el material particulado entre 55065 y 99710 μg g^{-1}, con valores mayores en vaciante en las estaciones Pichoy, Cudico y San Luis, y en llenante en las estaciones San Ramón y Cayumapu. Por otra parte el Mercurio fluctuó 0,06 y 0,24 μg g^{-1} , con mayores concentraciones en las estaciones Pichoy, Cudico y San Luis, y valores muy similares en ambas fases de marea en la dos estaciones restantes. El metal Manganeso mostró una variación entre 1268 y 5300 μg g^{-1}, con los mayores valores en vaciante en las estaciones San Ramón, Cayumapu, Pichoy y Cudico, y mayor concentración en fase de llenante en la estación San Luis. La concentración de Plomo varió entre 10,59 y 31,01 μg g^{-1} , con valores mayores en llenante en las estaciones Cayumapu, Pichoy y Cudico, mayor concentración en vaciante en la estación san Ramón y valores muy similares en la estación San Luis. Finalmente el metal Zinc fluctuó entre 172,91 y 953,17 μg g^{-1} , con mayores concentraciones en vaciante en las estaciones Cayumapu, Pichoy, Cudico y San Luis, y mayor en fase de llenante sólo en las estación San Ramón. En las estaciones Pichoy,

Cudico y San Luis predominaron las mayores concentraciones en vaciante con excepción de Aluminio (San Luis) y Plomo (Pichoy y Cudico); por el contrario en la estación San Ramón predominaron las mayores concentraciones en llenante con excepción de Aluminio y Mercurio, metal que en esta estación no mostró variación con la fase de la marea. Finalmente en la estación Cayumapu tres metales (Aluminio, Hierro y Plomo) tuvieron sus máximos en llenante y otros tres (Cobre, Manganeso y Zinc) en vaciante.

Los máximos absolutos en llenante y vaciante se concentran en las estaciones más lejanas a Valdivia, es decir Pichoy, Cudico y San Luis (Al = 59150 – 52435 μg g^{-1} en Pichoy; Cu = 809,10 – 924,15 μg g^{-1} en Cudico; Fe = 81880 – 99710 μg g^{-1} en San Luis; Hg = 0,15 - 0,24 μg g^{-1} en Cudico y San Luis; Mn = 4154 μg g^{-1} en Pichoy ; Pb = 21,96 – 31,01 μg g^{-1} en Pichoy y Cudico; Zn = 601,47 – 953,17 μg g^{-1} en Cudico), con la sola excepción del Manganeso en vaciante en la estación Cayumapu (Tabla 4.2.5).

Para el cálculo de los flujos de transporte de metales disueltos y particulados en las fases de llenante (MA, importación, valores negativos) y vaciante (MB, exportación, valores positivos) tanto el volumen de agua (metales disueltos) como la cantidad de material particulado (metales particulados) desplazados cobran mucha importancia, especialmente en el segundo caso donde influye tanto la concentración de material particulado como el flujo de agua. En este caso los valores de flujo de metales fueron expresados en mg s^{-1} para los metales disueltos y particulados, (Tabla 4.2.6 y 4.2.7). En ambos casos el valor neto representa si el flujo de metales fue importado hacia aguas arriba (valores negativos) o exportado aguas abajo (valores positivos), y este cálculo fue una aproximación pues las muestras no representan todo el ciclo mareal sino que los momentos de máxima corriente hacia aguas arriba (MA, llenante) o hacia aguas abajo (MB, vaciante).

Dentro el grupo de los metales disueltos el Aluminio presentó flujos máximos que variaron entre -2281 y 1253 mg s^{-1} (llenante en Cayumapu y vaciante en San Luis),

respectivamente. El metal Cobre varió con flujos de -131 y 58 mg s^{-1} (llenante en Cayumapu y vaciante en Pichoy), mientras que para el Hierro se calcularon flujos de -16950 y 12250 mg s^{-1} en las mismas estaciones y fases de marea. Para el Manganeso los flujos variaron entre -71 y 1590 mg s^{-1} y para el Zinc entre -61 y 531 mg s^{-1} (llenante en Cayumapu y vaciante en Cayumapu). Los flujos netos para el Aluminio fueron de importación en las estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy, con un máximo de -1504 mg s^{-1} en la segunda estación mencionada y de exportación en Cudico y San Luis, con un máximo de 856 mg s^{-1} en San Luis. Para el Cobre los flujos netos fueron de importación en las mismas estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy, con un máximo de -83 mg s^{-1} en Cayumapu, y exportación en Cudico y San Luis, con un máximo de 26 mg s^{-1} en San Luis. De una manera distinta el Hierro sólo tuvo un flujo de importación en la estación Cayumapu (-8953 mg s^{-1}), mientras que en las otras 4 estaciones el flujo de exportación varió entre 178 y 8566 mg s^{-1} (estaciones San Ramón y San Luis, respectivamente). Los flujos del Manganeso variaron entre -9, -39, 117, -18 y 874, en las estaciones San Ramón, Cayumapu, Pichoy, Cudico y San Luis, respectivamente. Finalmente, el Zn sólo registró flujos positivos de exportación en las estaciones Cayumapu, Pichoy, Cudico y San Luis (entre 6 y 470 mg s^{-1}) y nulo en San Ramón. La mayor parte de los flujos de importación se concentran en las estaciones Cayumapu, seguido por San Ramón y Pichoy, mientras que en Cudico y San Luis, con la excepción del flujo de manganeso, todos los flujos son de exportación (Tabla 4.2.6).

Dentro el grupo de los metales particulados la estación Cayumapu agrupó todos los flujos de importación máximos y también los de exportación máximos, con excepción de Aluminio y Cobre que se registraron en la estación San Luis (Tabla 4.2.7). El Aluminio presentó flujos máximos que variaron entre -2143840 y 140509 mg s^{-1} (llenante en Cayumapu y vaciante en San Luis), respectivamente, tal como ocurrió con el Aluminio disuelto. El metal Cobre varió con flujos de -5282 y 3553 mg s^{-1} (llenante en Cayumapu y vaciante en Pichoy), mientras que para el Hierro se calcularon flujos de -2458363 y 469154 mg s^{-1} en la estación Cayumapu para ambas fases de marea. También en esta estación se

registraron los mayores flujos negativos y positivos de Mercurio, con -2,5 y 0,5 mg s^{-1}, de Manganeso con flujos entre -169186 y 45156 mg s^{-1}, de Plomo entre -755 y 119 mg s^{-1} y de Zinc variando entre -15893 y 5347 mg s^{-1} . Los flujos netos para el Aluminio fueron de importación en las estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy, con un máximo de -1802699 mg s^{-1} en la segunda estación mencionada, y de exportación en Cudico y San Luis, con un máximo de 104808 mg s^{-1} en San Luis. Para el Cobre los flujos netos fueron de importación en las mismas estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy, con un máximo de -3888 mg s^{-1} en Cayumapu, y exportación en Cudico y San Luis, con un máximo de 2928 mg s^{-1} en San Luis. En las mismas tres estaciones más cercanas a Valdivia el Hierro tuvo flujos netos de importación de -276410, -1989209 y -999608 mg s^{-1} mientras que estaciones Cudico y San Luis el flujo neto de exportación varió entre 16.645 y 340.356 mg s^{-1} . Con flujos de mucho menor magnitud (-0,4, -2,0, -1,1, 0,1 y 1 mg s^{-1}, el Mercurio siguió el comportamiento del Hierro. Los flujos netos del Manganeso variaron entre -11913, -124030 y -69178 mg s^{-1}, en las estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy, respectivamente; en Cudico y San Luis fueron de 705 y 6175 mg s^{-1}. Los flujos netos de Plomo fueron de -71, -636, -544 y -3 mg s^{-1} en San Ramón, Cayumapu, Pichoy y Cudico, respectivamente; en la estación San Luis fue de 46 mg s^{-1}. Finalmente el Zn registró flujos negativos de importación en las estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy, (-1085, -10547, -4671 mg s^{-1}, respectivamente) y en Cudico y San Luis flujos netos positivos entre 285 y 2361 mg s^{-1}. Todos los flujos de importación se concentran en las estaciones San Ramón, Cayumapu y Pichoy, mientras que en Cudico y San Luis, todos los flujos son de exportación (Tabla 4.2.7).

Tabla 4.2.4. Valores de los promedios y desviaciones estándar por estación y fase de marea de metales disueltos (expresados en µg l^{-1}) para las cinco estaciones analizadas**.** MA = marea llenante, MB= marea vaciante.

Estación		Metales Disueltos (µg l^{-1})				
		Fe	Al	Mn	Cu	Zn
San Ramón						
MA	HSR	4,32	2,69	0,77	0,58	0,25
MA	HSR	10,52	3,54	0,22	0,54	<0,02
	promedio	**7,42**	**3,11**	**0,50**	**0,56**	**0,25**
	d.s.	**4,39**	**0,60**	**0,39**	**0,03**	**n/c**
MB	HSR	4,92	2,01	1,51	0,68	0,49
MB	HSR	60,10	7,04	0,32	0,48	1,01
	promedio	**32,51**	**4,53**	**0,92**	**0,58**	**0,75**
	d.s.	**39,02**	**3,56**	**0,84**	**0,14**	**0,37**
Cayumapu						
MA	HC	83,78	10,83	0,34	0,68	0,28
MA	HC	78,43	11,00	0,34	0,58	0,31
	promedio	**81,1**	**10,92**	**0,34**	**0,63**	**0,29**
	d.s.	**3,78**	**0,12**	**0,00**	**0,07**	**0,03**
MB	HC	99,17	9,77	0,39	0,57	6,37
MB	HC	92,64	8,89	0,37	0,57	<0,02
	promedio	**95,91**	**9,33**	**0,38**	**0,57**	**6,37**
	d.s.	**4,62**	**0,62**	**0,01**	**0,00**	**n/c**
Pichoy						
MA	HP	91,29	14,04	0,38	0,60	0,60
MA	HP	95,66	14,25	0,40	0,54	0,25
	promedio	**93,48**	**14,15**	**0,39**	**0,57**	**0,43**
	d.s.	**3,09**	**0,15**	**0,01**	**0,04**	**0,24**
MB	HP	151,20	13,03	2,48	0,66	0,58
MB	HP	140,50	12,20	1,47	0,73	0,88
	promedio	**145,85**	**12,62**	**1,97**	**0,69**	**0,73**
	d.s.	**7,57**	**0,59**	**0,71**	**0,05**	**0,21**
Cudico						
MA	HNC	125,00	22,37	2,35	0,88	1,20
MA	HNC	129,10	21,52	1,05	0,79	0,54
	promedio	**127,05**	**21,95**	**1,70**	**0,84**	**0,87**
	d.s.	**2,90**	**0,60**	**0,92**	**0,06**	**0,47**
MB	HNC	125,10	23,21	0,47	0,57	0,10
MB	HNC	121,80	22,31	0,48	0,60	1,45
	promedio	**123,45**	**22,76**	**0,47**	**0,58**	**0,77**
	d.s.	**2,33**	**0,64**	**0,00**	**0,02**	**0,96**
Fuerte San Luis de Alba						
MA	HSL	95,31	10,19	17,68	0,65	0,54
MA	HSL	81,19	9,91	17,53	0,64	0,49
	promedio	**88,25**	**10,05**	**17,60**	**0,65**	**0,52**
	d.s.	**9,98**	**0,20**	**0,11**	**0,01**	**0,04**
MB	HSL	76,79	8,90	11,43	0,37	2,89
MB	HSL	97,12	9,18	11,22	0,37	1,04
	promedio	**86,96**	**9,04**	**11,33**	**0,37**	**1,96**
	d.s.	**14,38**	**0,19**	**0,15**	**0,00**	**1,30**

Tabla 4.2.5. Valores de los promedios y desviaciones estándar por estación y fase de marea de metales particulados (expresados en µg g^{-1}) para las cinco estaciones analizadas**.** MA = marea llenante; MB= marea vaciante.

Estación		Metales Particulados (µg l^{-1})						
		Fe	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Hg
San Ramón								
MA	HSR	63590	34320	2514	175,7	201,81	14,88	0,08
MA	HSR	72110	40510	2929	220,8	300,46	21,55	0,16
	promedio	**67850**	**37415**	**2722**	**198,3**	**251,14**	**18,22**	**0,12**
	d.s.	**6025**	**4377**	**293**	**31,9**	**69,76**	**4,72**	**0,06**
MB	HSR	52200	37500	1600	136,8	194,19	15,94	0,16
MB	HSR	58310	43800	1990	151,6	151,63	17,24	0,1
	promedio	**55255**	**40650**	**1795**	**144,2**	**172,91**	**16,59**	**0,13**
	d.s.	**4320**	**4455**	**276**	**10,5**	**30,09**	**0,92**	**0,04**
Cayumapu								
MA	HC	56060	50380	3761	119,4	247,78	18,14	0,07
MA	HC	60010	50840	4227	130,0	502,61	17,49	0,05
	promedio	**58035**	**50610**	**3994**	**124,7**	**375,2**	**17,81**	**0,06**
	d.s.	**2793**	**325**	**330**	**7,5**	**180,19**	**0,46**	**0,02**
MB	HC	53640	37400	5538	159,2	777,15	12,47	0,03
MB	HC	56490	42680	5062	168,0	477,98	15,51	0,09
	promedio	**55065**	**40040**	**5300**	**163,6**	**627,57**	**13,99**	**0,06**
	d.s.	**2015**	**3734**	**337**	**6,2**	**211,55**	**2,15**	**0,05**

Continuación **Tabla 4.2.5**

Estación		Metales Particulados (µg l^{-1})						
		Fe	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Hg
Pichoy								
MA	HP	62290	53570	4259	127,2	354,49	42,43	0,08
MA	HP	60700	51300	4048	111,8	203,45	19,59	0,07
	promedio	**61495**	**52435**	**4154**	**119,5**	**278,97**	**31,01**	**0,07**
	d.s.	**1124**	**1605**	**149**	**10,89**	**106,8**	**16,15**	**0,00**
MB	HP	82690	56470	4697	137,8	252,4	23,59	0,14
MB	HP	99070	61830	5742	180,5	421,43	24,13	0,18
	promedio	**90880**	**59150**	**5220**	**159,15**	**336,91**	**23,86**	**0,16**
	d.s.	**11582**	**3790**	**739**	**30,19**	**119,52**	**0,39**	**0,02**
Cudico								
MA	HNC	32060	17310	1112	474,2	202,76	34,81	0,17
MA	HNC	67420	25440	2398	1144	1000,19	9,1	0,09
	promedio	**49740**	**21375**	**1755**	**809,1**	**60147**	**21,96**	**0,13**
	d.s.	**25003**	**5749,00**	**909**	**473,62**	**56387**	**18,18**	**0,06**
MB	HNC	52500	19000	2209	824,3	1000,12	11,64	0,29
MB	HNC	80950	25950	2913	1024	906,22	9,55	0,18
	promedio	**66725**	**22475**	**2561**	**924,15**	**953,17**	**10,59**	**0,24**
	d.s.	**20117**	**4914**	**498**	**141,21**	**66,39**	**1,48**	**0,08**
Fuerte San Luis de Alba								
MA	HSL	72350	33080	1140	586,0	316,95	11,41	0,19
MA	HSL	91410	40530	1396	702,6	655,22	13,74	0,1
	promedio	**81880**	**36805**	**1268**	**644,3**	**486,08**	**12,58**	**0,15**
	d.s.	**13477**	**5268,00**	**181**	**82,5**	**239,2**	**1,65**	**0,06**
MB	HSL	108800	34350	1690	733,2	916,45	18,41	0,22
MB	HSL	90620	32400	1828	954,8	428,92	9,36	0,17
	promedio	**99710**	**33375**	**1759**	**844,0**	**672,68**	**13,88**	**0,19**
	d.s.	**12855**	**1379**	**98**	**156,7**	**344,73**	**6,4**	**0,04**

Tabla 4.2.6. Valores de los promedios por estación y fase de marea de metales disueltos totales, (expresados en mg s^{-1}) para las cinco estaciones analizadas**.** MA = marea llenante; MB= marea vaciante. El flujo neto positivo significa exportación desde la estación analizada en dirección al océano, y el flujo neto negativo significa importación desde la estación analizada en dirección a la cabecera del estuario o afluente respectivo.

Estación	**hora**	**Caudal Instantáneo**	**Flujo Metales Disueltos Mg s^{-1}**				
		$m^3 s^{-1}$	Fe	Al	Mn	Cu	Zn
San Ramón							
llenante	26,00	-50	-371	-156	-25	-28	-13
vaciante	20,50	17	549	76	15	10	13
neto		**-33**	**178**	**-79**	**-9**	**-18**	**0**
Cayumapu							
llenante	26,00	-209	-16950	-2281	-71	-131	-61
vaciante	20,50	83	7997	778	32	48	531
neto		**-126**	**-8953**	**-1504**	**-39**	**-83**	**470**
Pichoy							
llenante	26,50	-123	-11492	-1739	-48	-70	-52
vaciante	21,50	84	12250	1060	166	58	61
neto		**-39**	**758**	**-679**	**117**	**-12**	**9**
Cudico							
llenante	28,00	-18	-2344	-405	-31	-15	-16
vaciante	20,50	29	3590	662	14	17	23
neto		**11**	**1246**	**257**	**-18**	**2**	**6**
Fuerte San Luis de Alba							
llenante	29,00	40	3486	397	695	26	20
vaciante	21,50	139	12052	1253	1570	52	272
neto		**99**	**8566**	**856**	**874**	**26**	**252**

Tabla 4.2.7. Valores de los promedios por estación y fase de marea de metales en los Sólidos en suspensión totales, (expresados en mg s^{-1}) para las cinco estaciones analizadas**.** MA = marea llenante; MB= marea vaciante. El flujo neto positivo significa exportación desde la estación analizada en dirección al océano, y el flujo neto negativo significa importación desde la estación analizada en dirección a la cabecera del estuario o afluente respectivo.

Estación	hora	Flujo Sólidos totales	Flujo Metales en Sólidos totales mg s^{-1}						
		Kg s^{-1}	Fe	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Hg
San Ramón									
Llenante	26,00	-5,7	-384710	-212143	-15431	-1124	-1424	-103	-0,7
Vaciante	20,50	2,0	108300	79674	3518	283	339	33	0,3
Neto		**-3,7**	**-276410**	**-132469**	**-11913**	**-841**	**-1085**	**-71**	**-0,4**
Cayumapu									
Llenante	26,00	-42,4	-2458363	-2143840	-169186	-5282	-15893	-755	-2,5
Vaciante	20,50	8,5	469154	341141	45156	1394	5347	119	0,5
Neto		**-33,8**	**-1989209**	**-1802699**	**-124030**	**-3888**	**-10547**	**-635**	**-2,0**
Pichoy									
Llenante	26,50	-18,9	-1164100	-992595	-78626	-2262	-5281	-587	-1,4
Vaciante	21,50	1,8	164493	107062	9447	288	610	43	0,3
Neto		**-17,1**	**-999608**	**-885533**	**-69178**	**-1974**	**-4671**	**-544**	**-1,1**
Cudico									
Llenante	28,00	-0,4	-21388	-9191	-755	-348	-259	-9	-0,1
Vaciante	20,50	0,6	38033	12811	1460	527	543	6	0,1
Neto		**0,1**	**16645**	**3620**	**705**	**179**	**285**	**-3**	**0,0**
Fuerte San Luis de Alba									
Llenante	29,00	1,0	79424	35701	1230	625	472	12	0,1
Vaciante	21,50	4,2	419779	140509	7405	3553	2832	58	0,8
Neto		**3,2**	**340356**	**104808**	**6175**	**2928**	**2361**	**46**	**0,7**

4.2.6. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio, a través de análisis realizados en cuatro estuarios tributarios y en el canal principal del humedal del río Cruces en el sector del Fuerte San Luis de Alba confirman la importancia de la marea en la circulación de éste y sus ríos tributarios.

Resulta interesante que para marea de sicigia, e independientemente de la distancia a la estación Phoenix usada como punto de referencia, el rango de marea fuera prácticamente idéntico (0,48 a 0,50 m) en las cinco estaciones analizadas. El desfase de la onda mareal, medido con respecto a la pleamar, aumentó desde la estación más cercana (San Ramón) a la más lejana (San Luis) desde 1,50 a 6,16 h. El efecto del bombeo de marea originó en la estación San Luis variaciones máximas de la velocidad de corriente X entre 0,42 y 0,08 ms^{-1}, mientras que en Cudico comenzó a registrarse una leve inversión de la corriente con un rango entre 0,26 y -0,16 ms^{-1}. En las estaciones Pichoy, Cayumapu y San Ramón, el efecto fue mucho más marcado, con rangos de velocidades de 0,52 y -0,64 / 0,58 y -0,61 / 0,69 y -0,66 ms^{-1}, respectivamente. Estos valores de corrientes dirigidas hacia la cabecera fueron menores que los medidos en enero de 2006 en la estaciones Tres Bocas (0,64 y -0,95 ms^{-1}) y Chorocamayo (0,64 y -0,84 ms^{-1}), debido a que estas últimas están más cerca del océano y prácticamente en el canal principal del estuario del río Cruces (Pino, 2008).

Las mediciones sistemáticas de temperatura originaron un interesante conjunto de datos para interpretar la circulación del agua producto del efecto mareal. En la estación más lejana al océano (San Luis, medido el 7/11/14), las temperaturas variaron entre 13,7 y 14,4 °C, con el valor más bajo asociado a la marea vaciante, por lo que es posible deducir que la temperatura del agua de origen fluvial en ese momento es de sólo 13,7 °C. Un día después, las temperaturas en la estación Cudico medidas el 8 /11/14 variaron entre 16,4 y 18,7 °C. Dos semanas después, la temperatura fluctuó entre 17,4 y 19,6 °C en la estación San Ramón medida el 22/11/14. Aproximadamente un mes después de la primera

medición, la temperatura varió entre 20,7 – 22,1 °C y 21,1 - 21,7 °C, en las estaciones Pichoy y Cayumapu medidas el 5 y 6/12/14, respectivamente.

Dado que no hay ingreso de agua marina - en la cual para el período de estudio las temperaturas fluctúan entre 12 y 14 °C - la única explicación para las temperaturas varios grados mayor que el agua dulce en San Luis, se relaciona con el hecho de que el flujo mareal impidió que las aguas del estuario Cruces se mezclen con aguas más frías del estuario Valdivia. En otras palabras, al interior del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, el aumento de temperatura debido a la radiación solar, se va acumulando marea tras marea. Esto significa que una buena parte del agua del estuario del humedal se mantiene en el interior del mismo debido a la energía de la marea llenante.

Las corrientes dirigidas hacia la cabecera del humedal se producen porque en aguas someras la marea se deforma; en marea alta y debido a que hay mayor profundidad del agua, esta es más rápida a la vez que durante la marea baja es más lenta, lo que origina que la llenante sea de menos duración y la vaciante más larga. Para compensar y permitir que toda el agua que entra por una sección salga en un ciclo mareal, las velocidades de llenante deben ser mayores, originado un transporte neto de sustancias conservativas (*i.e.*, aquellas que no se transforman químicamente) hacia la cabecera del estuario.

La situación anterior queda también claramente indicada por los resultados de los análisis de caudales instantáneos. En la estación San Luis, el caudal sólo varío en un rango de valores positivos (entre 39,5 y 146,1 m^3s^{-1}), en circunstancia de que el gasto fluvial del río Cruces en Rucaco no supera los 20 m^3s^{-1}. En la estación Cudico, el efecto de la marea fue más marcado con extremos de -18,5 y 35,0 m^3s^{-1} y se intensificó en las estaciones Pichoy y Cayumapu, con valores de caudal instantáneos extremos de -125,8 y 106,2 m^3s^{-1} y -212,9 y 206,3 m^3s^{-1}, respectivamente. Las diferencias entre las estaciones de Pichoy y

Cayumapu, se deben a la diferencia en el área del canal (240 y 92 $m^{2,}$ respectivamente). En la estación San Ramón, los caudales extremos fluctuaron entre -56,3 y 55,7 m^3s^{-1}.

Los grandes caudales mareales estimados en este estudio originaron importantes desplazamientos de sólidos suspendidos totales. Tales flujos variaron entre 42,4 kg s^{-1} transportados hacia la cabecera durante la marea llenante en Cayumapu y 0,57 kg s^{-1} transportados hacia la boca durante la marea vaciante en Cudico. Del total de material suspendido, la fracción inorgánica fluctuó entre un 41,2 y un 75,0 % en la marea llenante y entre un 38,8 y 64,6 % en la marea vaciante, siendo en general mayor tal fracción durante la marea llenante en cada estación, con excepción de la ubicada en San Ramón.

Lo anterior permite concluir que eventuales monitoreos de los procesos de transporte de sólidos suspendidos totales o sedimentos y asociados a las mareas en el humedal del río Cruces, deben prestar especial atención al segmento medio comprendido aproximadamente entre el sector Tres Bocas y la desembocadura del río Pichoy, donde se ha detectado el mayor efecto de las mareas llenantes que transportan hacia la cabecera del humedal cualquier elemento o compuesto conservativo.

Los metales pesados disueltos de mayor impacto en los seres vivos, como Cadmio, Arsénico y Mercurio, mostraron concentraciones por debajo del nivel de detección instrumental, y los dos primeros tampoco pudieron ser detectados para los metales particulados. En los metales traza disueltos el Plomo fue registrado en la mayor parte de los casos en concentraciones por debajo del nivel de detección instrumental con sólo un par de valores no superiores a 0,02 µg l^{-1}. Arsénico y Cadmio tampoco fueron detectados en la fase particulada, y el Mercurio y el Plomo no sobrepasaron 0,29 y 42,43 µg l^{-1}, respectivamente, con promedios de 0,13 y 18,5 µg l^{-1}. Es esperable que la concentración de los metales particulados sea mayor que la de los disueltos, pues estos tienen gran afinidad para adsorberse a las arcillas. La mayor concentración de metales en la fase particulada con respecto a la fase disuelta no es un artefacto de las unidades empleadas

(µg g^{-1} y µg l^{-1}), pues por ejemplo las concentraciones promedio del Hierro en ambas fracciones es de 68.664 µg l^{-1} y 88,20 µg l^{-1}, por lo que al transformar los litros a gramos la concentración del Hierro disuelto promedio es de 0,0882 µg g^{-1}.

La amplia dispersión de la desviación estándar entre réplicas tanto en los metales disueltos como en los particulados, entre 0,3 y 120% del promedio para los metales disueltos parece deberse a la variabilidad natural de aguas moviéndose con el flujo de marea, a pulsos no continuos. En el caso de los metales en la fracción particulada la variación de los valores de concentraciones entre réplicas fueron muy altas en 13 casos, especialmente en el Mercurio. En este caso las desviaciones estándar fluctuaron entre 0,64 y 75,91% del promedio y esta variabilidad debiera estar relacionada con las enormes fluctuaciones en la cantidad (y posiblemente calidad) del material particulado.

Aunque no se pudo detectar un patrón consistente en las concentraciones de metales pesados asociados a fases de marea llenante o vaciante , las estaciones con más cercanía a la cabecera del área estudiada (Cayumapu, Pichoy, Cudico y San Luis) mostraron en general las mayores concentraciones de metales pesados disueltos, lo que permitiría hipotetizar que esos elementos se originan en la parte media del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y no provienen desde las zonas más externas o más cercanas al mar de los estuarios Valdivia y Cruces.

Se detectó que en las estaciones más cerca de la cabecera del humedal del rio Cruces (*i.e.*, estaciones Pichoy, Cudico y San Luis predominaron en vaciante las mayores y las máximas concentraciones con excepción de Aluminio (San Luis) y Plomo (Pichoy y Cudico). En la estación Cayumapu tres metales (Aluminio, Hierro y Plomo) tuvieron sus máximos en llenante y otros tres (Cobre, Manganeso y Zinc) en vaciante. El hecho de que la estación Cayumapu y sus vecinas Pichoy y Cudico hayan registrado las mayores concentraciones de metales particulados puede estar relacionado a que la zona de Tres Bocas es donde mejor se registra la dinámica estuarial, con fuertes corrientes de llenante

capaces de resuspender los fondos someros. Todo los máximos registrados en San Luis (Fe = 99710 μg g^{-1}; Hg = 0,24 μg g^{-1} proviene de la cabecera del estuario Cruces, ya que en este estación no hay trasporte hacia aguas arriba.

En los cálculos de los flujos de metales pesados disueltos y particulados, los flujos de agua y de material particulado orgánico e inorgánico cobran tanta importancia como las concentraciones mismas de metales. Para el caso de los metales pesados disueltos, se observa claramente que las dos estaciones más cercanas a Valdivia (es decir, San Ramón y Cayumapu) mostraron la mayor parte de las veces flujos netos de importación; *i.e.*, negativos y dirigidos hacia la cabecera) al comparar las muestras tomadas en llenante y vaciante. Por el contrario, las estaciones más lejanas a Valdivia (Cudico y San Luis) mostraron mayoritariamente flujos de exportación; *i.e.*, positivos, y dirigidos hacia Valdivia). En Pichoy se observó la situación intermedia con flujos de importación para Aluminio y Cobre y de exportación para Hierro, Manganeso y Zinc.

Esta tendencia fue muy clara en los metales particulados, en donde para todos los casos ocurre importación en San Ramón, Cayumapu y Pichoy y exportación en Cudico y San Luis. Si se necesitase estudiar la zona donde presumiblemente ocurren las concentraciones más altas de metales pesados en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, debieran concentrarse los esfuerzos en las cuencas de los estuarios de los ríos Cayumapu y Pichoy, ya que en los mismos la importación al interior de los mismos de metales pesados particulados es significativa. Por otra parte, la complicada configuración batimétrica de la parte más alta del humedal no permite asegurar que las cuencas de los estuarios Cudico - Nanihue no reciba aguas a través de humedales ubicados aguas arriba de la estación San Luis. Si fuesen completamente independientes esto permitiría usar la cuenca Cudico - Nanihue como control de la cuenca superior del estuario del río Cruces, ya que ambas exportan metales.

4.2.7. Conclusiones

• La marea medida a distancias crecientes de Valdivia (Phoenix) tiene un rango similar (0,5 m) en las estaciones San Luis, Cudico, Pichoy, Cayumapu y San Ramón; sin embargo la misma presenta un desfase significativo (*e.g.*, hasta 6 horas en la estación San Luis).

• Se confirmó el efecto de la marea a través de importantes flujos de agua y altas velocidades negativas, lo que permite transportar aguas arriba cualquier sustancia conservativa inorgánica u orgánica; este efecto disminuye a medida que la cercanía a la cabecera del estuario es mayor.

• Los flujos de agua anteriormente mencionados - dirigidos hacia el océano o hacia la cabecera del estuario - son al menos de un orden de magnitud superiores a los flujos de agua dulce del río Cruces.

• Las altas temperaturas registradas en el agua de las estaciones Cudico, Pichoy, Cayumapu y San Ramón (hasta 9 °C más altas que en la estación San Luis), indican que las corrientes mareales de llenante fuerzan al agua a mantenerse dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios durante el comienzo del verano y probablemente, hasta el otoño.

• Los resultados obtenidos son concordantes con los obtenidos anteriormente con los mismos métodos, pero difieren con los modelos matemáticos de circulación de agua *(e.g.,* Pino & Carro 2008), debido a la falta de información batimétrica de detalle de todo el humedal.

• Los metales traza disueltos y asociados a los Sólidos suspendidos de mayor impacto en los seres vivos, como Arsénico, Cadmio y Mercurio, mostraron concentraciones por debajo del nivel de detección instrumental.

• Las estaciones ubicadas más hacia la cabecera del área estudiada, Cayumapu, Pichoy, Cudico y San Luis mostraron en general las mayores concentraciones de metales disueltos.

• En la estación Cayumapu y sus vecinas Pichoy y Cudico se registrado las mayores concentraciones de metales particulados, lo que puede estar relacionado a que la

zona de Cayumapu y Tres Bocas es donde se registra la dinámica estuarial más intensa.

• Los máximos flujos registrados en San Luis (Fe = 99710 µg g^{-1}; Hg = 0,24 µg g^{-1} provienen de la cabecera del estuario Cruces, ya que en este estación no se detectó trasporte hacia aguas arriba.

4.2.8. Referencias

Dyer, K. 1974. The salt balance in stratified estuaries. Estuarine and Coastal Marine Science 2, 273-281.

Cisternas, M., B.F. Atwater, F. Torrejón, Y. Sawai, G. Machuca, M. Lagos, A. Eipert, C. Youlton, I. Salgado, T. Kamataki, M. Shishikura, C. P. Rajendran, J. K. Malik, Y. Rizal and M. Husni (2005). Predecessors to the giant 1960 Chile earthquake. Nature 437: 404-407.

Kjerfve, B. 1975. Velocity averaging in estuaries characterized by a large tide range to depth ratio. Estuarine and Coastal Marine Sciences 3: 311-323

Kjerfve, B., L. Stevenson, J. Proehl, T. Chrzanowski & W. Kitchens, 1981. Estimation of the material fluxes in an estuarine cross-section: a critical analysis of spatial measurements density and errors. Limnology & Oceanography 26: 325- 335.

Pino, M. Structural Estuaries. 1995. In G. PERILLO (Ed.) Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Elsevier. 227-239.

Pino, M., Perillo, G.M. &. Santamarina, P. 1994. Residual fluxes in a cross-section in the Valdivia river estuary, Chile. Estuary, Coastal and Shelf Sciences 38: 491-505.

Pino, M. 2008. Determinación de la posición de la cabecera del estuario del río Cruces, Región de los Ríos, Chile. Informe inédito para CONAMA. 14p.

Pino, M. & Carro. M. 2008. Modelamiento hidrodinámico del sistema estuarial de los ríos Valdivia-Cruces-Calle Calle. Informe inédito en poder del primer autor. 39p.

Santamarina, P. 1991. Flujos residuales en el estuario Valdivia, sur de Chile: diseño instrumental e informático. Tesis para optar al Título de Biólogo Marino, UACH. 42p.

Tee, K.T., 1976. Tide induced residual current, a 2-D nonlinear numerical tidal model. Journal of Marine Research 34: 603-628.

Uncles, R.J., R. Elliot& S. Weston, 1985. Dispersion of salt and suspended sediment in a partly mixed estuary. Estuaries 3: 256-269.

4.3. Distribución espacial, cobertura y estado sanitario de macrófitas acuáticas (Estudio 3):

4.3.1. Antecedentes

Las macrófitas acuáticas presentes en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, cumplen un rol importante como estructuradores de hábitat, refugio y fuente de alimento para una variada cantidad de organismos acuáticos (Corti & Schlatter, 2002; Medina-Vogel *et al*., 2003; Yarrow *et al*., 2009); son además bioindicadores adecuados de las condiciones ambientales del medio acuático; (*e.g*., indicadores de altas concentraciones de metales pesados por su capacidad de bioacumular estos elementos) (*e.g.*, San Martín *et al*., 2003).

La riqueza de especies de macrófitas acuáticas en Chile, incrementa latitudinalmente desde el norte hacia el sur del país, alcanzando su máximo en la zona templada de Valdivia (Ramírez *et al*., 1991), zona donde se ubica el área de estudio de este Programa de Diagnóstico Ambiental. Hasta antes del año 2004, la flora acuática del humedal del río Cruces estaba dominada por *Egeria densa* (Luchecillo); durante ese año se observó una disminución significativa de la cobertura espacial de esta planta en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (UACh, 2005; 2008). Muestreos realizados en el año 2012 (UACh, 2014) muestran que otras especies de plantas acuáticas como *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde), ocuparon áreas que con anterioridad al año 2004 estaban dominadas por el Luchecillo (Ramírez *et al*., 2006). Se ha observado también un incremento gradual en las coberturas del Luchecillo a partir del año 2009, aproximadamente (UACh, 2014).

En este Capítulo se analiza el estado actual de las macrófitas acuáticas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, mediante el estudio de: i) la distribución espacial y cobertura de las plantas más representativas en el área, ii) la eventual relación entre cobertura de *Egeria densa* (Luchecilllo), *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde) con la concentración de Sólidos suspendidos totales y transparencia

del agua, iii) el estado sanitario de esas plantas, iv) las concentraciones de metales pesados en las mismas, mediante comparaciones de plantas obtenidas dentro y fuera del área de estudio, y v) el análisis comparativo entre las concentraciones de metales pesados medidas en plantas de Luchecillo *versus* las medidas en aguas superficiales y sedimentos submareales.

4.3.2. Objetivos

- Estudiar la presencia y distribución espacial de las macrófitas acuáticas en las riberas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.
- Estudiar la zonación espacial a meso - escala de las macrófitas acuáticas más comunes, en sitios seleccionados del área de estudio.
- Evaluar la variabilidad interanual en la concentración de Sólidos suspendidos totales y la transparencia del agua en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.
- Estudiar la variabilidad interanual en la cobertura de las macrófitas acuáticas *Egeria densa* (Luchecillo), *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde) en el área de estudio.
- Analizar la eventual relación entre cobertura de Luchecilllo, Huiro y Huiro verde con la concentración de Sólidos suspendidos totales y transparencia del agua.
- Analizar el estado sanitario de las macrófitas acuáticas sumergidas más comunes del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Luchecillo, Huiro y Huiro verde) y que están siendo consumidas por los Cisnes de cuello negro.
- Determinar y evaluar la presencia y concentración relativa de Hierro, Aluminio y Manganeso en las macrófitas acuáticas más comunes del área de estudio, mediante microscopía electrónica de barrido y difracción por rayos X.
- Analizar las concentraciones de metales pesados (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) en plantas de Luchecillo medidas con ICP - ms (“Inductive Coupling Plasma” con detector de masas).

● Analizar la relación entre los resultados de los puntos anteriores con aquellos de calidad del agua y sedimentos.

4.3.3. Material y métodos

4.3.3.1. Presencia, distribución y zonación espacial de las macrófitas acuáticas

La Figura 4.3.1 muestra fotografías de las macrófitas acuáticas más comunes del área de estudio, cuyos nombres científicos y comunes se indican a continuación: *Egeria densa* (Luchecillo), *Potamogeton pusillus* (Huiro), *Potamogeton lucens* (Huiro verde), *Scirpus californicus* (Totora), *Typha angustifolia* (Vatro), *Nymphaea alba* (Loto), *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua), *Ludwigia peploides* (Duraznillo de agua) y *Myriophyllum quitense* (Pasto pino). De las especies anteriormente mencionadas, seis son nativas (*P. pusillus*, *P. lucens*, *S. californicus*, *T. angustifolia*, *S. montevidensis* y *M. quitense*) y tres son introducidas (*E. densa*, *N. alba* y *L. peploides*).

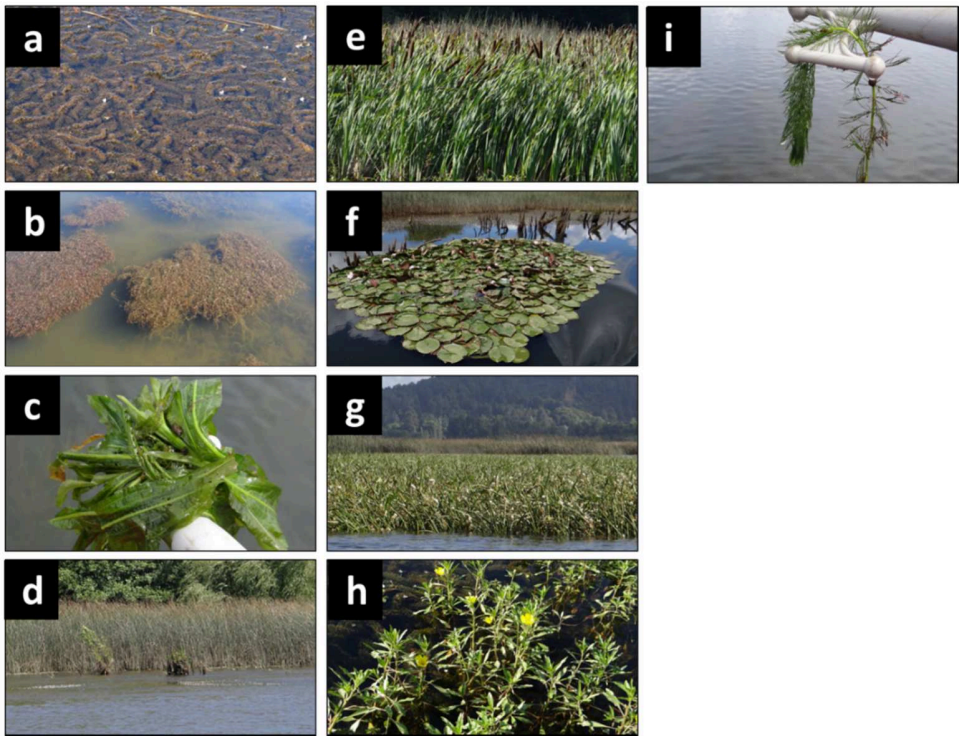


Figura 4.3.1. Fotografías de las macrófitas acuáticas más comunes en el área de estudio. a) *Egeria densa* (Luchecillo), b) *Potamogeton pusillus* (Huiro), c) *Potamogeton lucens* (Huiro verde), d) *Scirpus californicus* (Totora), e) *Typha angustifolia* (Vatro), f) *Nymphaea alba* (Loto), g) *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua), h) *Ludwigia peploides* (Duraznillo de agua), y i) *Myriophyllum quitense* (Pasto pino).

Durante enero del año 2015, se recorrieron todas las riberas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, además de aquellas de los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla (Fig. 4.3.2), con el objetivo de estudiar la presencia y distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el área de estudio. La inclusión de áreas acuáticas ubicadas fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios - *i.e.*, ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla - permitió establecer cuan única es la flora de macrófitas acuáticas en el área de estudio. La Figura 4.3.2 muestra los sectores de muestreo, para determinar y evaluar la presencia y distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes. En cada uno de los mismos se revisaron secciones lineares o transectos ordenados visualmente a lo largo de las riberas y cuyas longitudes aproximadas fueron de 500 m. Los puntos iniciales y finales de cada sección linear fueron georeferenciados en coordenadas UTM (huso WGS-84) con un GPS (Global Position System) GARMIN 60CSx. Se anotó la presencia de las macrófitas acuáticas en cada uno de esos sectores, las que fueron observadas desde un bote Zodiac.

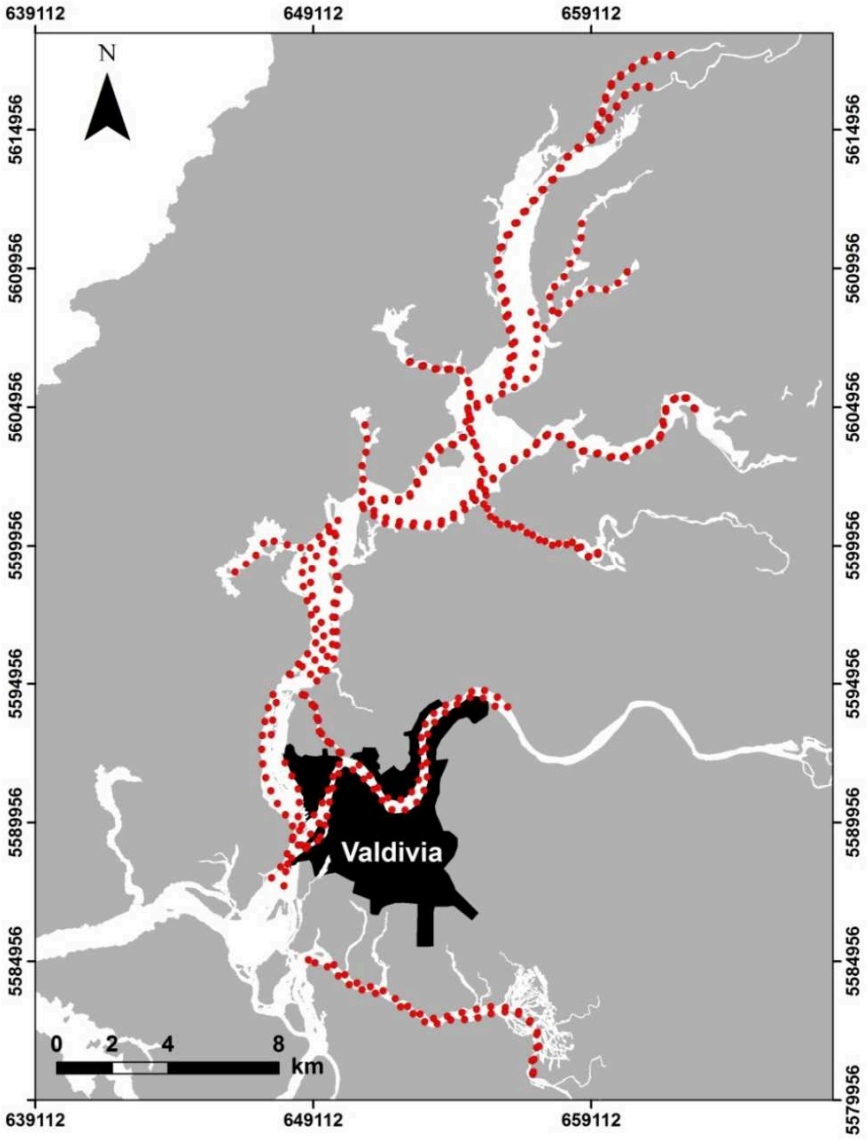


Figura 4.3.2. Distribución de puntos límites de secciones lineares de 500 m destinadas a evaluar la presencia y distribución espacial de macrófitas acuáticas en las riberas del área de estudio (ver Material y métodos).

La Figura 4.3.3 muestra la ubicación de 25 sitios donde se estudió la zonación espacial de las macrófitas acuáticas más comunes. Los muestreos se realizaron en el período comprendido entre el 30 de enero y el 15 de febrero de 2015.

A diferencia del muestreo extensivo realizado a lo largo de las riberas del área de estudio (*cf.*, Fig. 4.3.2), este tipo de muestreo intensivo permitió conocer la zonación espacial a meso - escala (áreas inferiores a 1 hectárea) de esas plantas además de conocer el grado de cobertura o dominancia de las mismas.

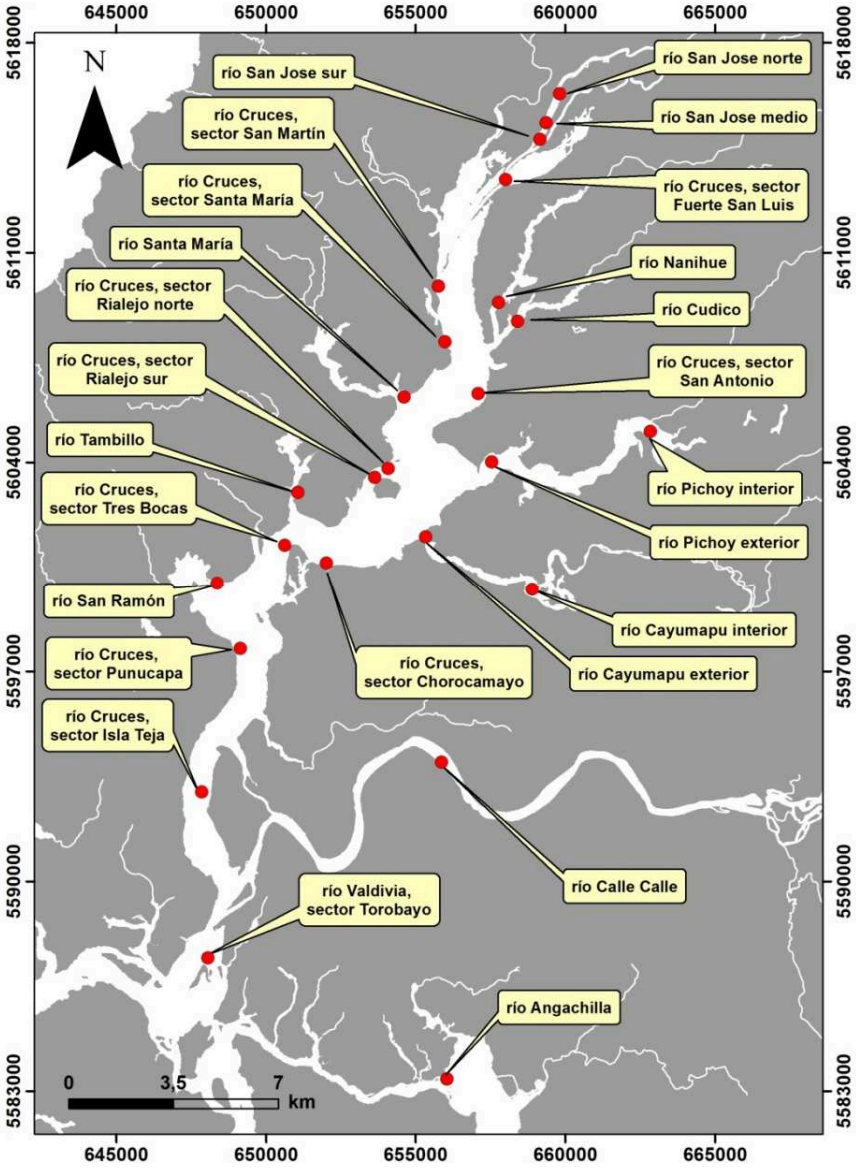


Figura 4.3.3. Ubicación de los 25 sitios elegidos para muestreos intensivos de macrófitas acuáticas tendientes a estudiar la zonación espacial de las mismas. En todos los sitios se obtuvieron imágenes fotográficas con sistemas UAV para ser utilizadas como línea de base para el Programa de Monitoreo Ambiental.

En cada uno de los sitios y en el centro aproximado de los mismos, se realizaron tomas fotográficas con sistemas UAV ("Unmanned Aerial Vehicle") a 15, 30 y 60 m sobre la superficie. El drone o aeronave utilizado para este propósito fue un PHANTOM 2 Visión +, DJI (Fig. 4.3.4). Esto permitió confeccionar un set de imágenes que serán utilizadas durante el Programa de Monitoreo Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.



Figura 4.3.4. Modelo de PHANTOM 2 Vision + usado en este estudio.

4.3.3.2. Relación entre concentración de Sólidos suspendidos totales, transparencia del agua y cobertura de macrófitas acuáticas

Entre los años 2009-2015 se recolectaron muestras de agua superficial (*ca.*, 20 cm de profundidad) en 71 estaciones para evaluar la variabilidad interanual de la concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia del agua; esas estaciones se ubicaron en el eje central del río Cruces y sus ríos tributarios, canal mareal Cau Cau y ríos Calle Calle y Valdivia (Fig. 4.3.5). Para fines de análisis (ver Resultados), esas 71 estaciones se han agrupado en 15 sectores los cuales se muestran en la Figura 4.3.5. En general, los muestreos se realizaron durante el período de menor caudal hídrico (enero -

abril), aun cuando durante el año 2012 también se recolectaron muestras durante el período de invierno.

En los mismos sitios anteriormente mencionados, se evaluó desde el año 2008 al 2015 la presencia o ausencia Luchecillo. Para cada sector se calculó el promedio de cobertura de esta planta en base a los datos de presencia y ausencia en cada uno de los mismos. Se usó el valor 100 para cuando la planta estuvo presente y el valor 0 para cuando estuvo ausente; por lo tanto, el valor de cobertura es un valor promedio calculado en base al valor asignado a cada estación. La cobertura de *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde) fue estudiada durante los años 2012 y 2015.

Las muestras de agua se recolectaron aproximadamente 20 cm bajo la superficie y mediante el uso de botellas plásticas de un litro de capacidad. La transparencia del agua se midió con Disco Secchi, artefacto que permite medir de modo indirecto la penetración de la luz en el agua; *i.e.,* mientras mayor sea la profundidad a la que se observa el Disco Secchi, mayor es la transparencia del agua o penetración de la luz en la misma y *viceversa*. Conjuntamente a estos muestreos se evaluó la presencia o ausencia de Luchecillo en cada uno de las 71 estaciones.

En el laboratorio, se filtraron volúmenes de agua estandarizados a través de filtros de fibra de vidrio de 0,4 µm de poro, previamente pesados. Luego de eso, los filtros con el material retenido en los mismos se secaron en estufa a 60°C por 24 horas, para ser pesados nuevamente. Mediante diferencia de pesos, se calcularon las concentraciones de Sólidos suspendidos totales (Strickland & Parsons, 1972).

Para la confección de los análisis estadísticos, se utilizó el programa estadístico Sigmaplot versión 11.0.

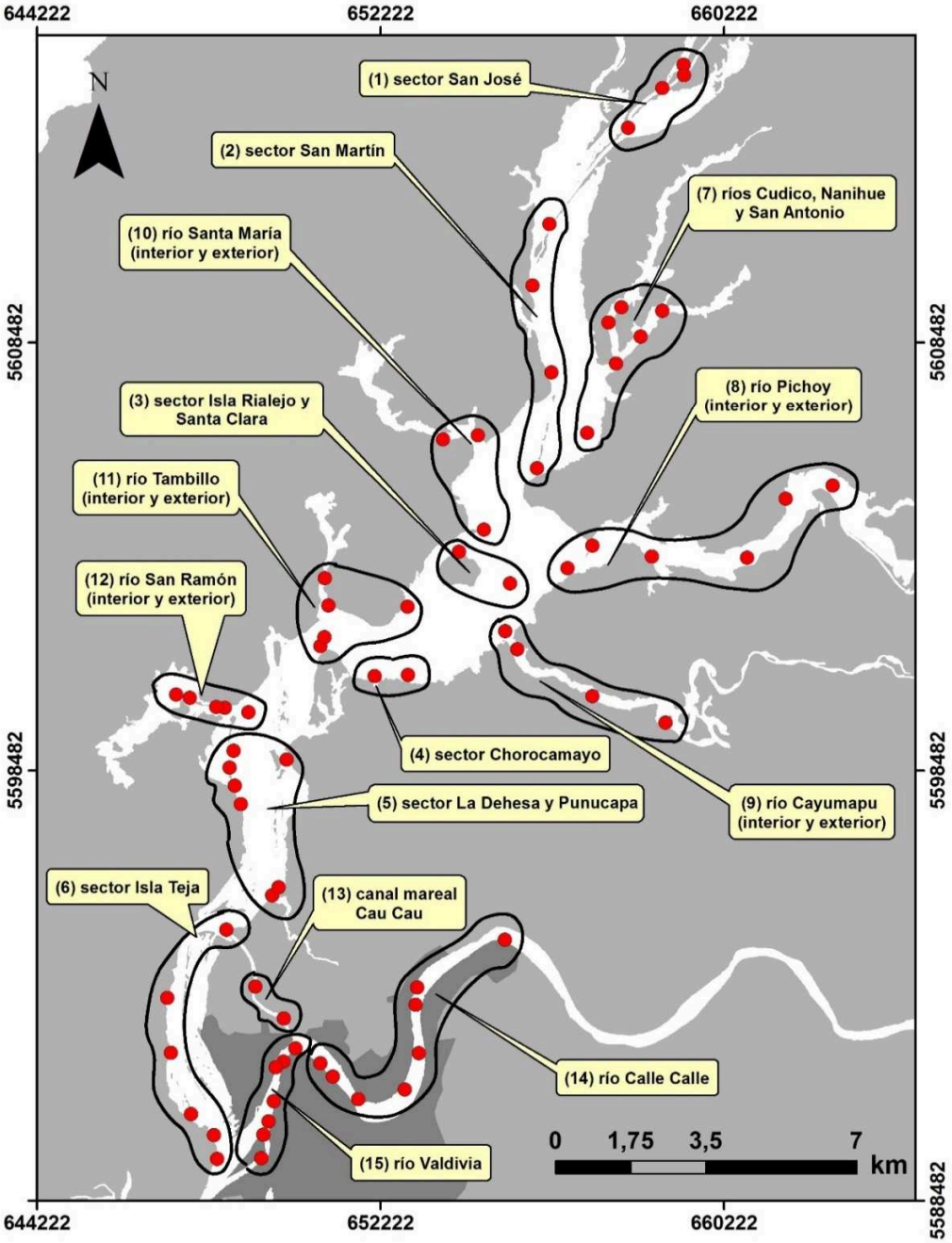


Figura 4.3.5. Ubicación de los 71 puntos de muestreo, agrupados en 15 sectores pertenecientes al eje central del humedal del río Cruces (sectores 1 a 6), sus ríos tributarios (sectores 7 a 12), y sectores fuera del humedal (sectores 13 a 15).

4.3.3.3. Obtención de macrófitas acuáticas para estudios sanitarios y concentraciones de metales pesados mediante difracción por rayos X

Durante el otoño (abril y mayo) y la primavera (diciembre) del año 2014, se realizaron muestreos para recolección de plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) para estudios sanitarios y análisis de concentraciones de metales pesados en las mismas, mediante difracción por rayos X (ver más abajo).

Los muestreos se realizaron en los siguientes once sitios del área de estudio: estación 4 (río Cruces, sector Fuerte San Luis), estación 25 (río Cruces, sector Rialejo norte), estación 29 (río Cruces, sector Tres Bocas), estación 47 (río Cruces, sector Punucapa), estación 57 (río Cruces, sector Isla Teja), estación 19 (río Pichoy interior), estación 21 (río Pichoy exterior), estación 40 (río Cayumapu interior), estación 30 (río Cayumapu exterior), estación 50 (río Calle Calle) y estación (*) (río Valdivia, sector Torobayo) (Fig. 4.3.6).

Durante diciembre de 2014 se realizaron muestreos para recolección de plantas de *Potamogeton pusillus* (Huiro), en las siguientes estaciones: 4 (río Cruces, sector Fuerte San Luis), 29 (río Cruces, sector Tres Bocas), 47 (río Cruces, sector Punucapa), 19 (río Pichoy interior), 40 (río Cayumapu interior), 30 (río Cayumapu exterior) y (*) (río Valdivia, sector Torobayo). Durante ese mes también se recolectaron plantas de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) en las estaciones 47 (río Cruces, sector Punucapa), 30 (río Cayumapu exterior) y (*) (río Valdivia, sector Torobayo) (Fig. 4.3.6). Las plantas recolectadas de Huiro y Huiro verde fueron utilizadas para análisis sanitarios y evaluación de concentración de metales pesados mediante difracción por rayos X (ver más abajo).

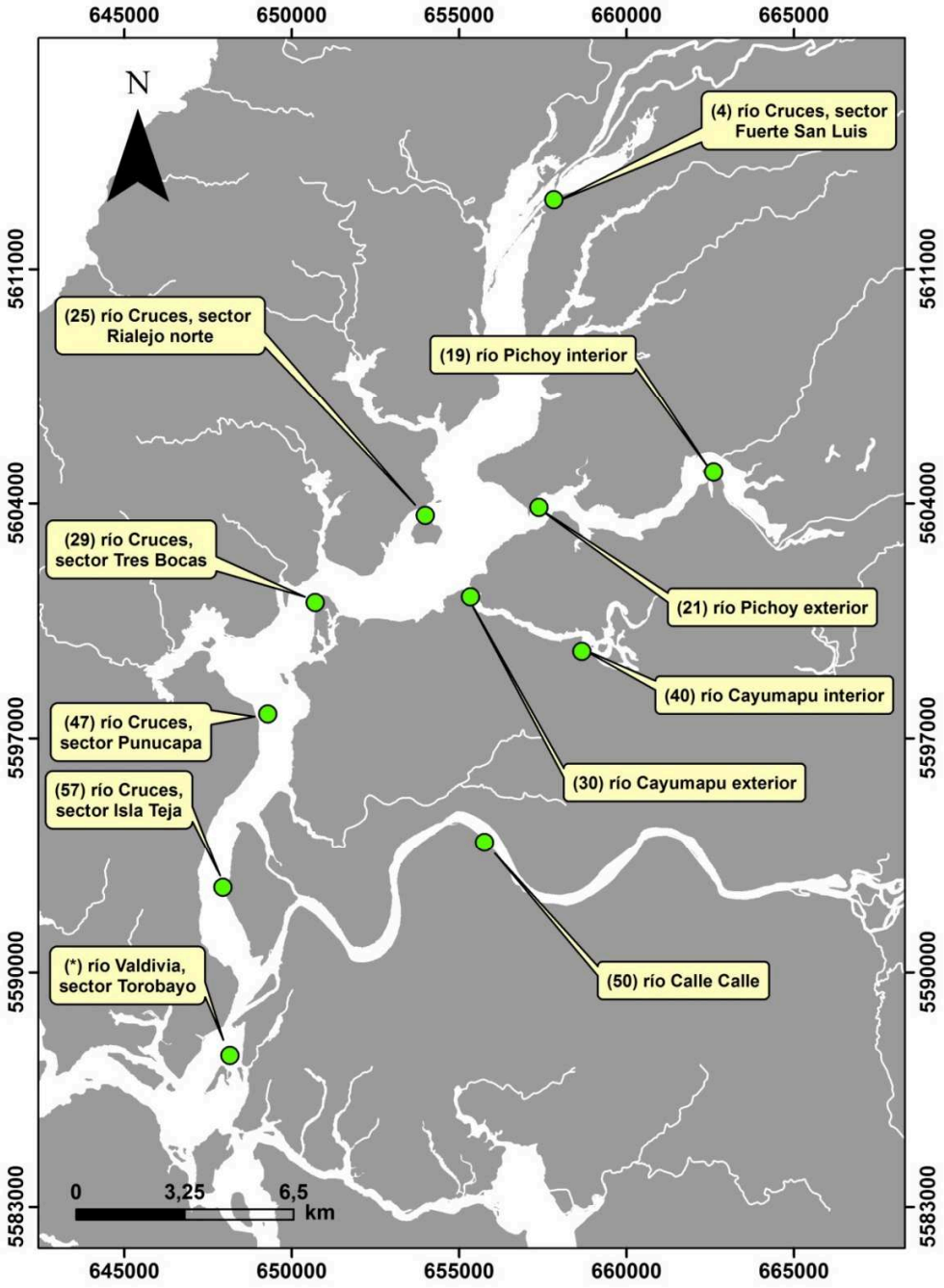


Figura 4.3.6. Ubicación de los sitios donde se recolectaron macrófitas acuáticas para estudios sanitarios y concentración de metales pesados. Las estaciones mencionadas coinciden con los sitios de monitoreo de calidad de agua (*cf.*, Fig. 4.3.5), excepto el sector Torobayo indicado con asterisco (*).

Las plantas recolectadas se lavaron con agua destilada a fin de eliminar el material particulado depositado sobre las mismas. Parte de las muestras de Luchecillo, Huiro y Huiro verde, fueron observadas y fotografiadas bajo el microscopio óptico a fin de evaluar su estado sanitario (*i.e*., color y presencia de partículas adheridas sobre hojas y tallos de las mismas). Submuestras destinadas a los análisis de difracción por rayos X fueron adheridas a porta-especímenes de carbón (Edwards), para que las mismas adquirieran características conductivas y así imágenes claras en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Las muestras se analizaron a una tensión eléctrica de 20 Kv (kilovoltios) a fin de obtener un análisis cualitativo y cuantitativo de los metales presentes en los tejidos del Luchecillo, Huiro y Huiro verde.

4.3.3.4. Análisis de concentraciones de metales pesados en Luchecillo medidas con ICP – ms

De las plantas de Luchecillo obtenidas durante la campaña de otoño, se separó un sub - set para ser enviado al Laboratorio de Oceanografía Química de la Universidad de Concepción. Esto con el objetivo de que plantas de once estaciones (ver Punto 4.3.3.3 y Fig. 4.3.6), fuesen analizadas mediante ICP-ms ("Inductive Coupling Plasma", con detector de masas). En el laboratorio, las muestras de Luchecillo (200 gramos aproximadamente) se lavaron con agua desionizada y se secaron a 60°C. Posteriormente se procedió a realizar la liofilización (eliminación de agua), para luego moler las muestras. Las muestras liofilizadas fueron digeridas en Digestor de Microondas con una mezcla de Ácido Nítrico y Peróxido de Hidrógeno. Se analizó la concentración de los siguientes metales pesados: Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio.

4.3.3.5. Análisis comparativos

Los resultados de los análisis de concentraciones de metales pesados resultantes de mediciones realizadas con el microscopio electrónico de barrido y de aquellas con ICP – ms, se compararon con resultados obtenidos en años anteriores en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y fuera de este. Estos análisis comparativos estuvieron

primariamente dirigidos a los elementos que históricamente han sido los más comunes o representativos en estas plantas (*i.e.,* Hierro, Aluminio y Manganeso). Para lo anterior, se realizaron análisis de varianza de una vía (ANDEVA) (Sokal & Rohlf, 1995). Previamente, los datos fueron sometidos a las pruebas estadísticas de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene); luego se realizó el test de Holm-Sidak con el Programa Sigmaplot 11.0, con el objetivo de comparar resultados entre áreas de muestreo. Cuando los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (a pesar de ser transformados), se evaluaron las eventuales diferencias entre áreas de muestreo con una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

4.3.4. Resultados

4.3.4.1. Presencia, distribución espacial y zonación a meso - escala de las macrófitas acuáticas

Presencia y distribución espacial

Las Figuras 4.3.7 a 4.3.16 muestran la presencia de las macrófitas acuáticas más comunes en las riberas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, así como en las de los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla. Para la confección de estas figuras, se dividió el área de estudio en dos secciones: superior e inferior. La sección superior se extiende aproximadamente entre el Fuerte San Luis por el norte y la confluencia del río Cruces y el río San Ramón por el sur, e incluye el eje central del río Cruces y a los ríos San José, Nanihue, Cudico, Santa María, Pichoy, Cayumapu, Tambillo y San Ramón. La sección inferior del área de estudio, se extiende entre la confluencia del río Cruces y el río San Ramón por el norte y el río Angachilla por el sur (*e.g.,* Fig. 4.3.7 y 4.3.8).

Las Figuras 4.3.7 y 4.3.8, muestran que *Egeria densa* o Luchecillo se encuentran presente en todo el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, además de los ríos Calle Calle, Valdivia y sector interno del río Angachilla. Esta macrófita estuvo ausente en el canal mareal Cau Cau (ausencia probablemente relacionada a la casi ausencia de áreas someras

en el mismo), en parte del río Valdivia y en la sección externa y media del río Angachilla (Fig. 4.3.8).

Las Figuras 4.3.9 y 4.3.10, muestran que las plantas de *Potamogeton pusillus* (Huiro) se encuentran presentes en gran parte del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, además del río Valdivia y sector interno del río Angachilla. Esta especie estuvo ausente en el sector norte del río San José, canal mareal Cau Cau y río Calle Calle. Las plantas de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) ocurrieron en menor frecuencia en el área de estudio y estuvieron presentes primariamente en las riberas del río Cruces al norte del río Santa María, en este último cauce hídrico, en el río Tambillo, en el río Cruces al norte del canal mareal Cau Cau (sector Punucapa) y en partes del río Valdivia y Angachilla (Fig. 4.3.9 y 4.3.10).

Las Figuras 4.3.11 y 4.3.12 muestran que *Scirpus californicus* (Totora) ocurre en todo el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, además de los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla, a la vez que las plantas de *Nymphaea alba* (Loto) estuvieron presentes primariamente en ríos tributarios del humedal (*e.g.*, ríos Nanihue, Cudico, Pichoy y Cayumapu) (Fig. 4.3.11 y 4.3.12).

Las Figuras 4.3.13 y 4.3.14, muestran que las plantas de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) ocurrieron primariamente en las riberas de la sección superior del área de estudio; llama la atención la baja ocurrencia de esta especie en ríos tributarios del humedal del río Cruces, como Nanihue, Cudico y Cayumapu (Fig. 4.3.12). La macrófita *Typha angustifolia* (Vatro) estuvo presente con mayor frecuencia en las riberas de los ríos San José, Nanihue y Angachilla (Fig. 4.3.13 y 4.3.14).

Las Figuras 4.3.15 y 4.3.16, muestran las especies de menor ocurrencia en el área de estudio. Básicamente, *Ludwigia peploides* (Duraznillo de agua) fue detectada solo en

los ríos San José y Cayumapu, a la vez que las plantas de *Myriophyllum quitense* (Pasto pino) estuvieron presentes básicamente en el río Angachilla (Fig. 4.3.16).

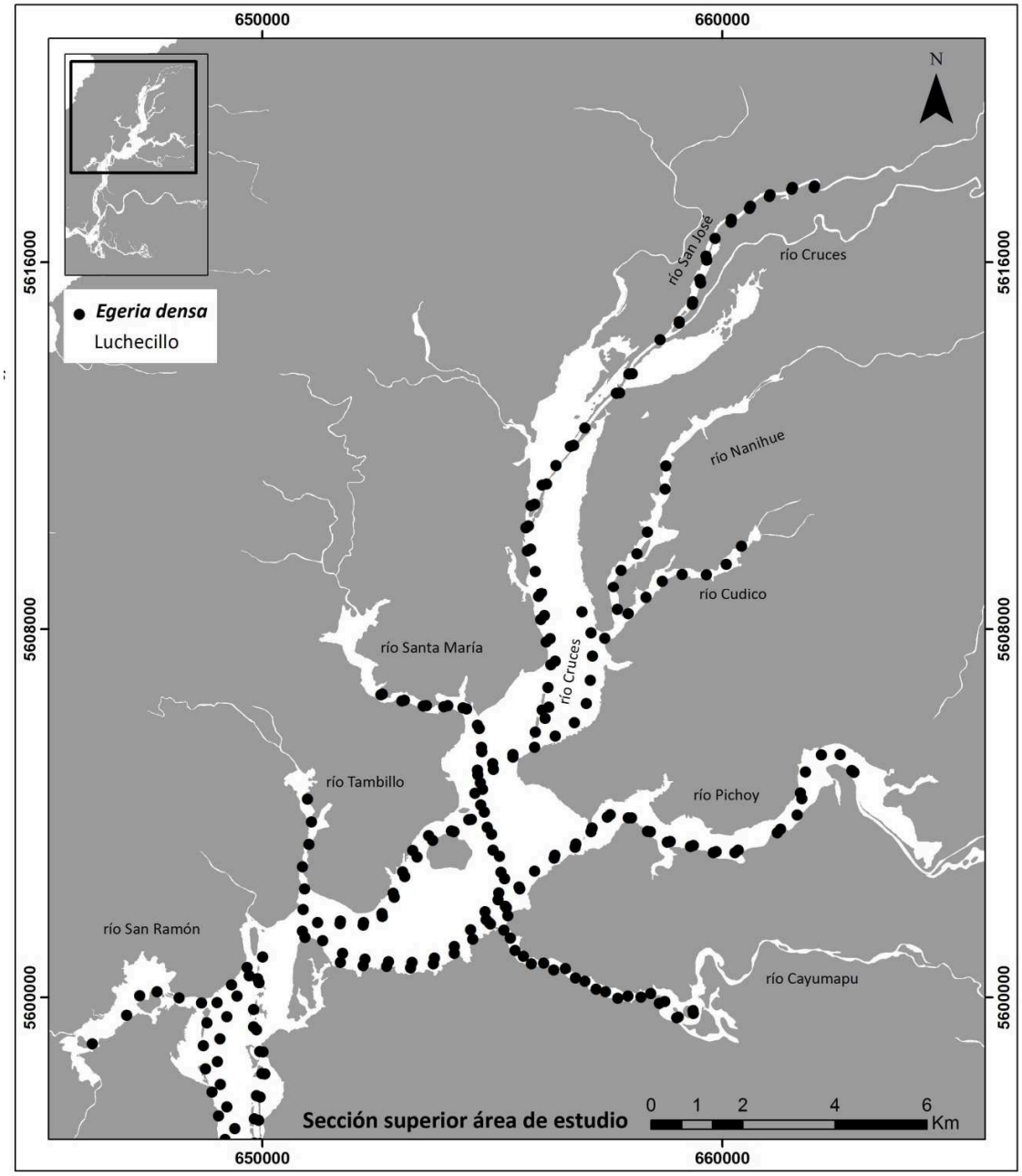


Figura 4.3.7. Presencia de *Egeria dens*a (Luchecillo) en las riberas de la sección superior del área de estudio.

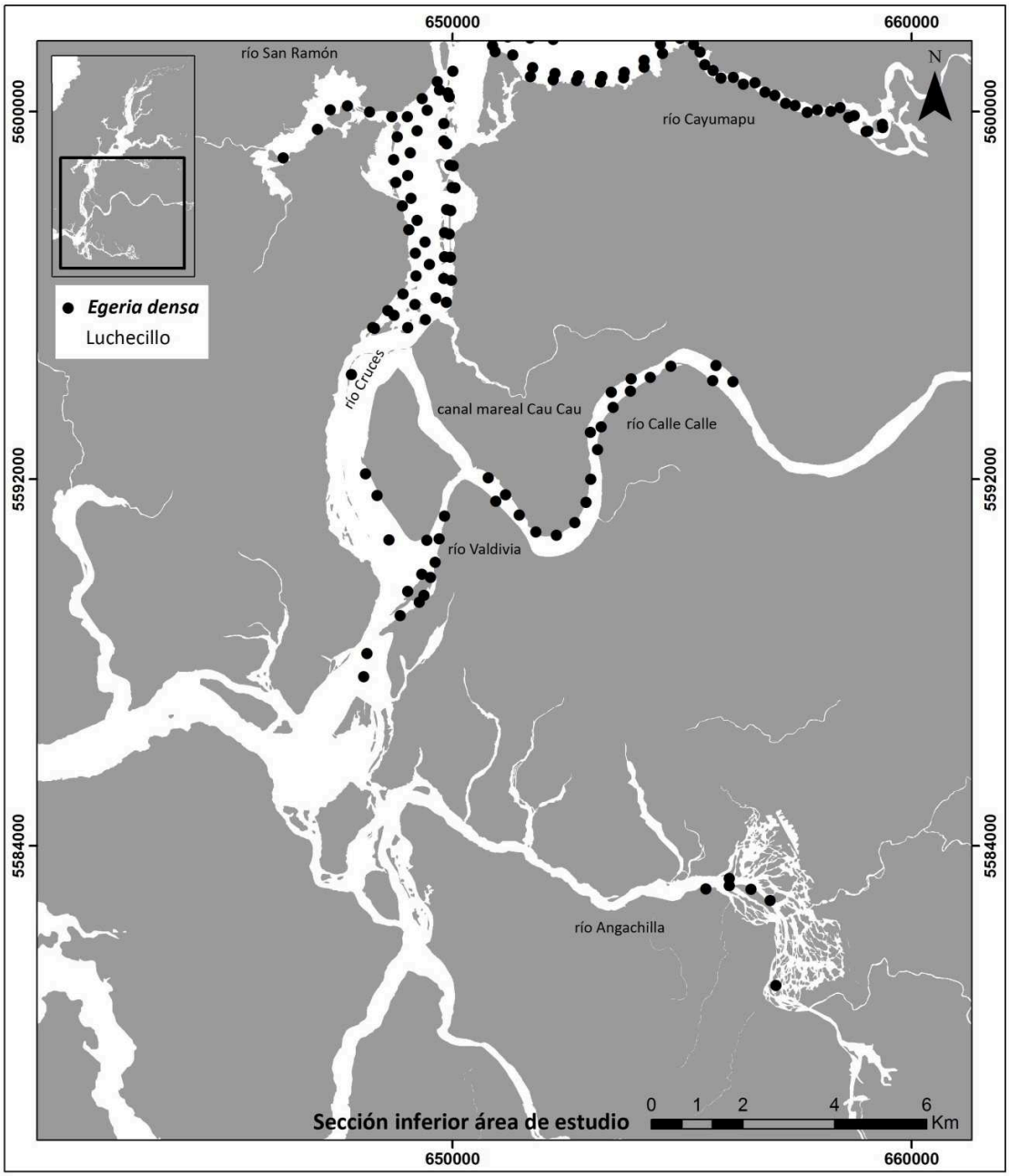


Figura 4.3.8. Presencia de *Egeria dens*a (Luchecillo) en la sección inferior del área de estudio.

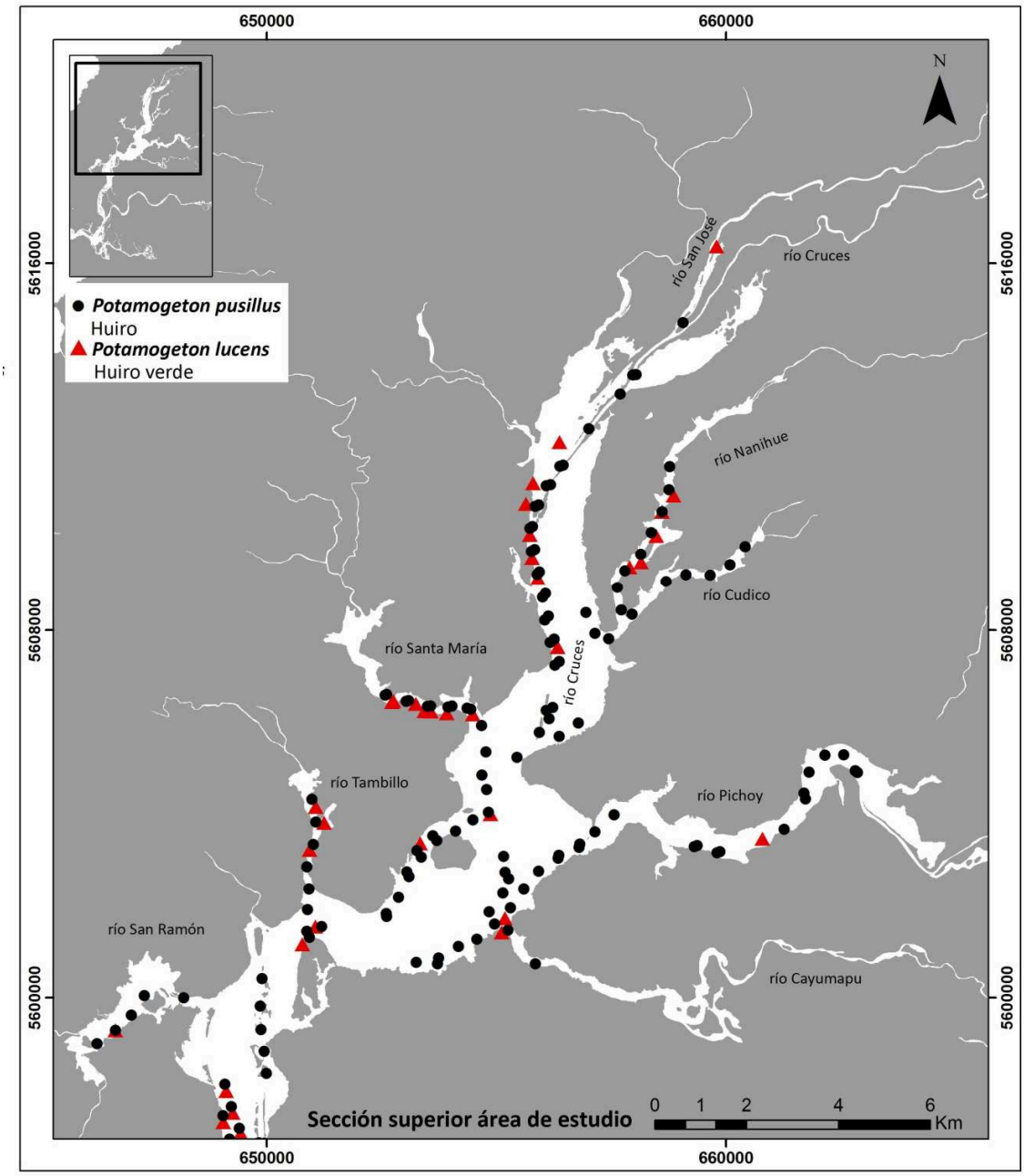


Figura 4.3.9. Presencia de *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde) en la sección superior del área de estudio.

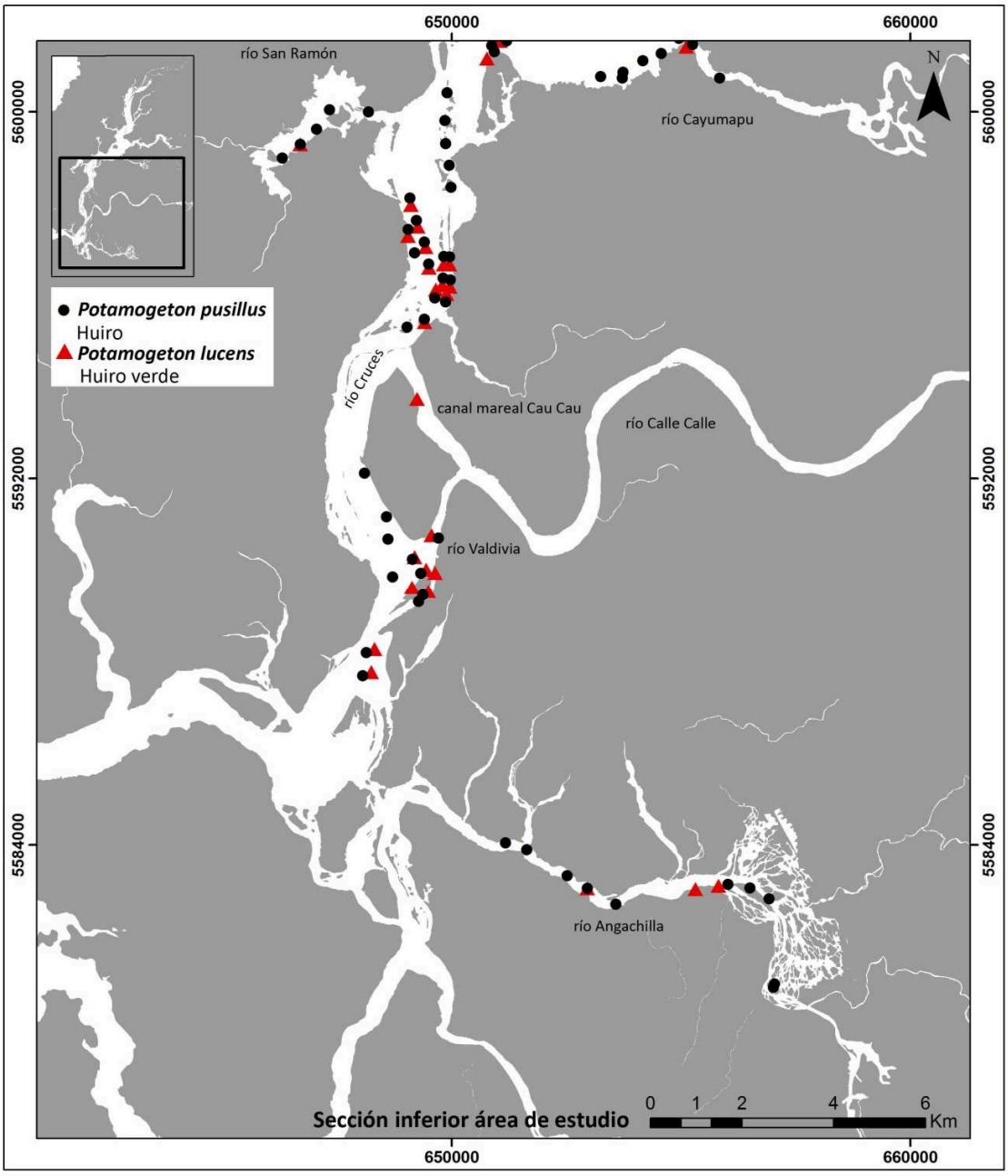


Figura 4.3.10. Presencia de *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde) en la sección inferior del área de estudio.

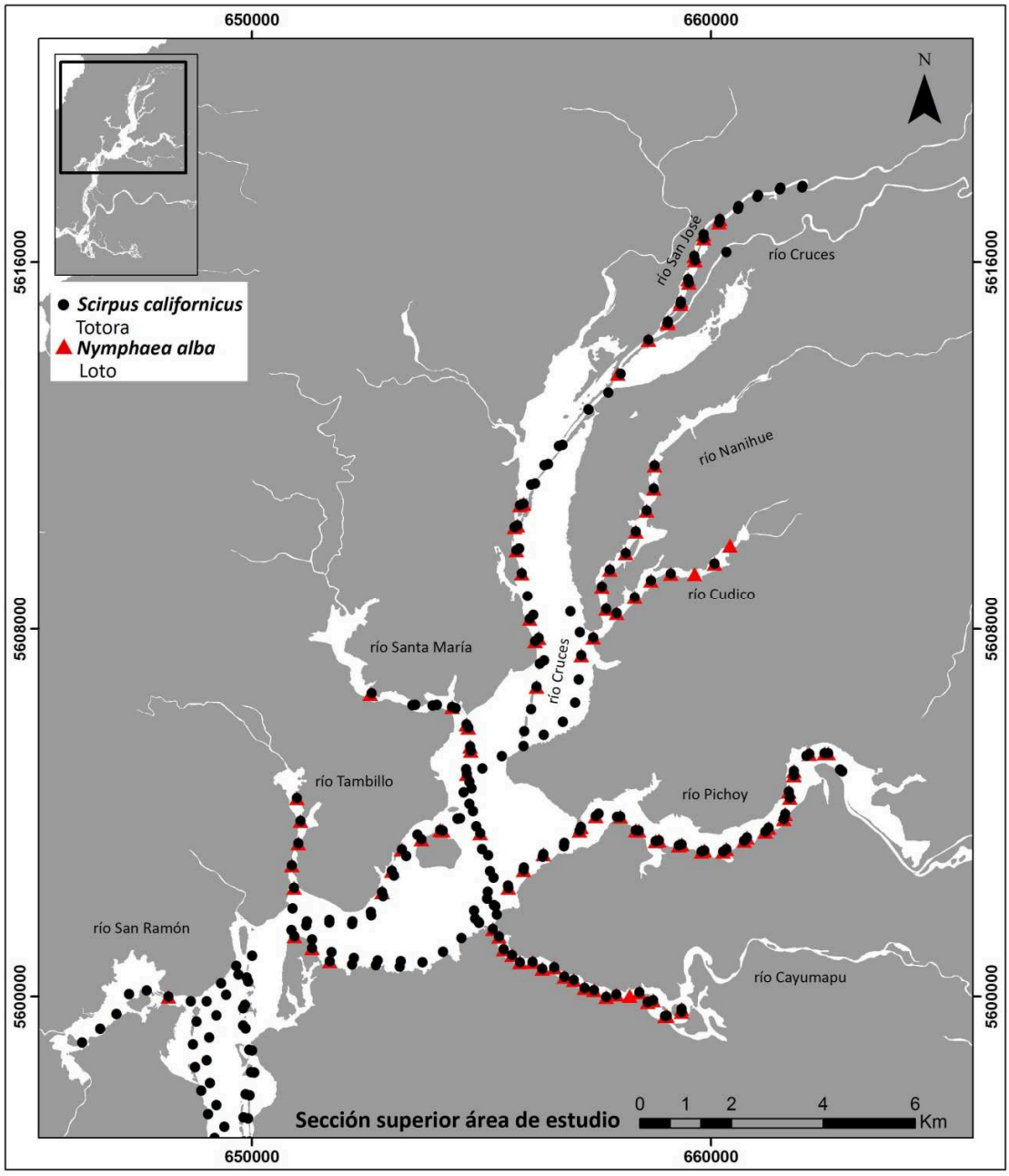


Figura 4.3.11. Presencia de *Scirpus californicus* (Totora) y *Nymphaea alba* (Loto) en la sección superior del área de estudio.

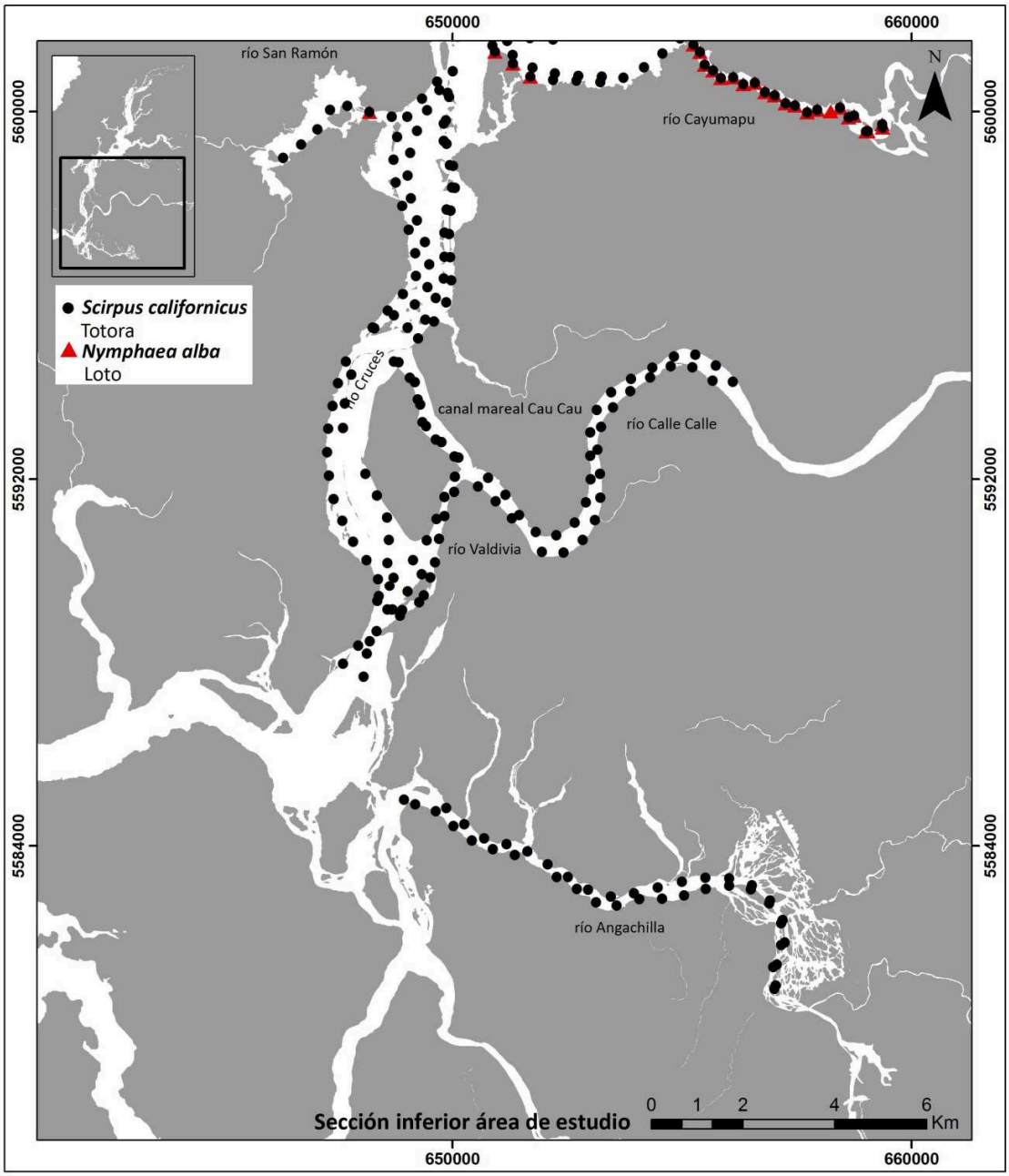


Figura 4.3.12. Presencia de *Scirpus californicus* (Totora) y *Nymphaea alba* (Loto) en la sección inferior del área de estudio.

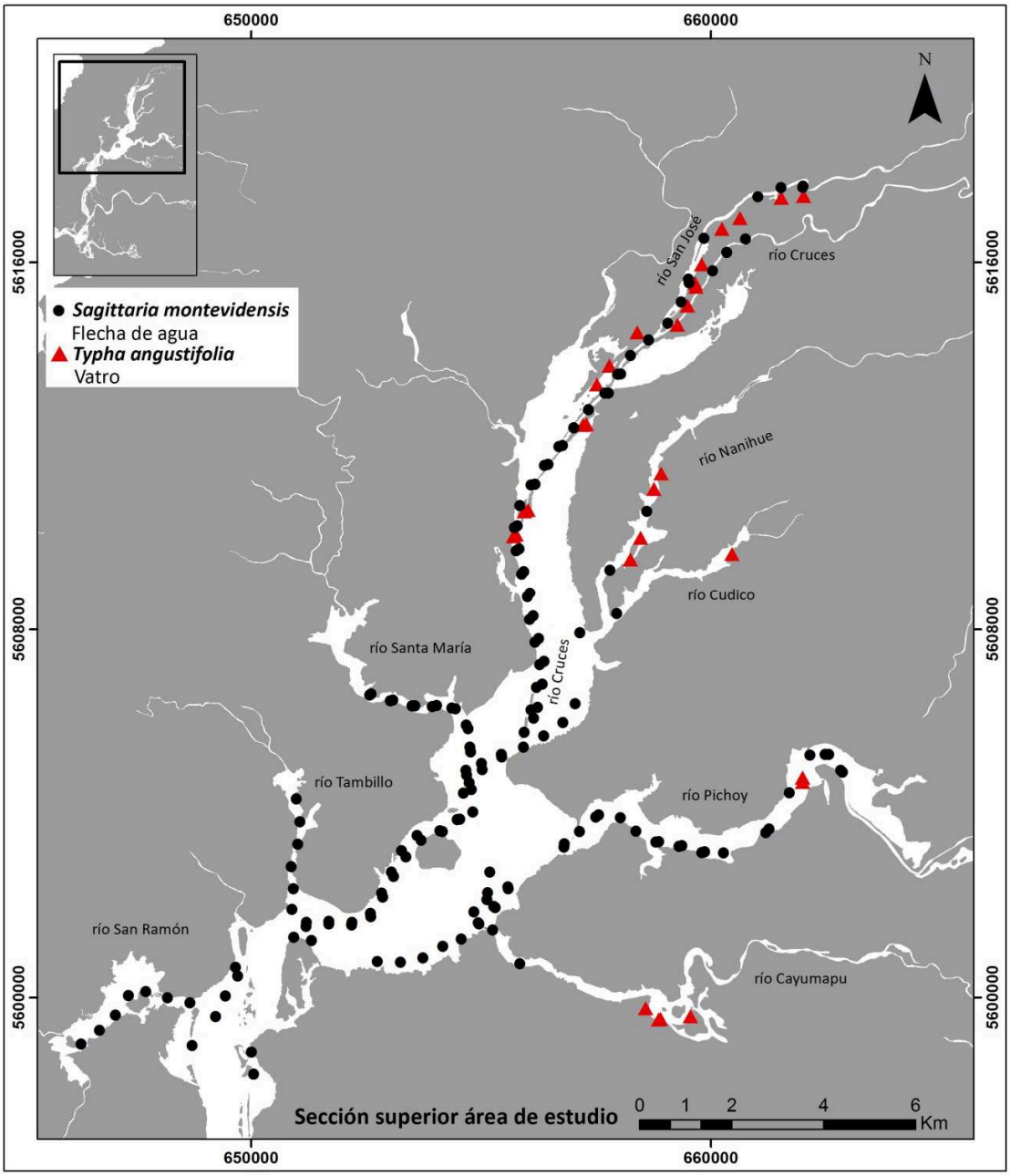


Figura 4.3.13. Presencia de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) y *Typha angustifolia* (Vatro) en la sección superior del área de estudio.

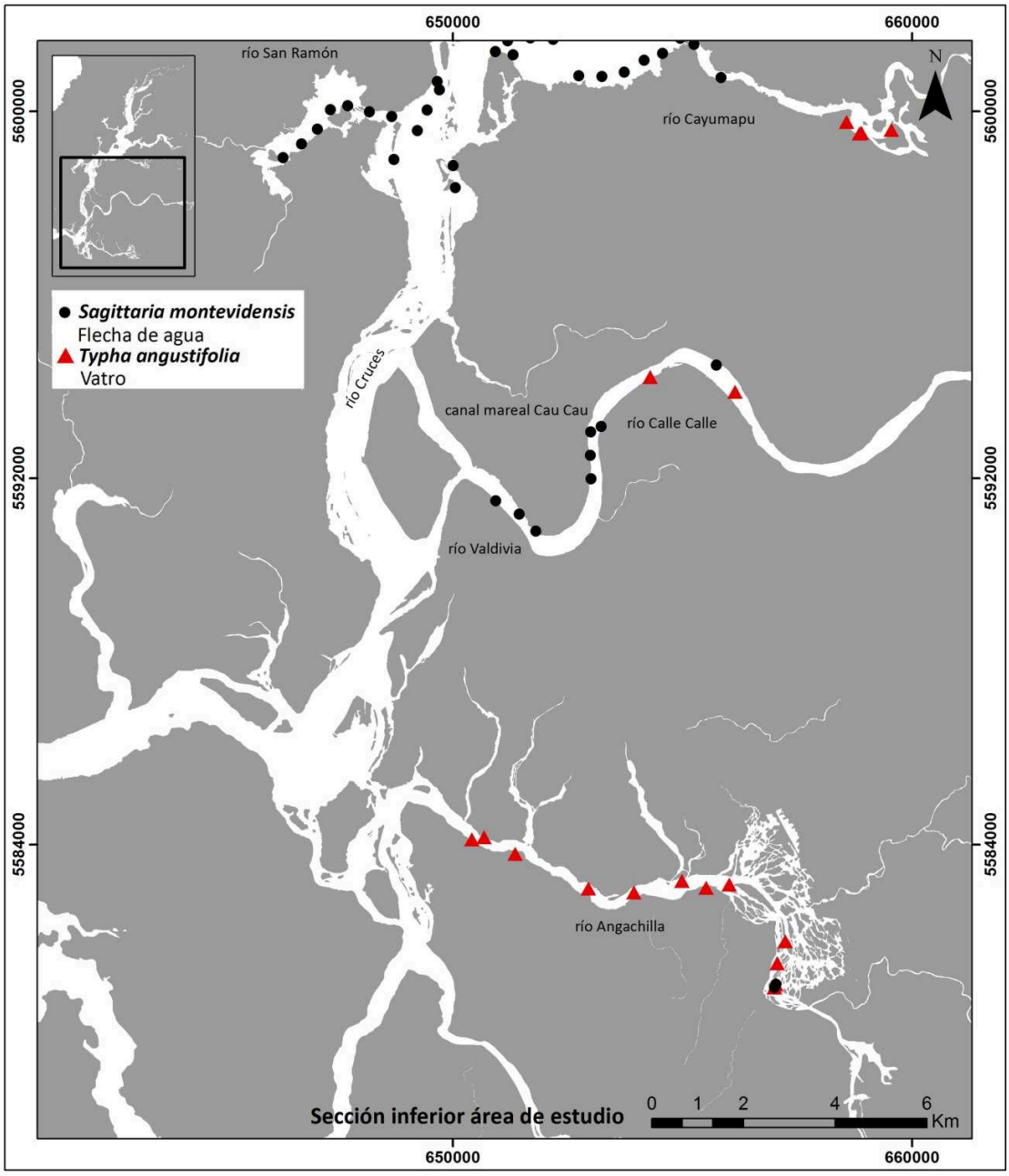


Figura 4.3.14. Presencia de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) y *Typha angustifolia* (Vatro) en la sección inferior del área de estudio.

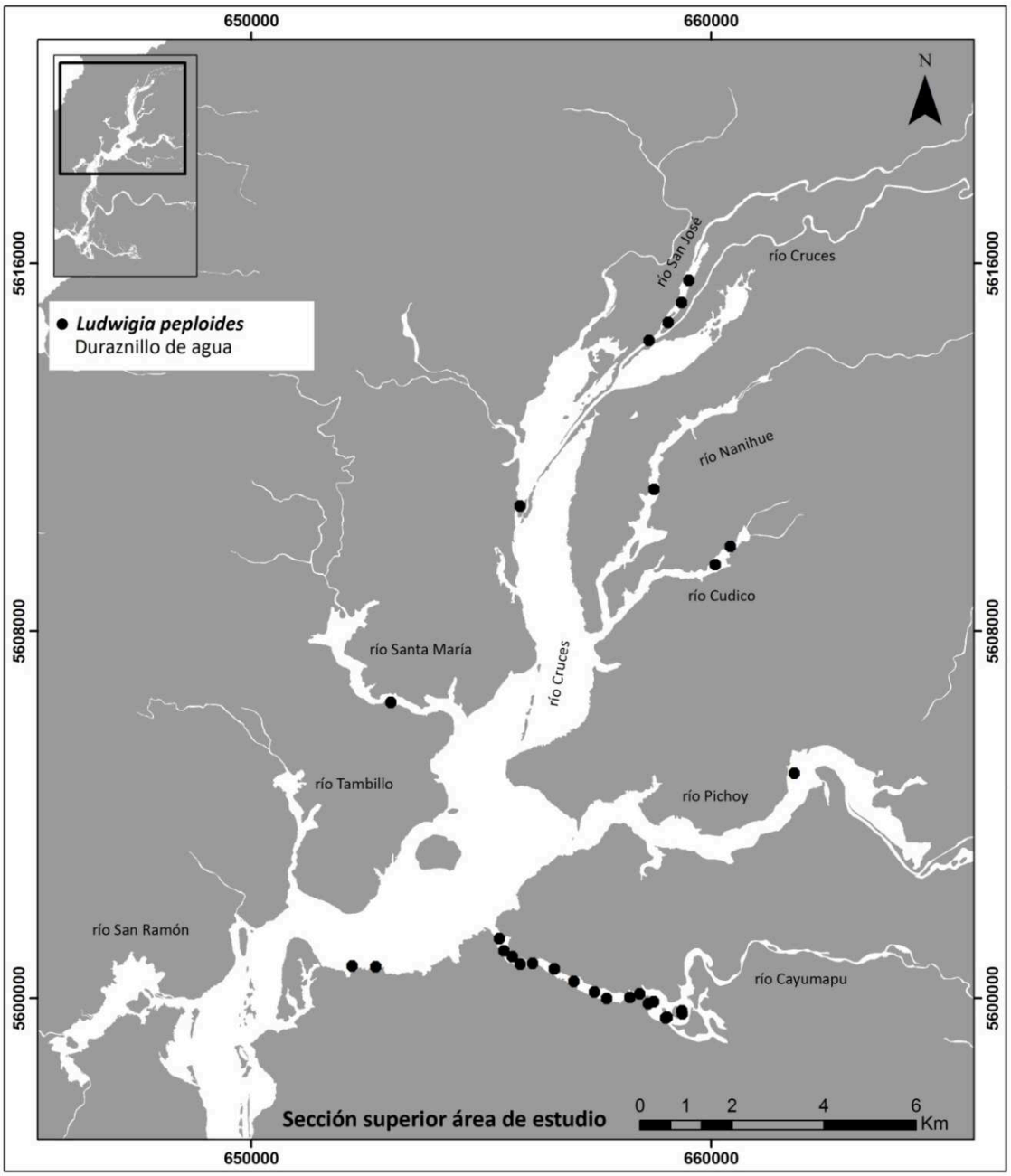


Figura 4.3.15. Presencia de *Ludwigia peploides* (Duraznillo de agua) en la sección superior del área de estudio.

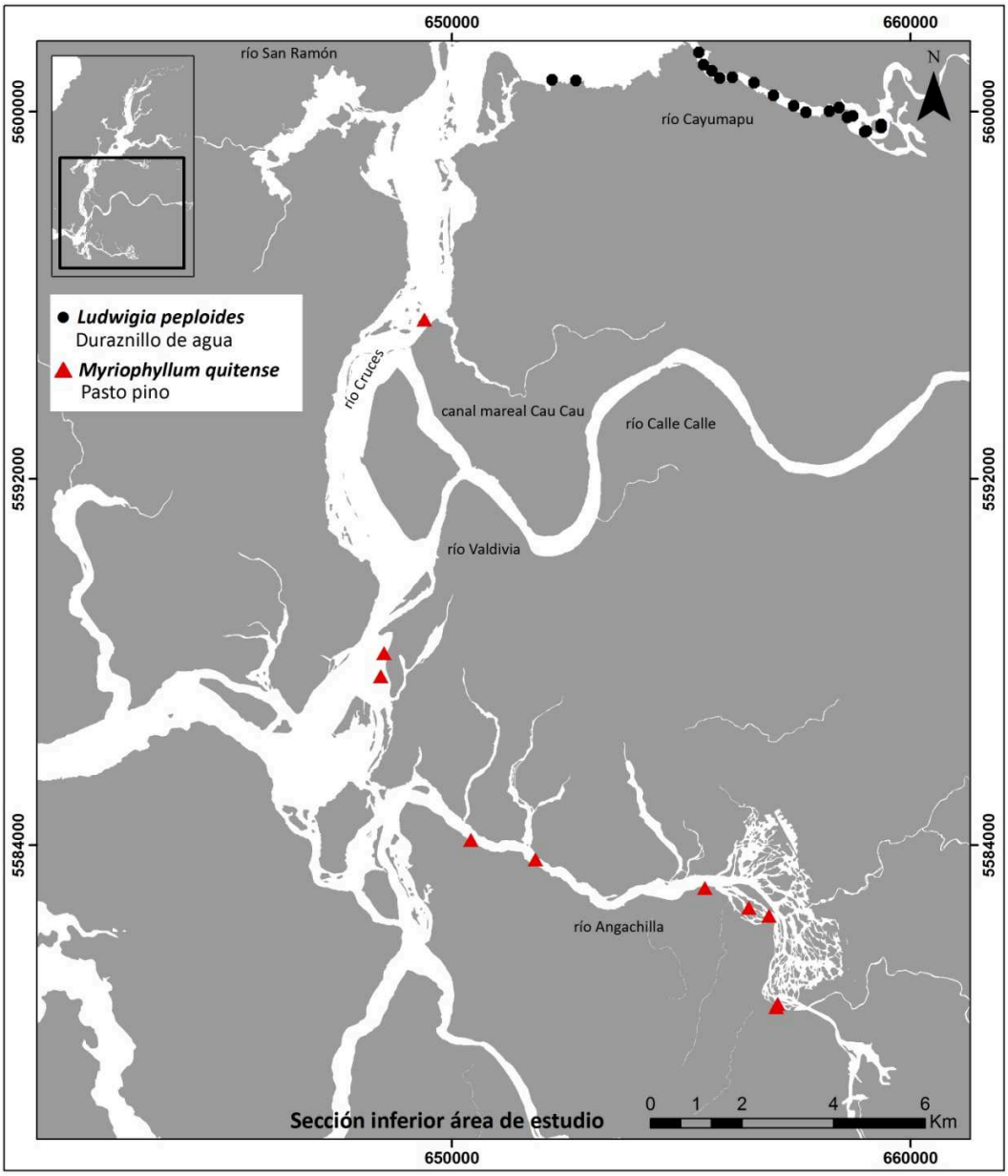


Figura 4.3.16. Presencia de *Ludwigia peploides* (Duraznillo de agua) y *Myriophyllum quitense* (Pasto pino) en la sección inferior del área de estudio.

Zonación espacial a meso - escala

Las Figuras 4.3.17 a 4.3.41 muestran la zonación espacial de las principales macrófitas acuáticas en cada uno de los 25 sitios de estudio (*cf.*, Fig. 4.3.3).

Las Figuras 4.3.17 a 4.3.19 muestran la zonación de esas macrófitas en el río San José. La ribera del sector norte estuvo dominada en cobertura, casi en su totalidad, por plantas de *N. alba* (Loto) (Fig. 4.3.17), mientras que en los sectores medio y sur ocurrió una mayor diversidad de macrófitas. En el sector medio se observó el siguiente esquema de zonación: *Scirpus californicus* (Totora), *Typha angustifolia* (Vatro) y *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) en una franja más interna o continental y *Egeria densa* (Luchecillo) y *Ludwigia peploides* (Duraznillo de agua) ocurriendo a manchones en esta franja y de modo más continuo en una franja más externa o acuática (Fig. 4.3.18); esta zonación fue similar a la observada en el sitio río San José sur (Fig. 4.3.19).

Las Figuras 4.3.20 a 4.3.22 muestran la composición y distribución específica de las macrófitas acuáticas presentes en el extremo norte del área de estudio (río Cruces, sectores Fuerte San Luis, San Martín y Santa María). Ambas riberas del sector Fuerte San Luis estuvieron dominadas en cobertura por *Egeria densa* (Luchecillo) (Fig. 4.3.20); aun cuando en ambas riberas se observó la presencia de *Potamogeton pusillus* (Huiro), este tuvo mayor representación en la ribera nor – este. *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) se observó sólo en dos puntos de muestreo, a la vez que *Scirpus californicus* (Totora) estuvo presente en los extremos sur de cada ribera (Fig. 4.3.20). En los sectores San Martín y Santa María (Figuras 4.3.21 y 4.3.22) se observó un claro patrón de zonación con dominancia en cobertura de *Egeria densa* (Luchecillo) y *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) en una franja interna o zona más continental y dominancia de *Potamogeton pusillus* (Huiro) en una franja externa o más acuática. En esta última se detectó también y en forma aislada, al Huiro verde (*Potamogeton lucens*).

Las Figuras 4.3.23 y 4.3.24 muestran que en los sectores estudiados en los ríos Nanihue y Cudico, las macrófitas *Egeria densa* (Luchecillo) y *Potamogeton pusillus* (Huiro) fueron las plantas con mayor cobertura; ambas especies mostraron una clara zonación o separación espacial dominando la segunda en estaciones más cercanas a la orilla y *viceversa*. Situación similar a la anteriormente descrita, es la que se observó en el río Cruces, sector San Antonio (*i.e.*, separación espacial de Luchecillo y Huiro); sin embargo, en ese sector el Huiro ocurrió en la franja externa o más alejada del continente del sitio estudiado (a la izquierda en Fig. 4.3.25).

En el sector estudiado en el río Santa María (Fig. 4.3.26) se observó dominancia en cobertura de *Egeria densa* (Luchecillo) y *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua). Hacia el borde más interno o continental de este sitio se observó *Scirpus californicus* (Totora), a la vez que hacia la zona más externa se detectó la presencia de *Potamogeton pusillus* (Huiro) (Fig. 4.3.26).

Los dos sitios estudiados en el río Pichoy estuvieron dominados en cobertura por *Egeria densa* (Luchecillo); en ambos sitios y en forma de manchones aislados, se detectó la presencia de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) y *Potamogeton pusillus* (Huiro) (Fig. 4.3.27 y 4.3.28).

Las Figuras 4.3.29 y 4.3.30 muestran la zonación espacial de las macrófitas acuáticas del sector Rialejo en el río Cruces. En los dos sitios estudiados dominó *Egeria densa* (Luchecillo); sin embargo, en el sector Rialejo norte, la segunda macrófita con más cobertura espacial fue *Potamogeton pusillus* (Huiro) (Fig. 4.3.29), a la vez que en el sector Rialejo sur, la segunda planta en importancia presencial fue *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) (Fig. 4.3.30).

En el sitio del río Tambillo (Fig. 4.3.31) dominó *Egeria densa* (Luchecillo); se observó la presencia aislada de *Potamogeton pusillus* (Huiro) y de *Scirpus californicus* (Totora) en las dos riberas estudiadas.

En la ribera del río Cruces, sector Tres Bocas (Fig. 4.3.32) se observó dominancia en cobertura de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua), *Egeria densa* (Luchecillo) y *Potamogeton pusillus* (Huiro). Esta última especie ocurrió preferentemente en la franja más externa del área estudiada, a la vez que el Luchecillo y la Flecha de agua, se detectaron desde esa franja a la más continental caracterizada por la presencia de *Scirpus californicus* (totora) (Fig. 4.3.32). En este sitio también se detectó la presencia de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) (Fig. 4.3.32).

Las Figuras 4.3.33 y 4.3.34 muestran la zonación espacial de las macrófitas acuáticas presentes en el río Cayumapu. En ambos sectores se detectó la presencia de *Egeria densa* (Luchecillo); en el sector interno esta planta ocurrió con *Ludwigia peploides* (Duraznillo de agua) y *Nymphaea alba* (Loto) (Fig. 4.3.33), a la vez que en el sector externo, el Luchecillo ocurrió junto a *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde) en las zonas alejadas de las orillas y primariamente con *Scirpus californicus* (Totora) en las riberas (Fig. 4.3.34).

En el río Cruces, sector Chorocamayo se observó dominancia de *Egeria densa* (Luchecillo); las otras plantas con mayor cobertura espacial fueron *Potamogeton pusillus* (Huiro) en la franja más externa y *Scirpus californicus* (Totora) en las riberas (Fig. 4.3.35).

La Figura 4.3.36 muestra que en el sitio estudiado en San Ramón las macrófitas dominantes en cobertura fueron *Egeria densa* (Luchecillo) y *Potamogeton pusillus* (Huiro). En la parte intermedia del área estudiada ocurrió *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua), a la vez que hacia el cauce del río (*i.e.*, en zonas de mayor profundidad) se detectó la ocurrencia aislada de *Scirpus californicus* (Totora).

La Figura 4.3.37 muestra la zonación espacial de las plantas acuáticas presentes en el sector de Punucapa en el río Cruces. Se observó dominancia en cobertura de *Egeria densa* (Luchecillo) y *Potamogeton pusillus* (Huiro), seguidos de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) y *Scirpus californicus* (Totora), esta última especie bordeando la ribera del área de estudio.

La zonación espacial de las macrófitas acuáticas en el río Cruces, sector Isla Teja, se muestra en la Figura 4.3.38. *Egeria densa* (Luchecillo) y *Potamogeton pusillus* (Huiro) dominaron en cobertura; en las riberas del sitio estudiado ocurrió *Scirpus californicus* (Totora).

En las riberas del río Calle Calle (Fig. 4.3.39) se observaron dos especies de macrófitas acuáticas, *Scirpus californicus* (Totora) en la ribera y *Egeria densa* (Luchecillo) en la zona más alejada de la misma.

En el sector Torobayo del río Valdivia (Fig. 4.3.40), las macrófitas que dominaron en cobertura fueron *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Myriophyllum quitense* (Pasto pino); se detectó también *Potamogeton lucens* (Huiro verde) y *Scirpus californicus* (Totora) bordeando la ribera del área estudiada. Similar situación se observó en el sitio estudiado en el río Angachilla que estuvo dominado en cobertura por *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Myriophyllum quitense* (Pasto pino) (Fig. 4.3.41).

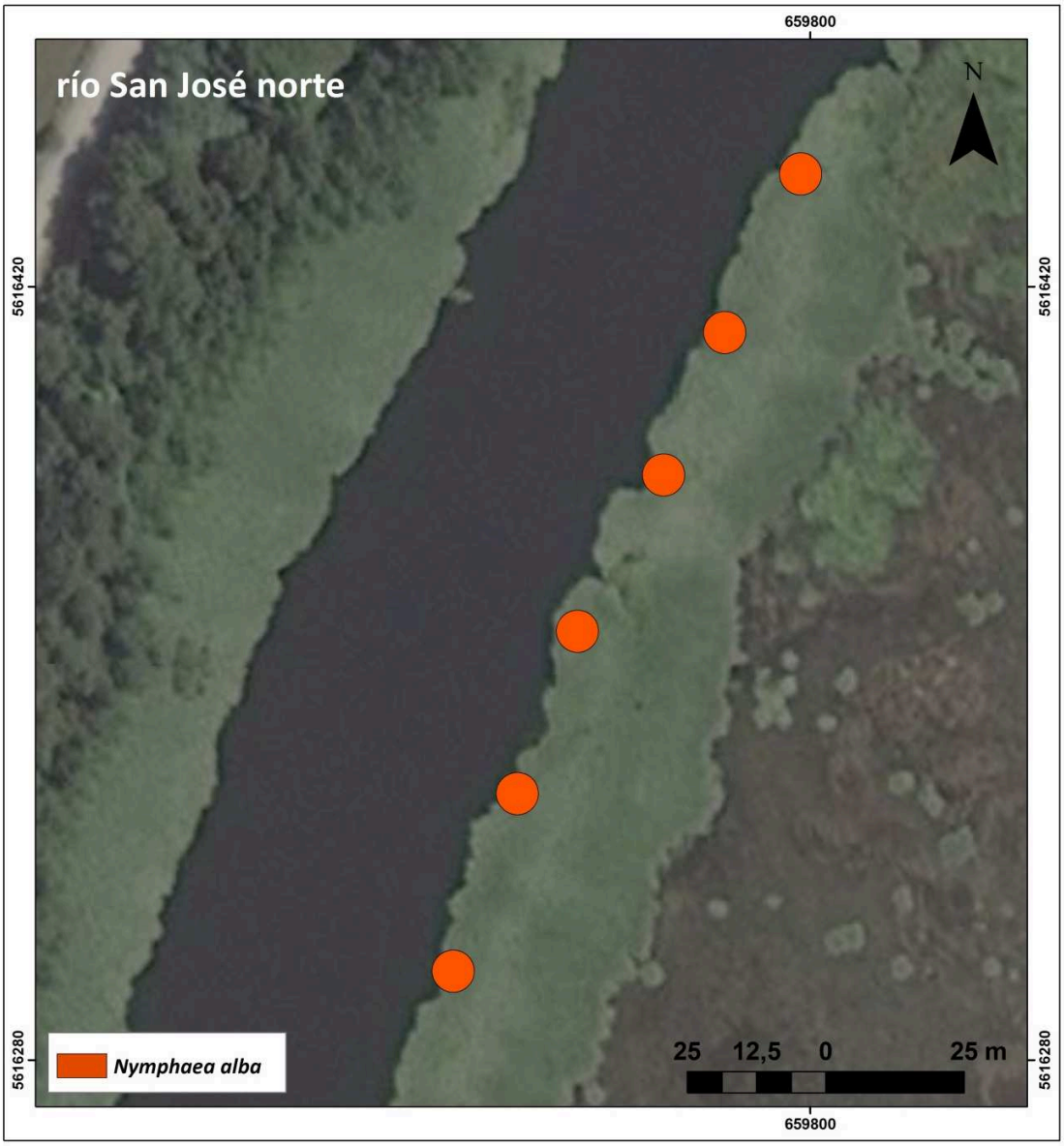


Figura 4.3.17. Zonación o micro distribución espacial de *Nymphaea alba* (Loto), la macrófita acuática más abundante del sector norte del río San José.

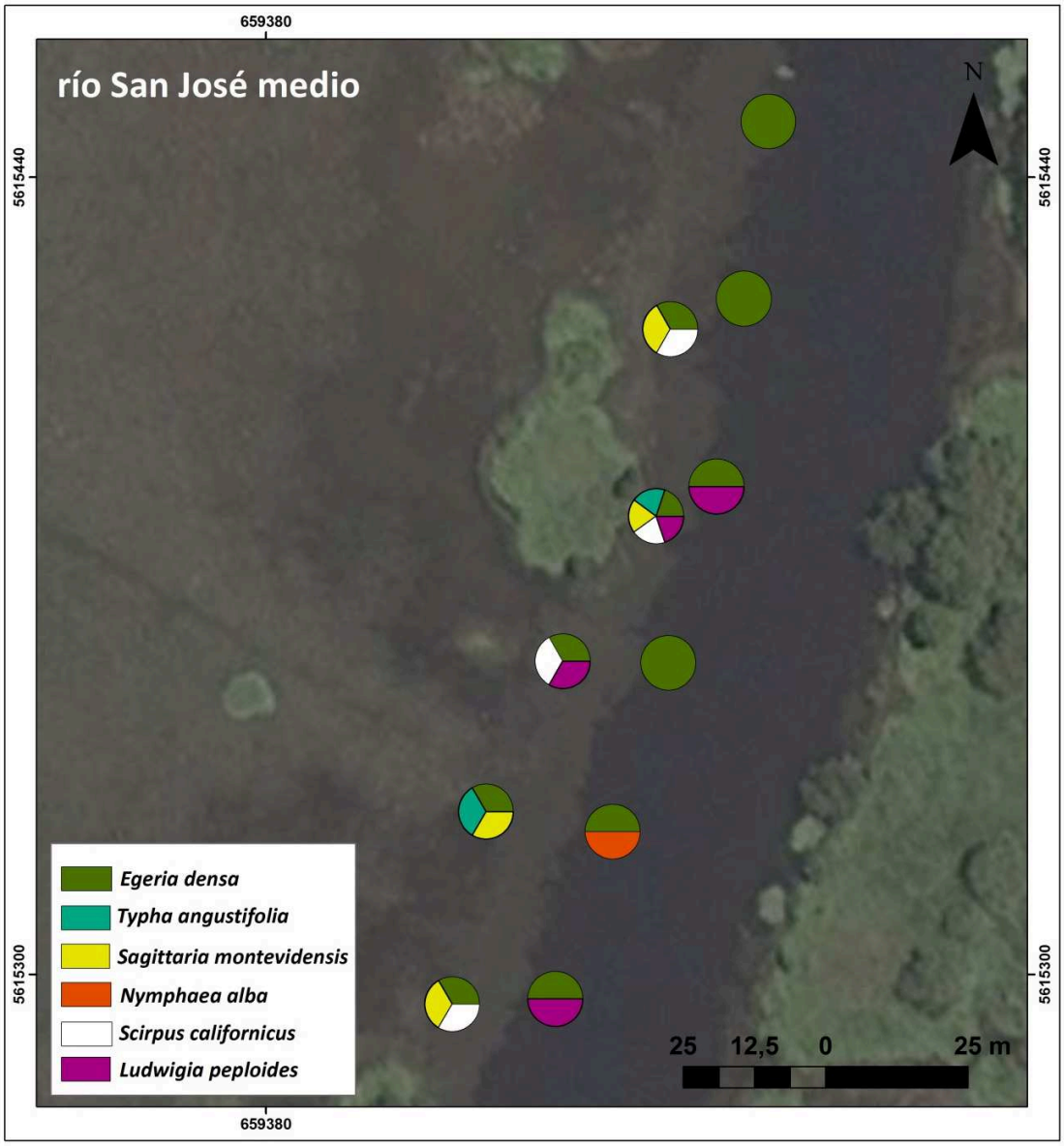


Figura 4.3.18. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el sector medio del río San José.

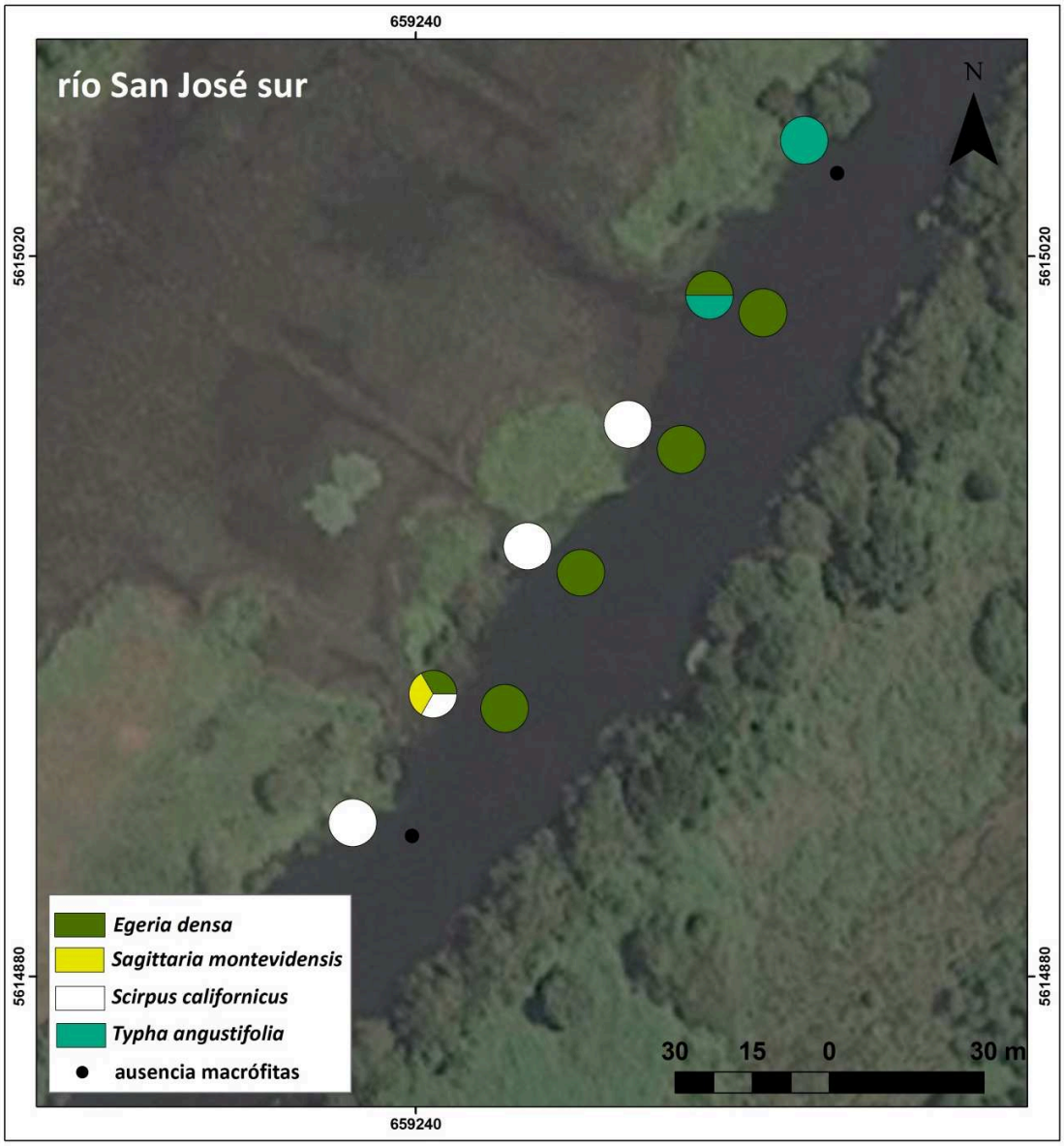


Figura 4.3.19. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el sector sur del río San José. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) están alejados de la ribera (*i.e.*, más cercanos al cauce del río).

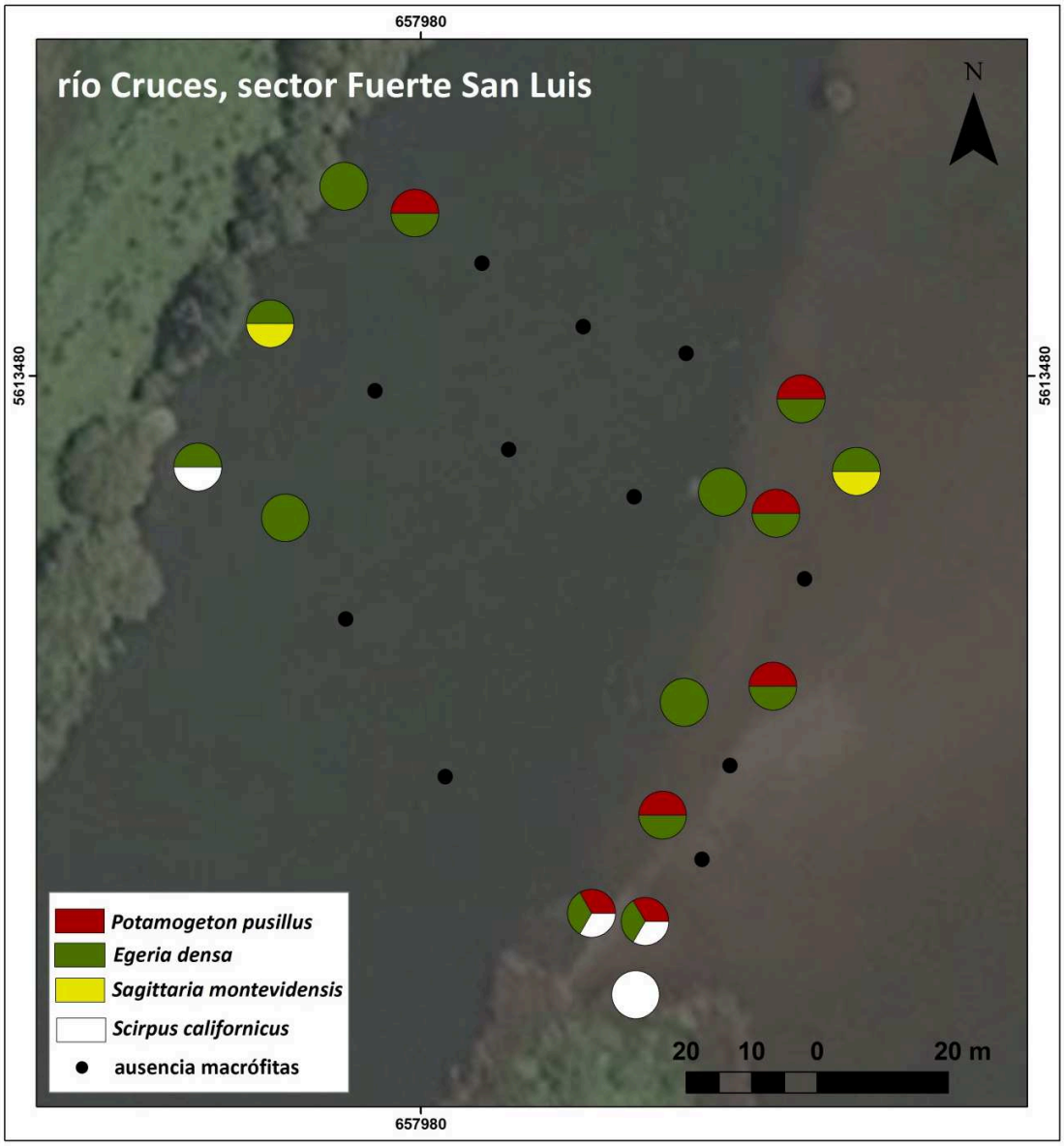


Figura 4.3.20. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector del Fuerte San Luis. Nótese que la mayoría de los puntos negros (ausencia de macrófitas) están alejados de la ribera (*i.e.*, en el cauce del río o más cercanos a este).

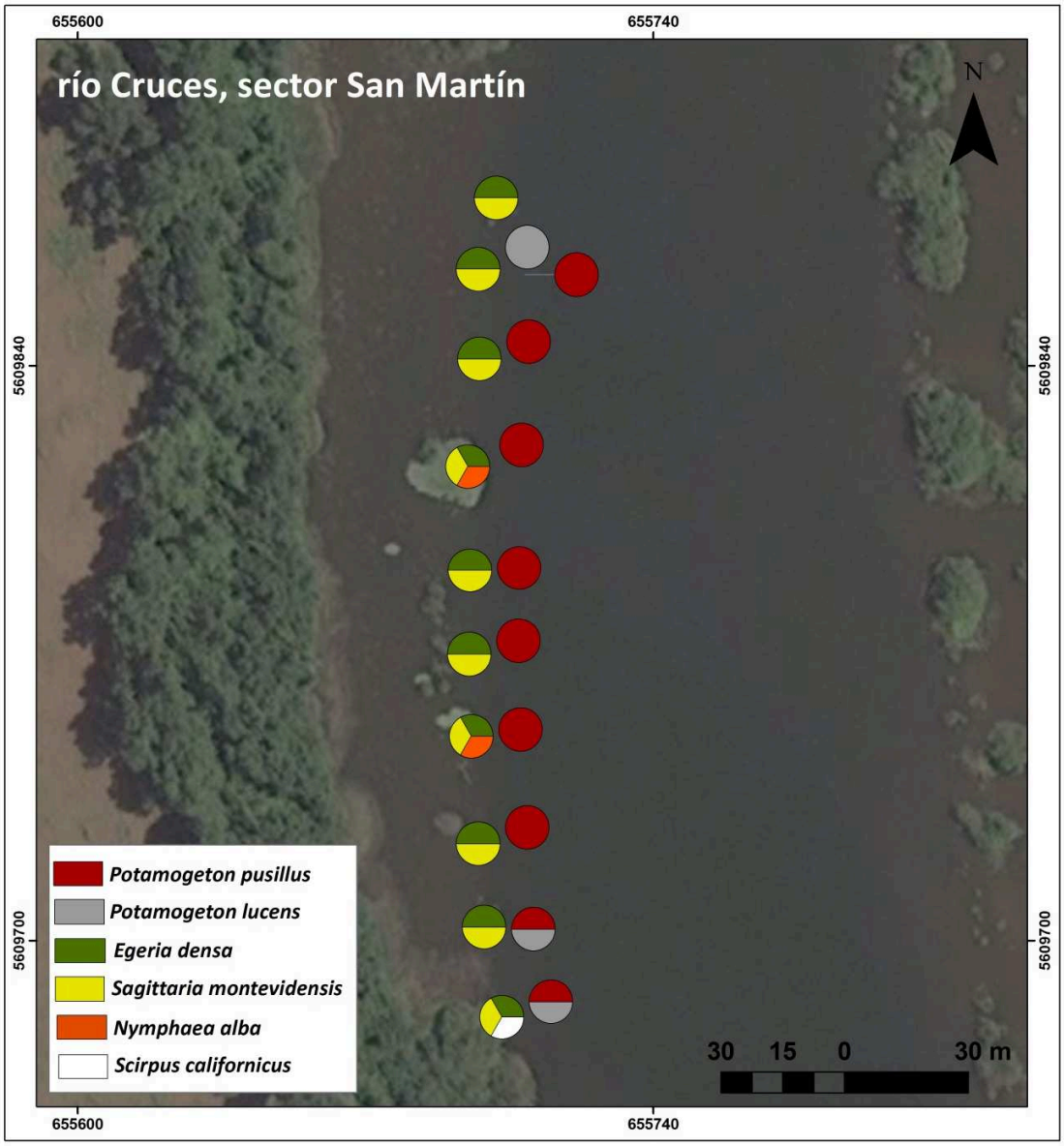


Figura 4.3.21. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector San Martín.

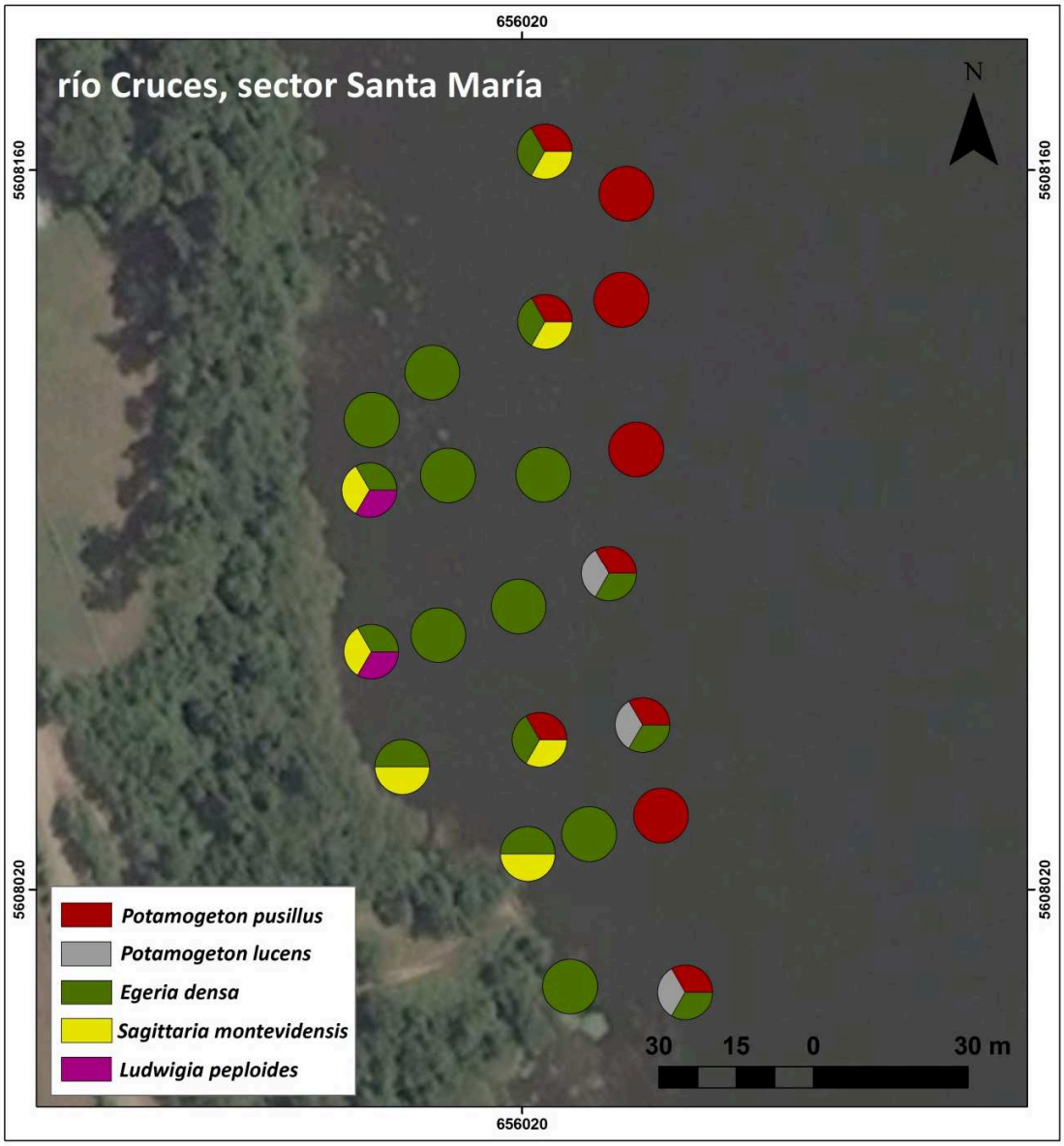


Figura 4.3.22. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector Santa María.

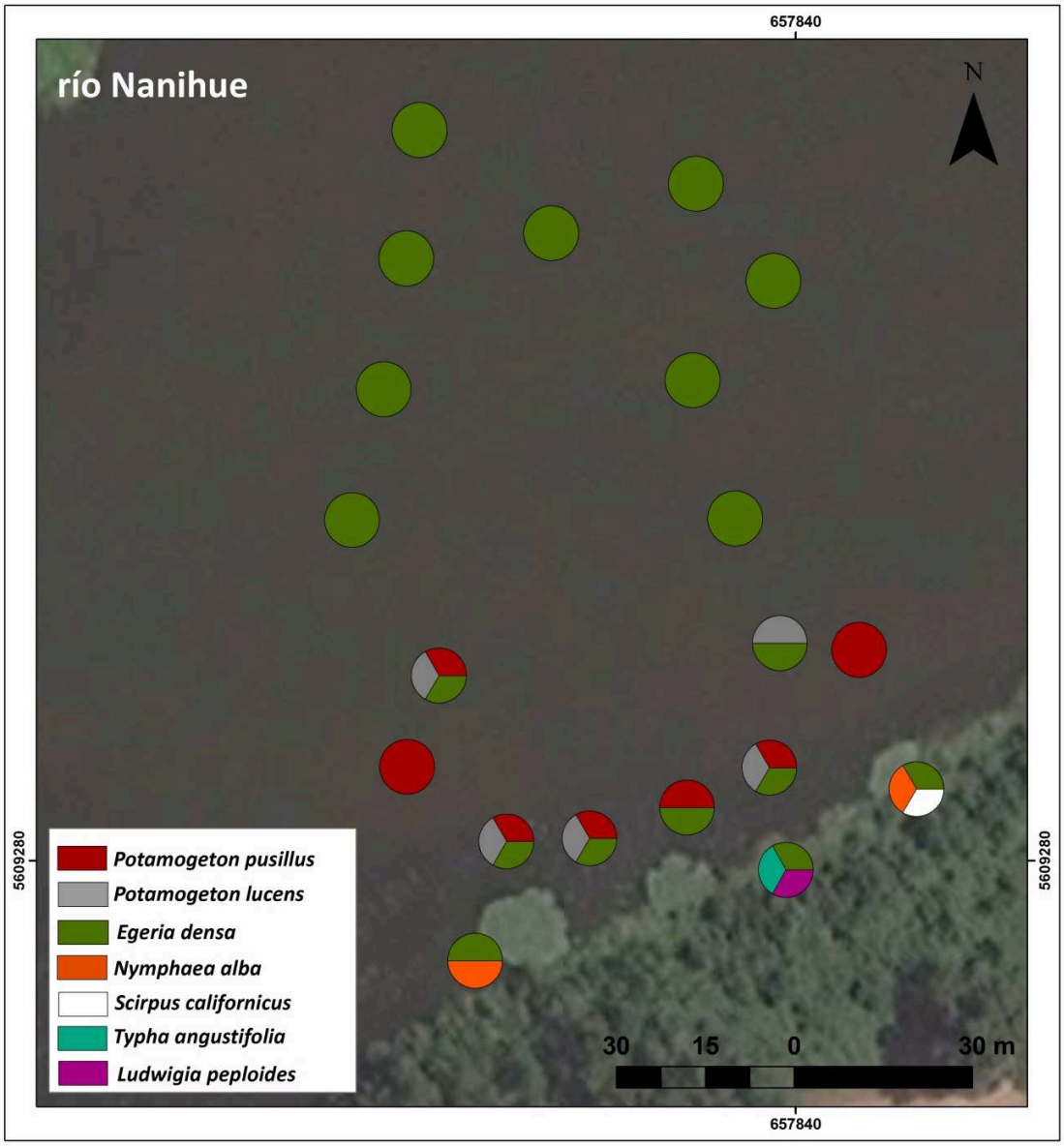


Figura 4.3.23. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Nanihue.

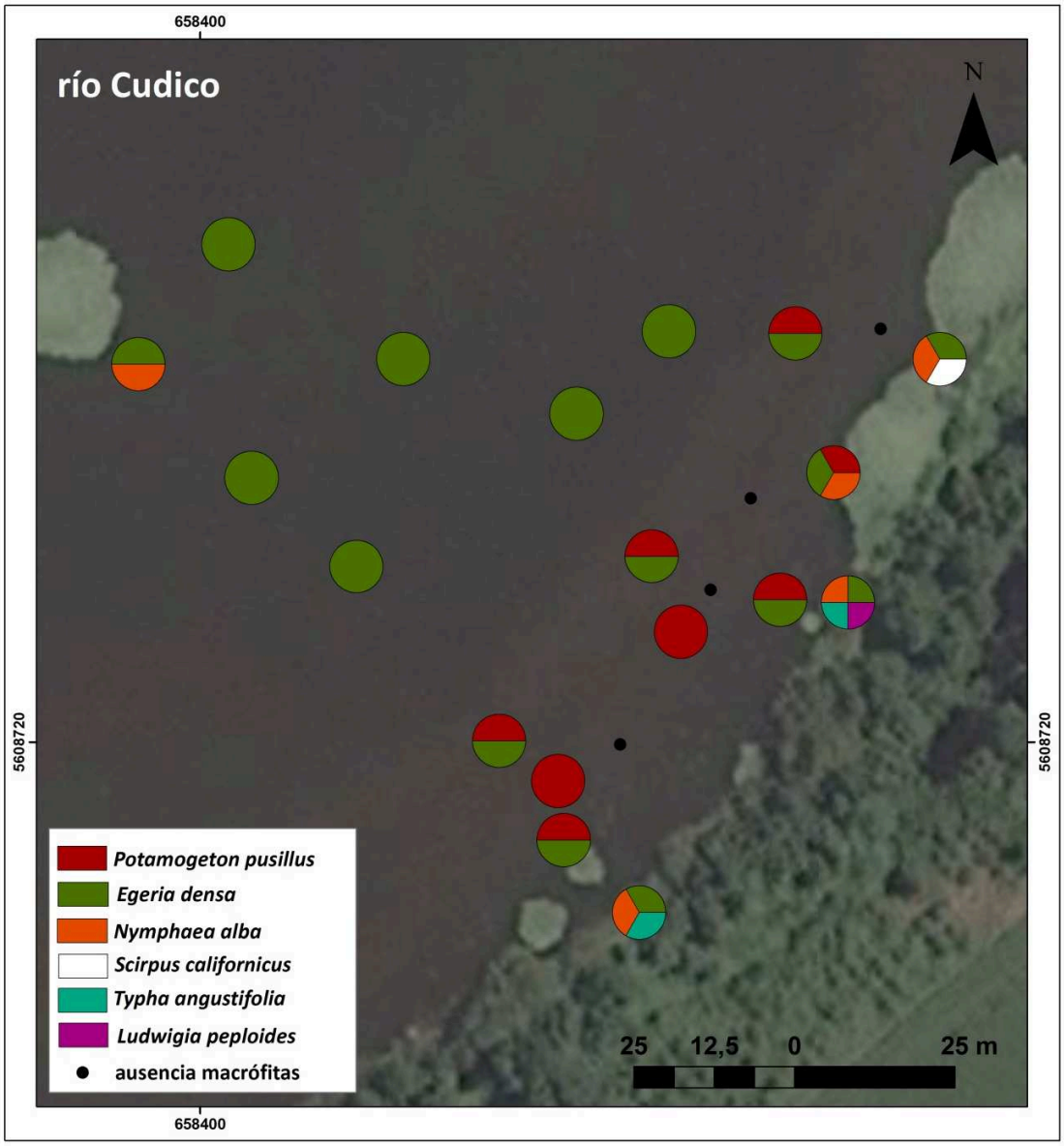


Figura 4.3.24. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cudico. Nótese que la mayoría de los puntos negros (ausencia de macrófitas) están alejados de la ribera (*i.e.*, más cercanos al cauce del río).

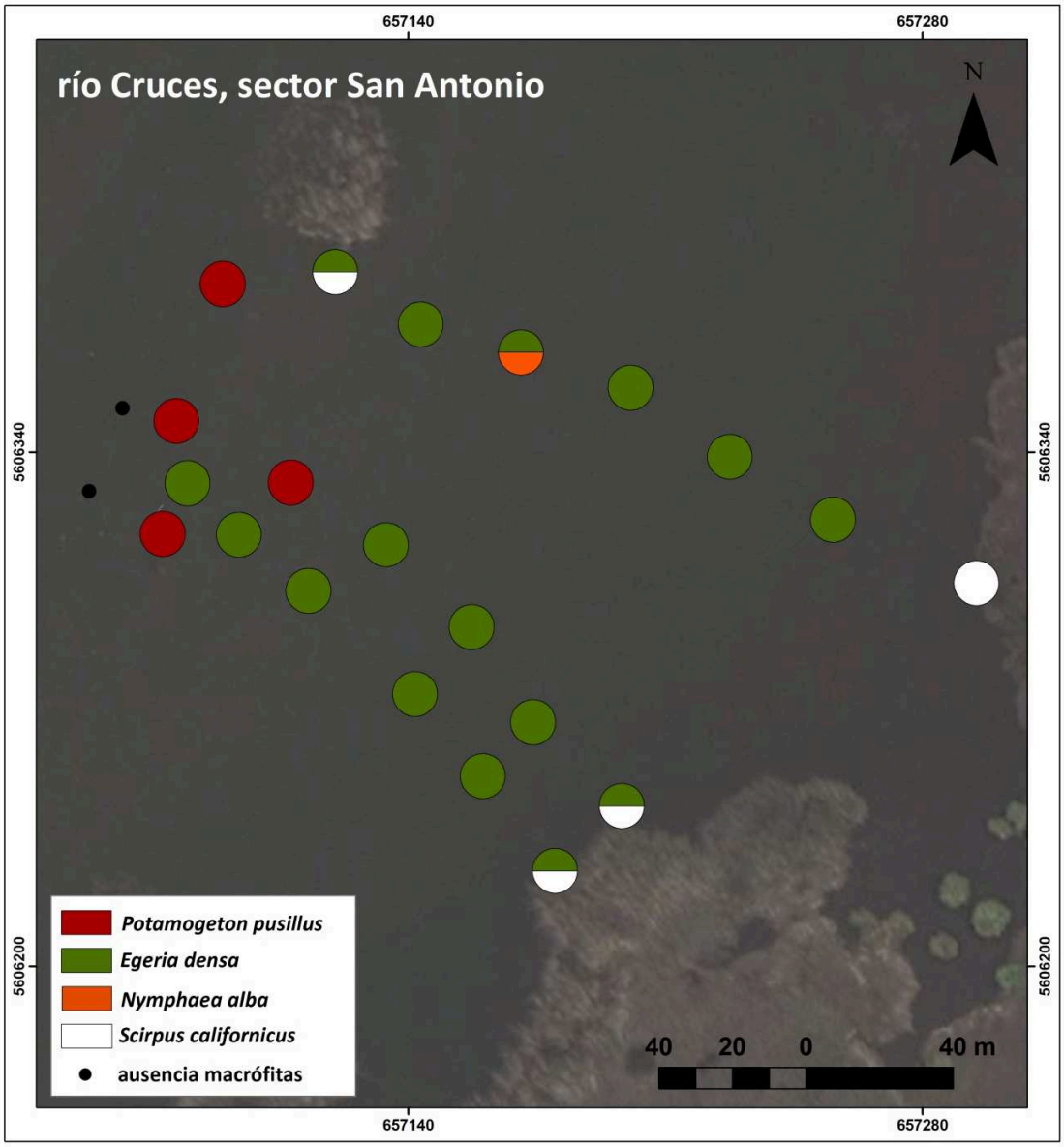


Figura 4.3.25. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector San Antonio. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) están más cercanos al cauce del río, el cual se ubica a la izquierda de esta figura.

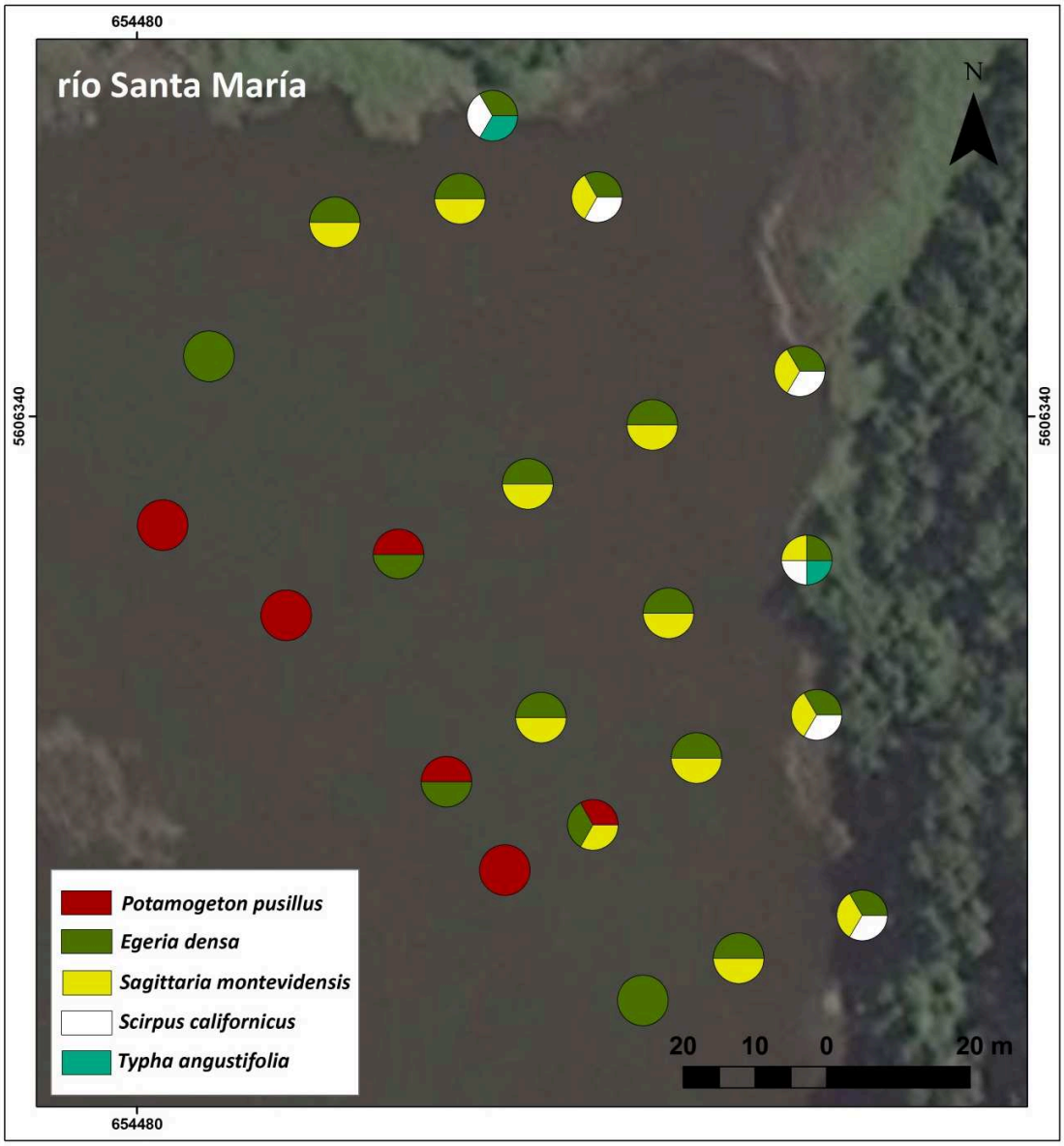


Figura 4.3.26. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Santa María.

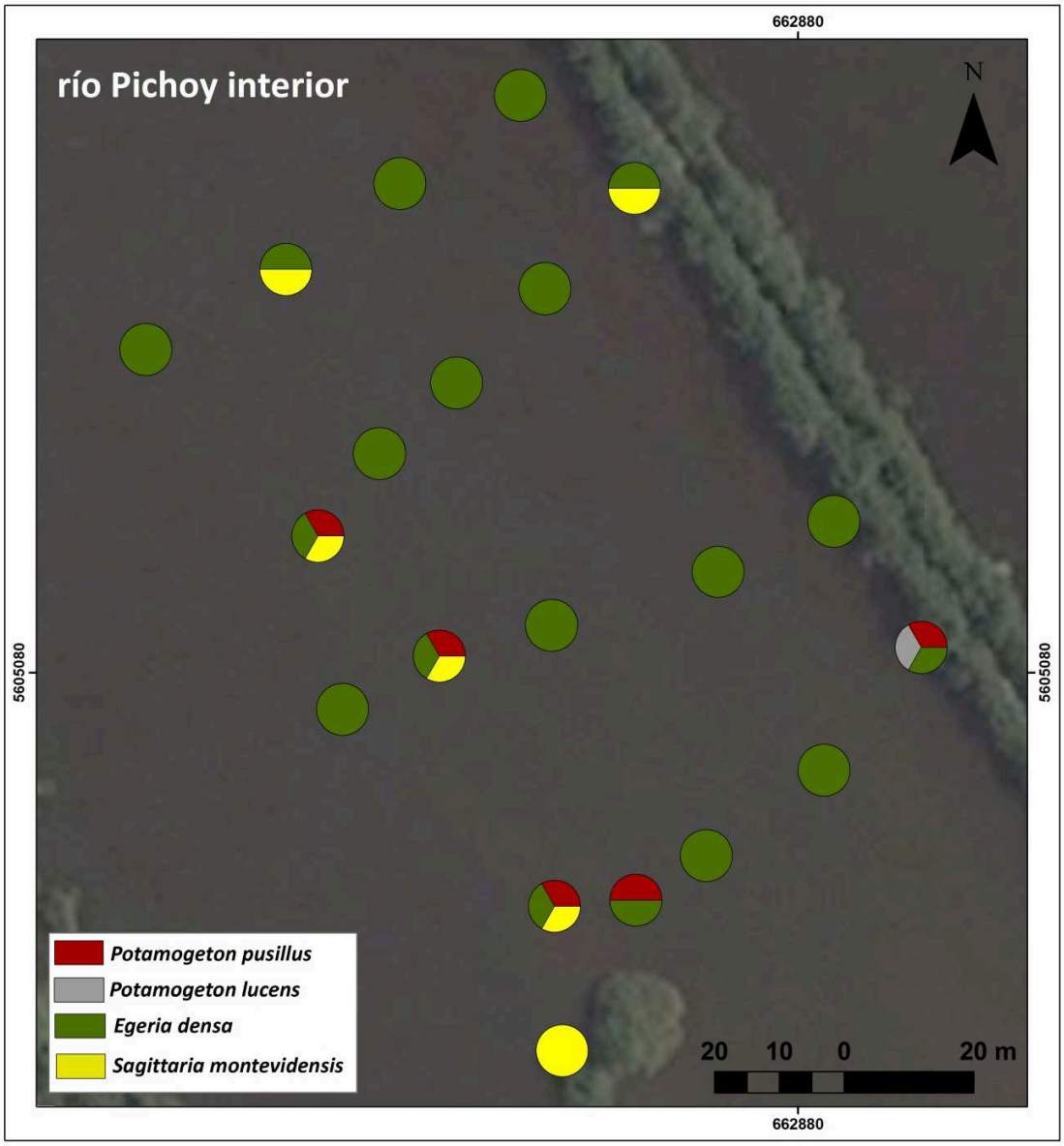


Figura 4.3.27. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Pichoy interior.

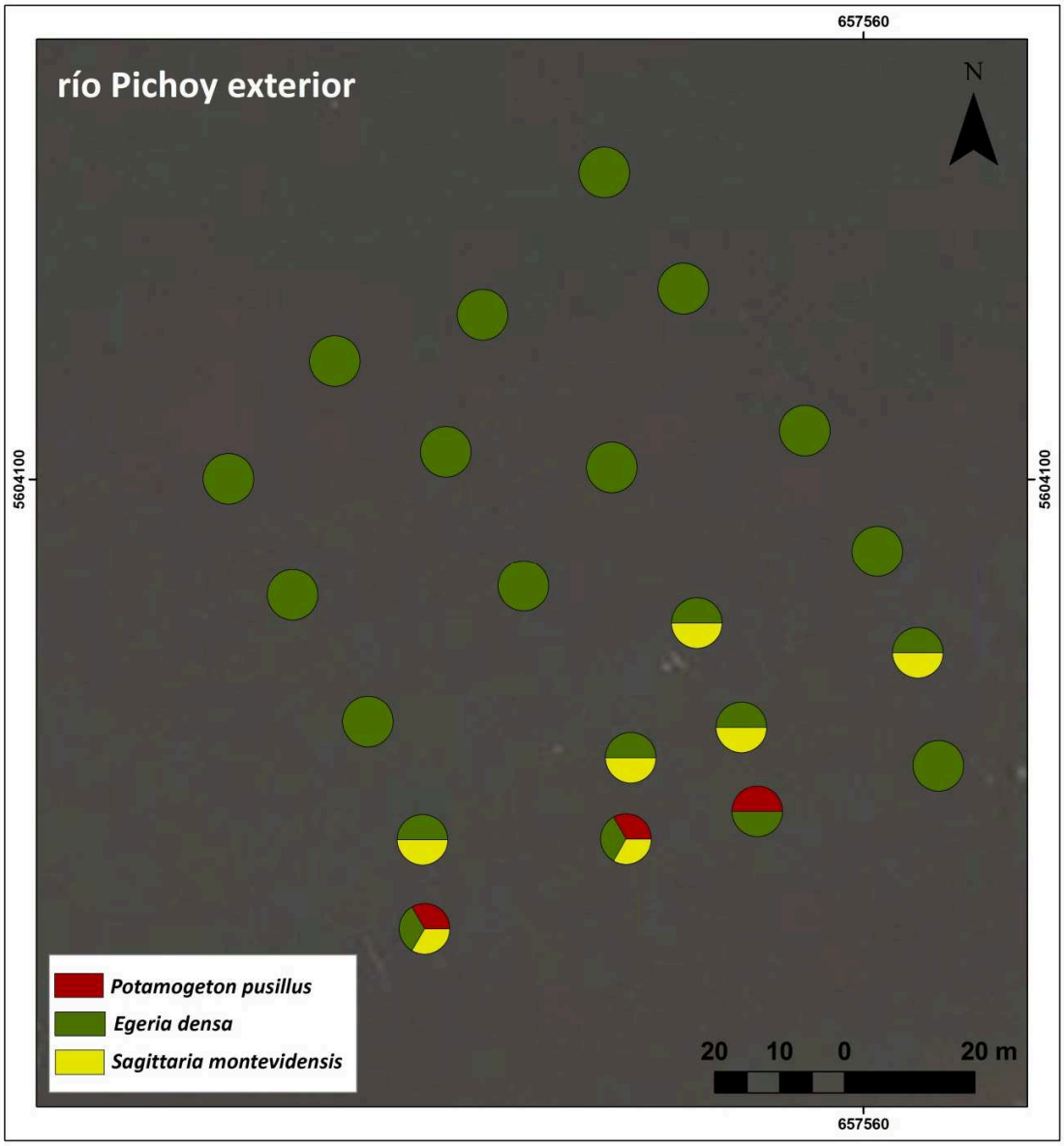


Figura 4.3.28. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Pichoy exterior.

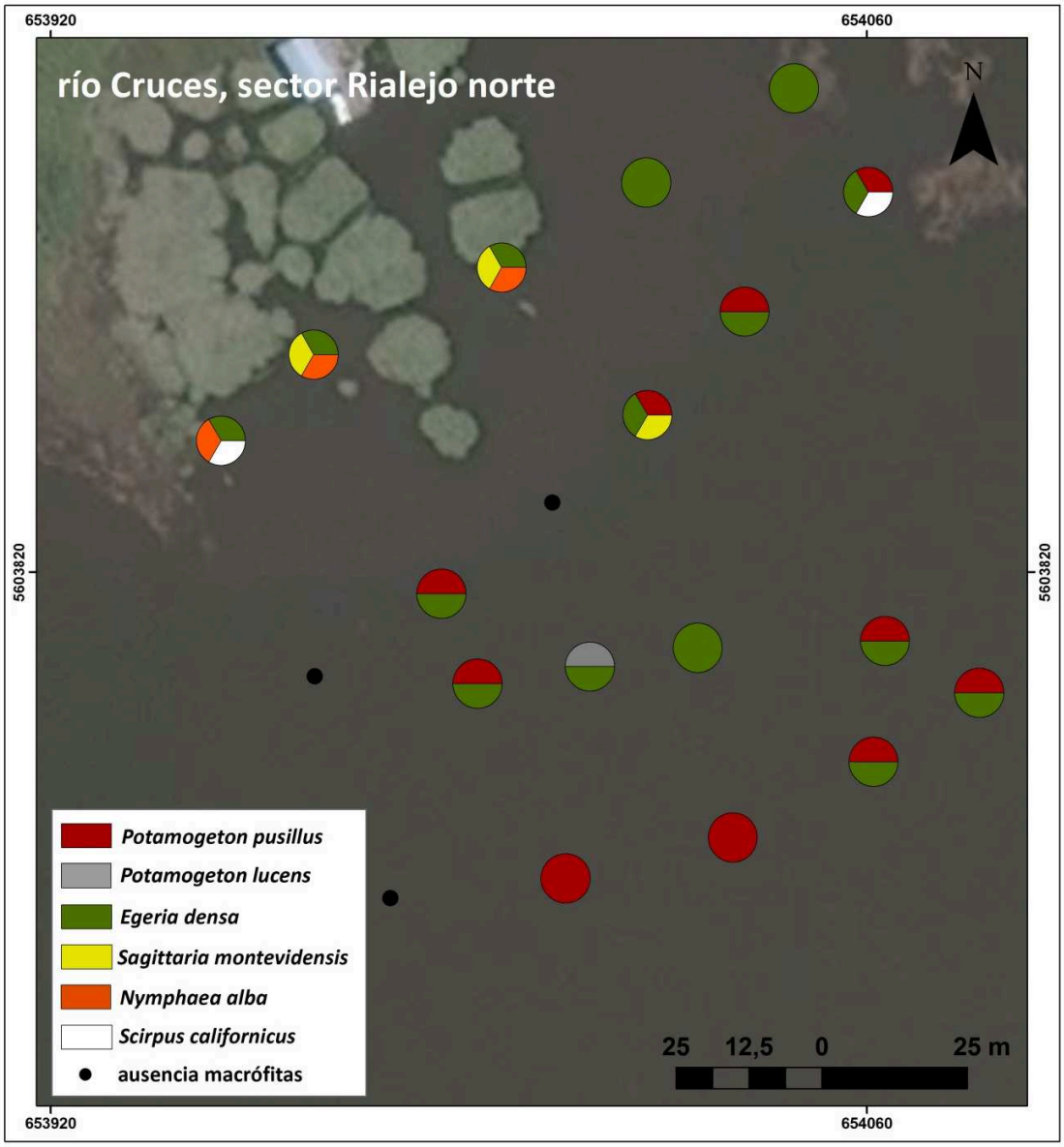


Figura 4.3.29. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector Rialejo norte. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) están alejados de la ribera, la cual se ubica a la izquierda de esta figura.

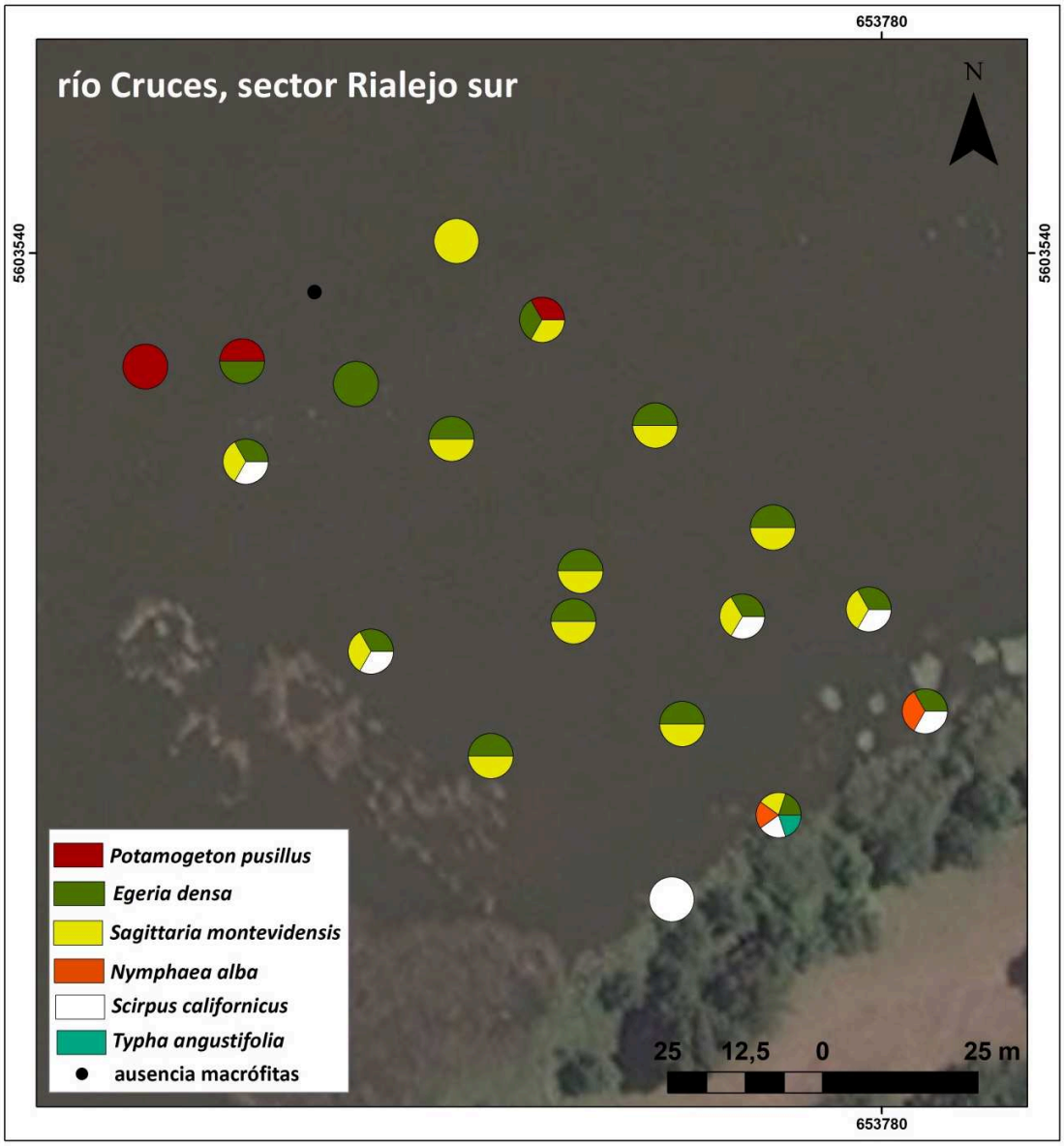


Figura 4.3.30. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector Rialejo sur. Nótese que el punto negro (ausencia de macrófitas) está más cercano al cauce del río, el cual se ubica a la izquierda de esta figura.

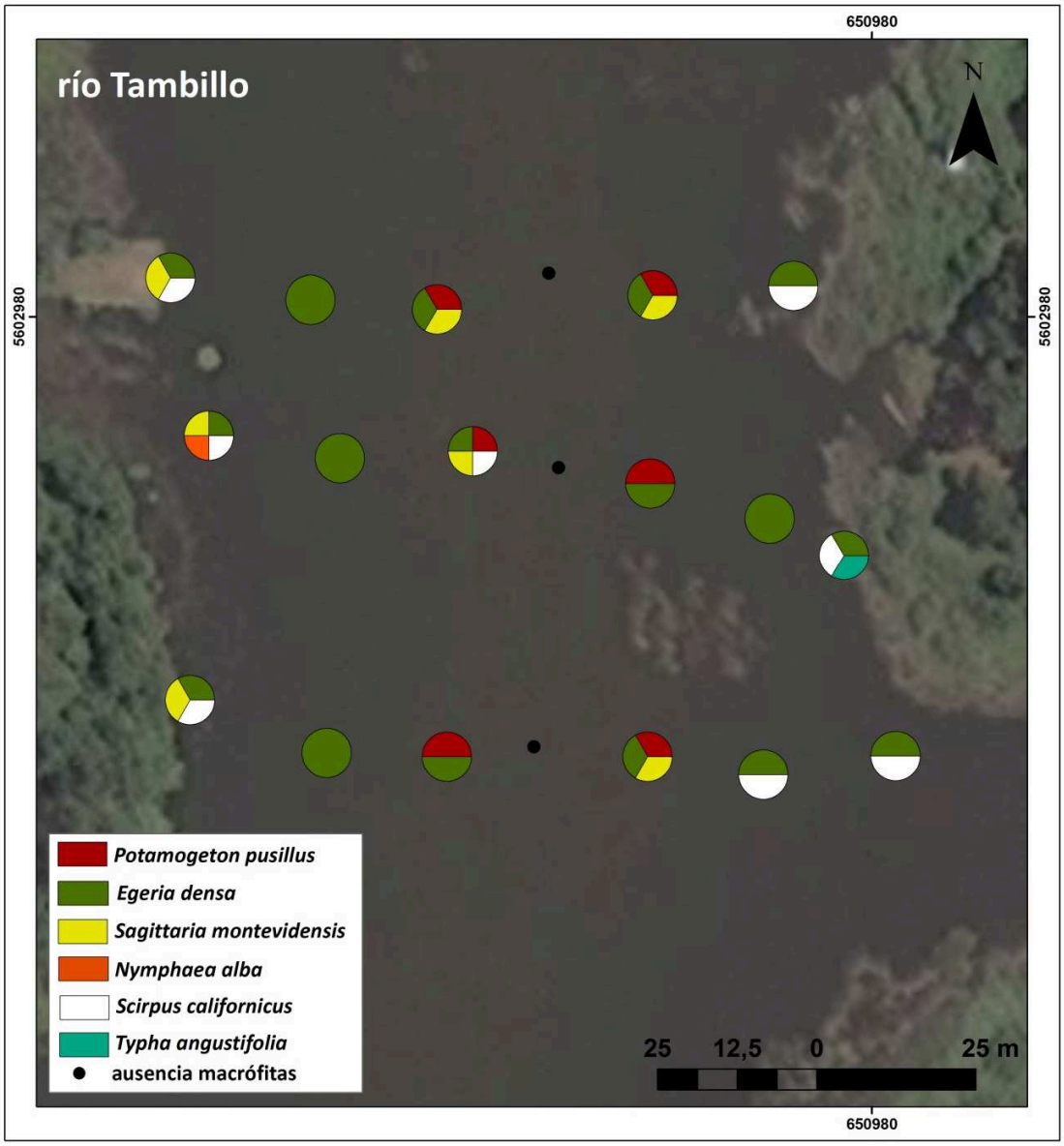


Figura 4.3.31. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Tambillo. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) se ubican en el cauce del río.

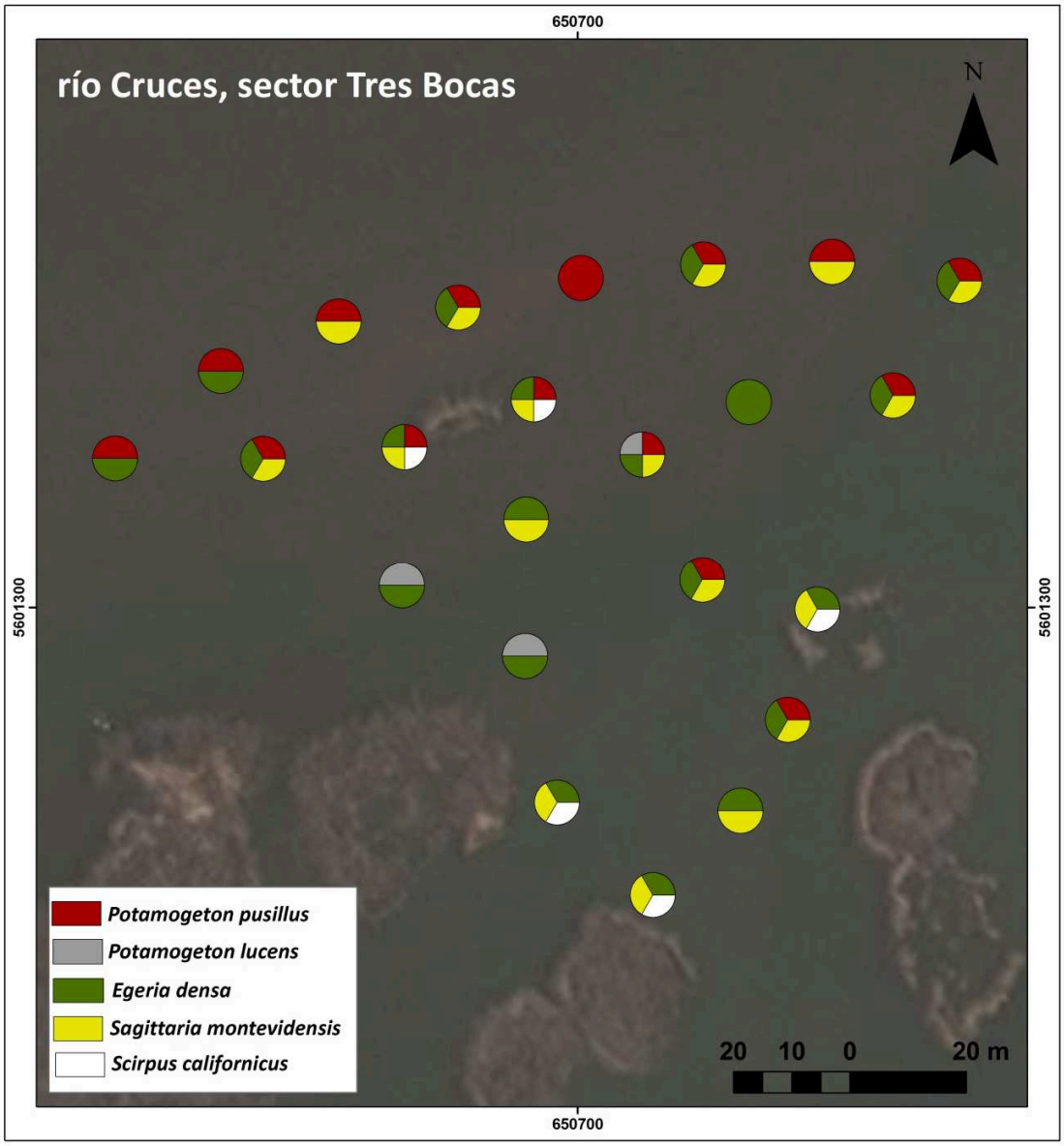


Figura 4.3.32. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector Tres Bocas.

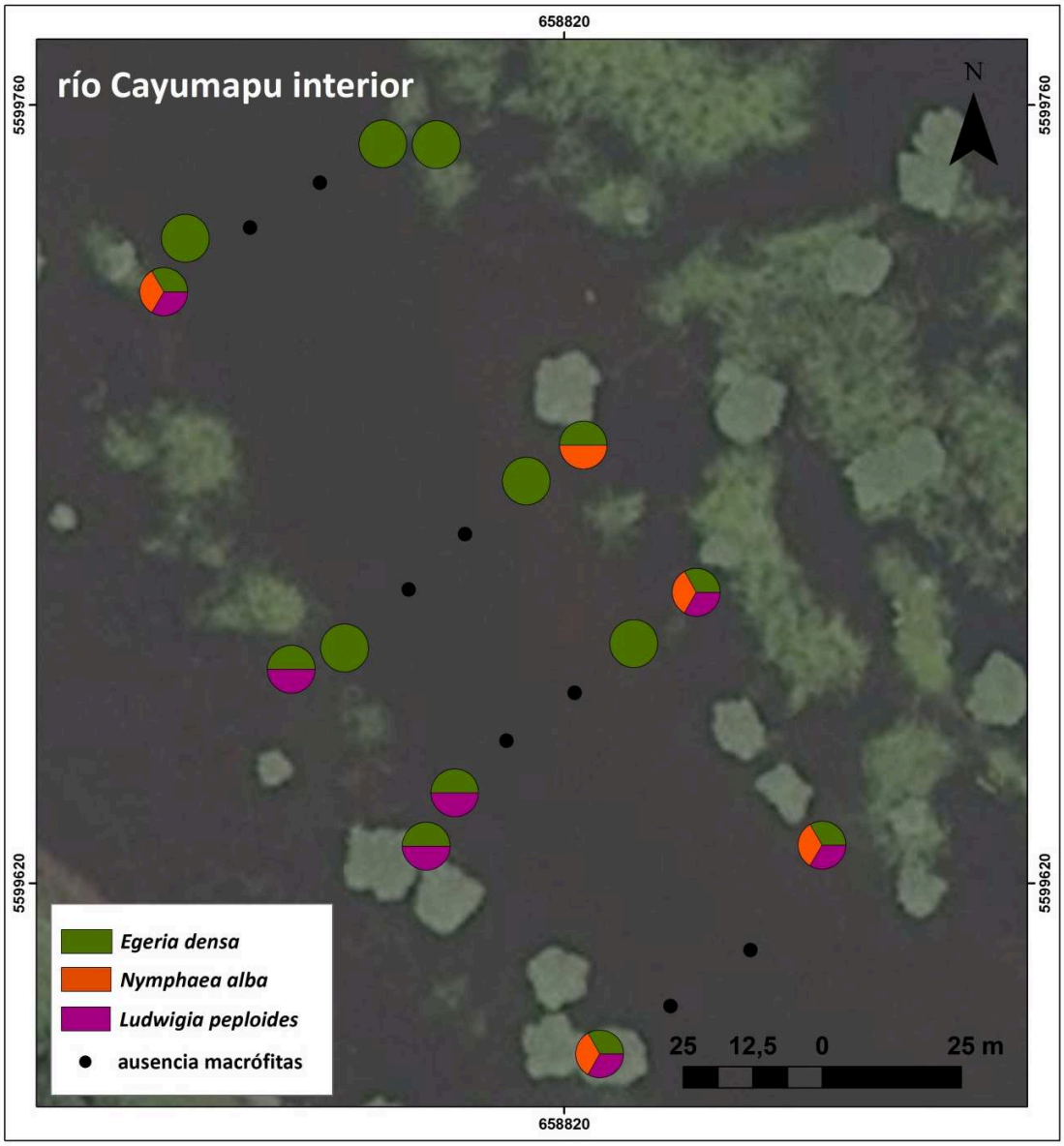


Figura 4.3.33. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cayumapu interior. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) se ubican en el cauce del río.

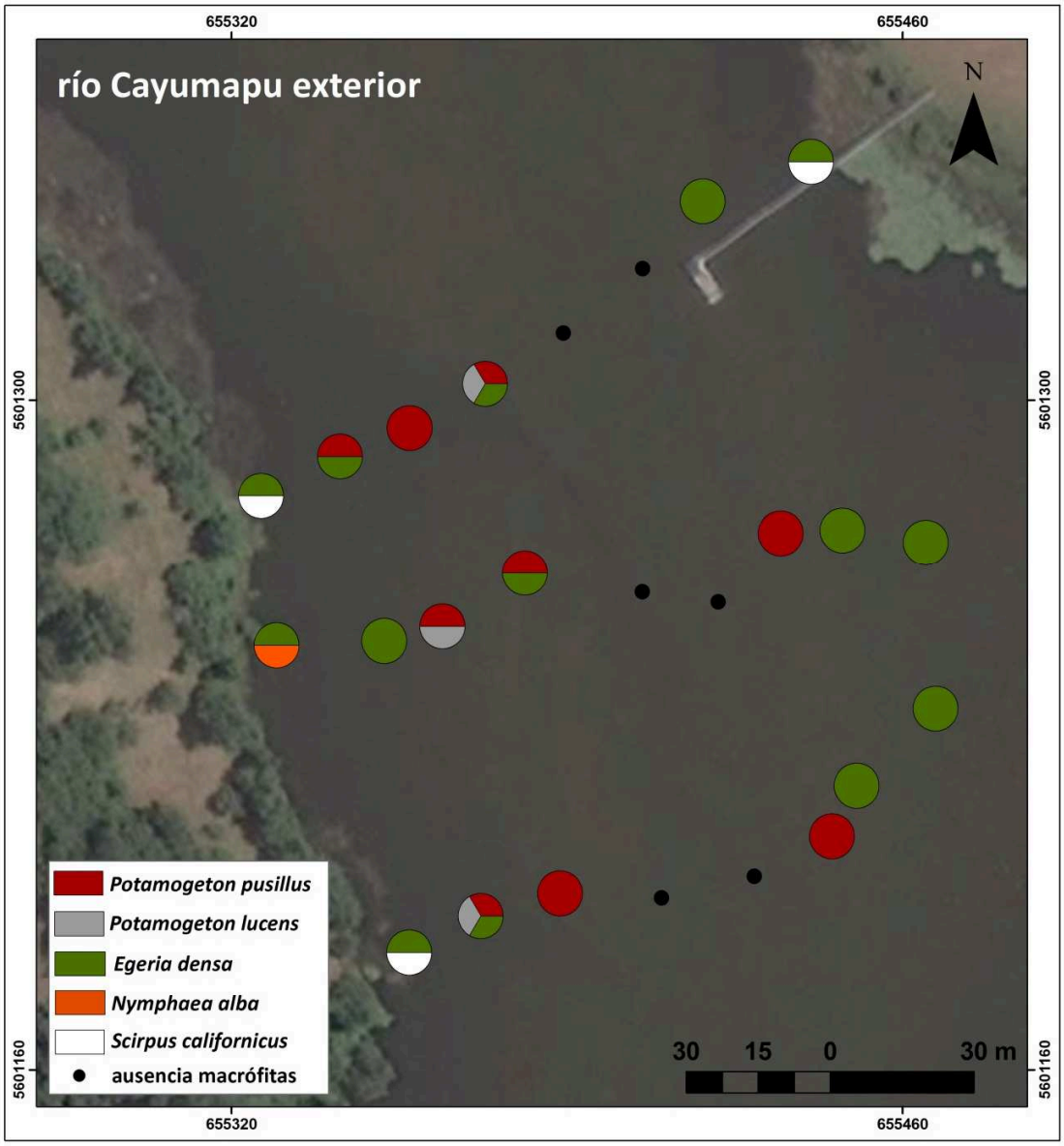


Figura 4.3.34. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cayumapu exterior. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) se ubican en el cauce del río.

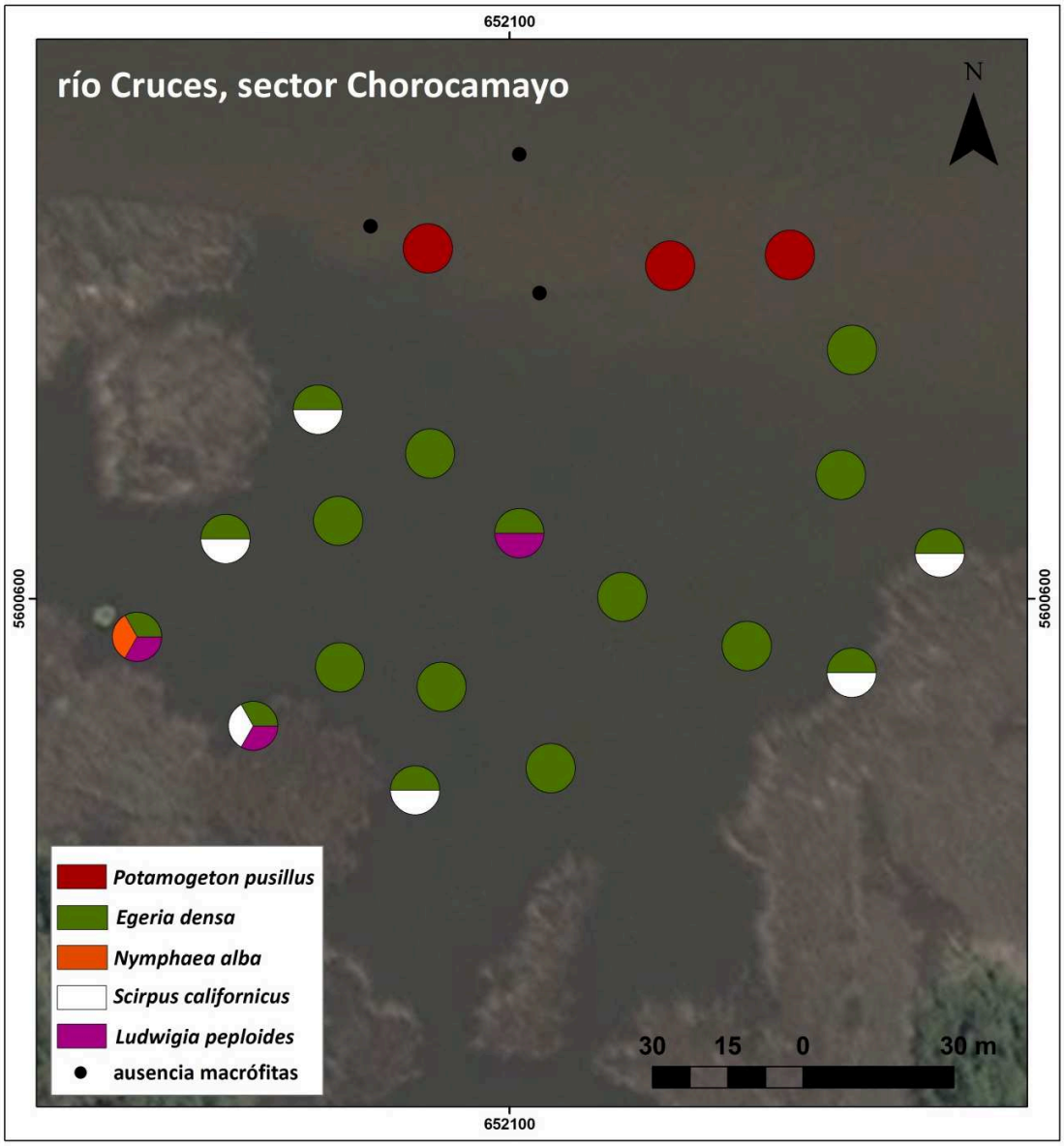


Figura 4.3.35. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector Chorocamayo. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) se ubican en la cercanía del cauce del río el cual se ubica en la parte superior de esta figura.

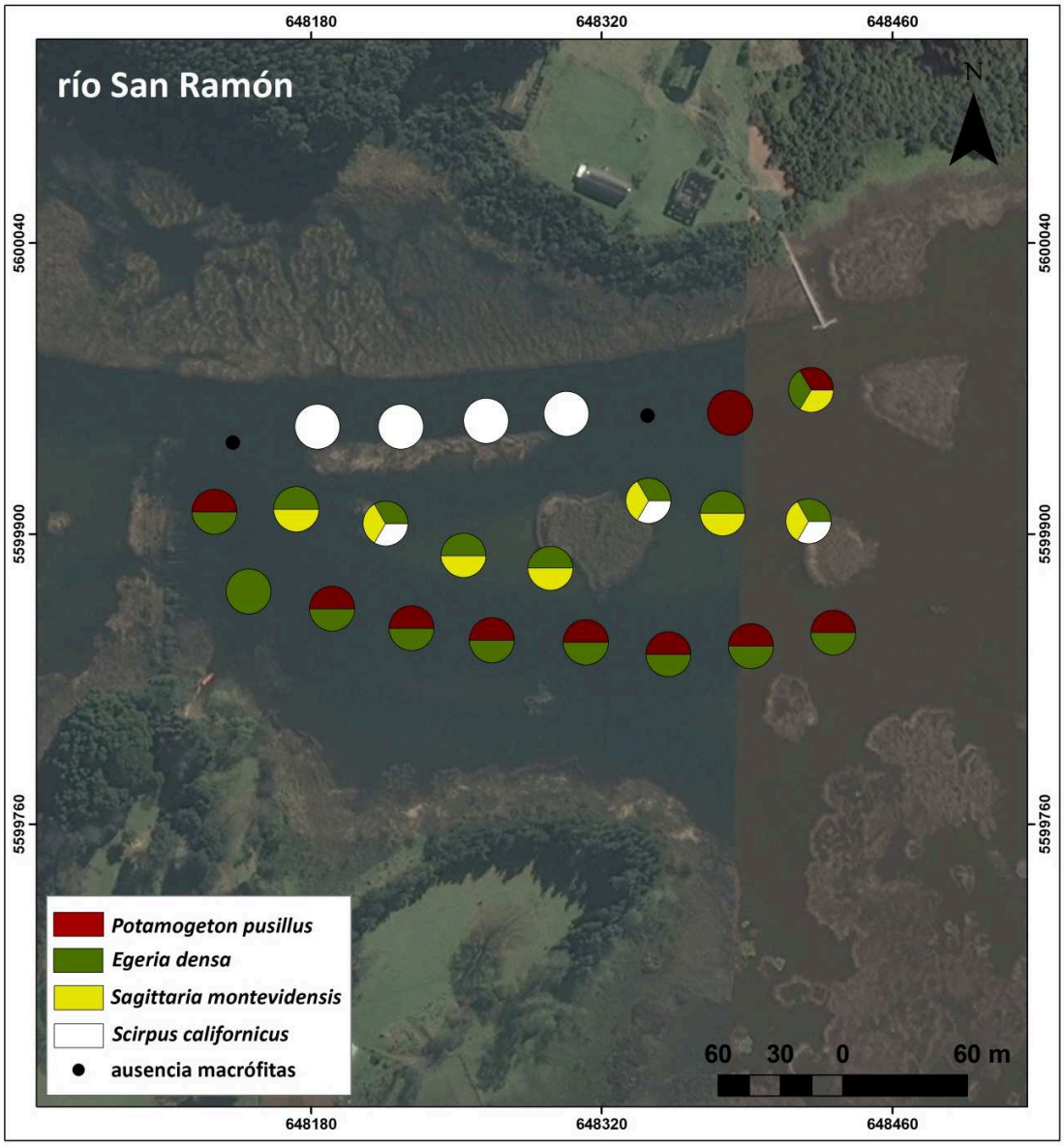


Figura 4.3.36. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río San Ramón. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) se ubican en áreas alejadas de las riberas.

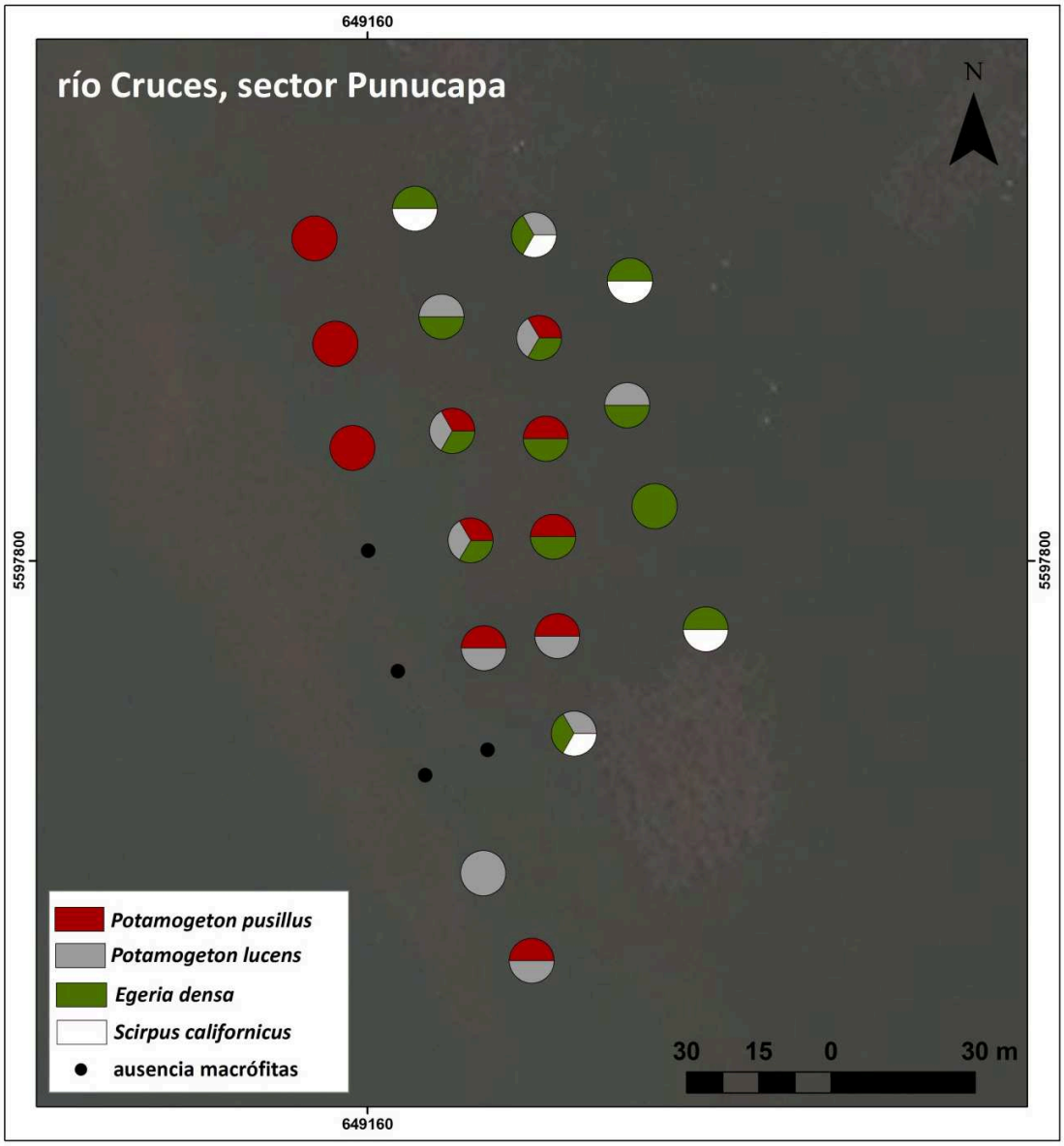


Figura 4.3.37. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector Punucapa. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) se ubican en la cercanía del cauce del río el cual se ubica hacia la izquierda de esta figura.

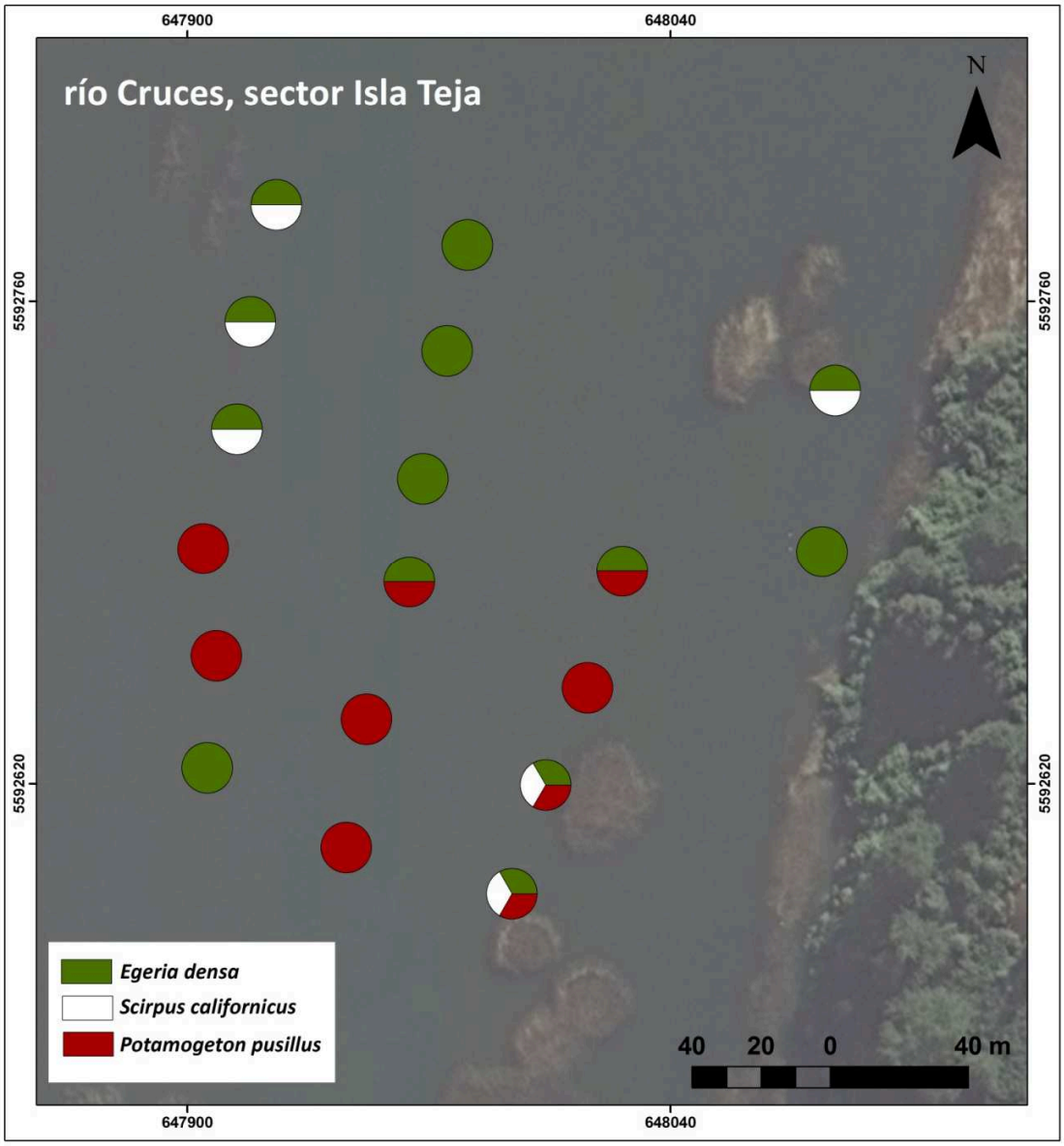


Figura 4.3.38. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Cruces, sector Isla Teja.

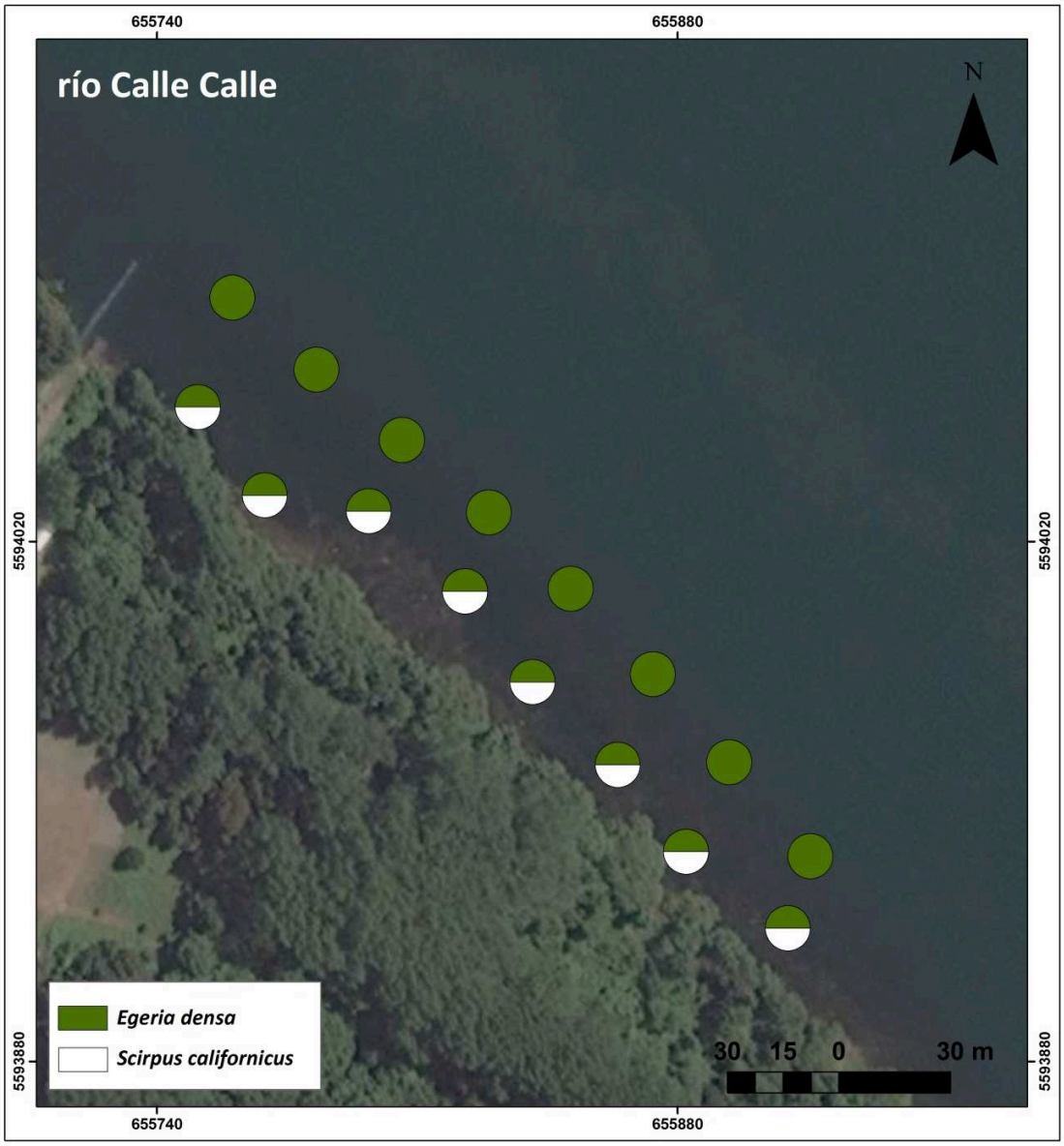


Figura 4.3.39. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Calle Calle, sector Chumpullo.

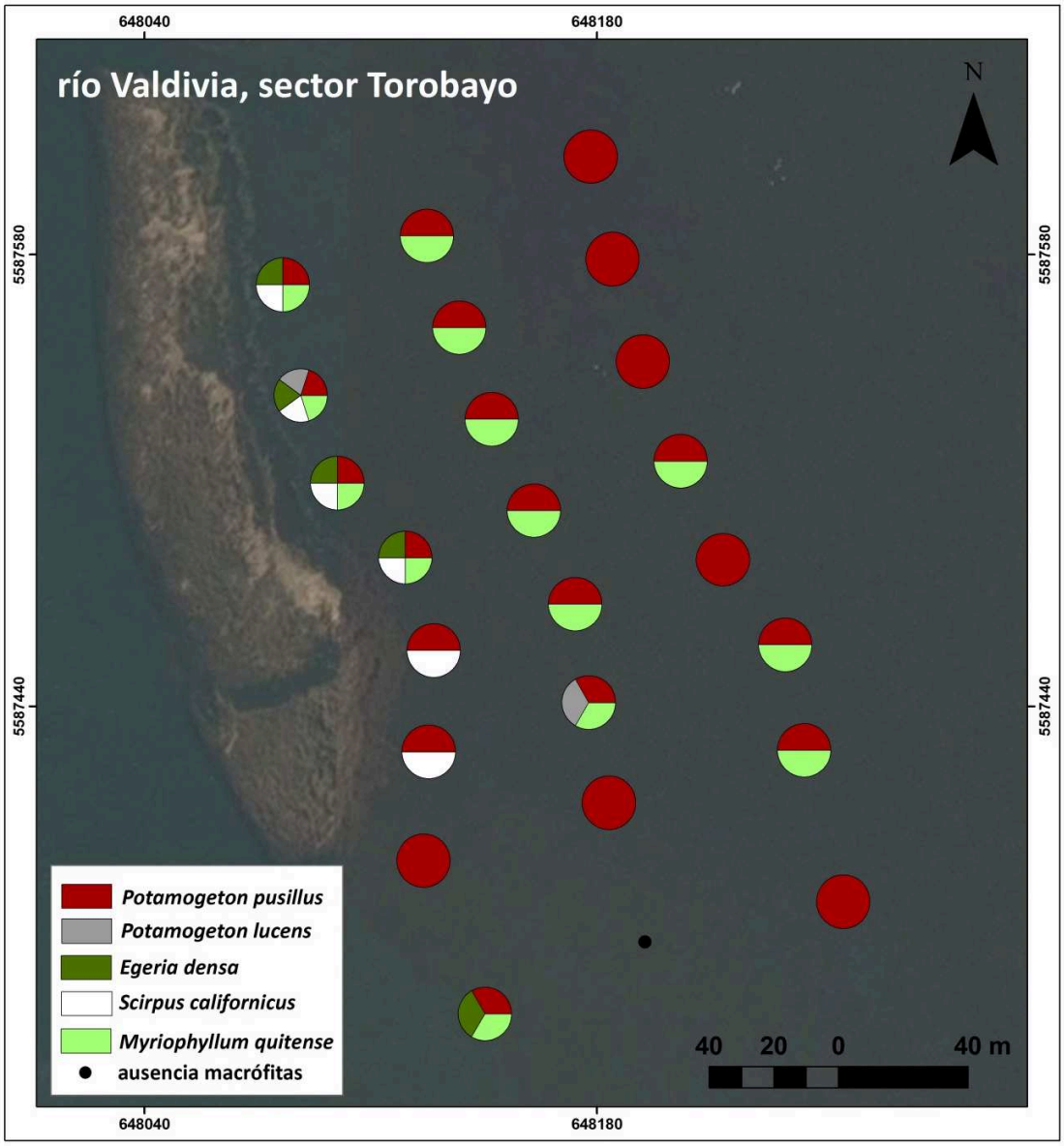


Figura 4.3.40. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Valdivia, sector Torobayo. Nótese que el punto negro (ausencia de macrófitas) se ubica en una zona alejada de la ribera.

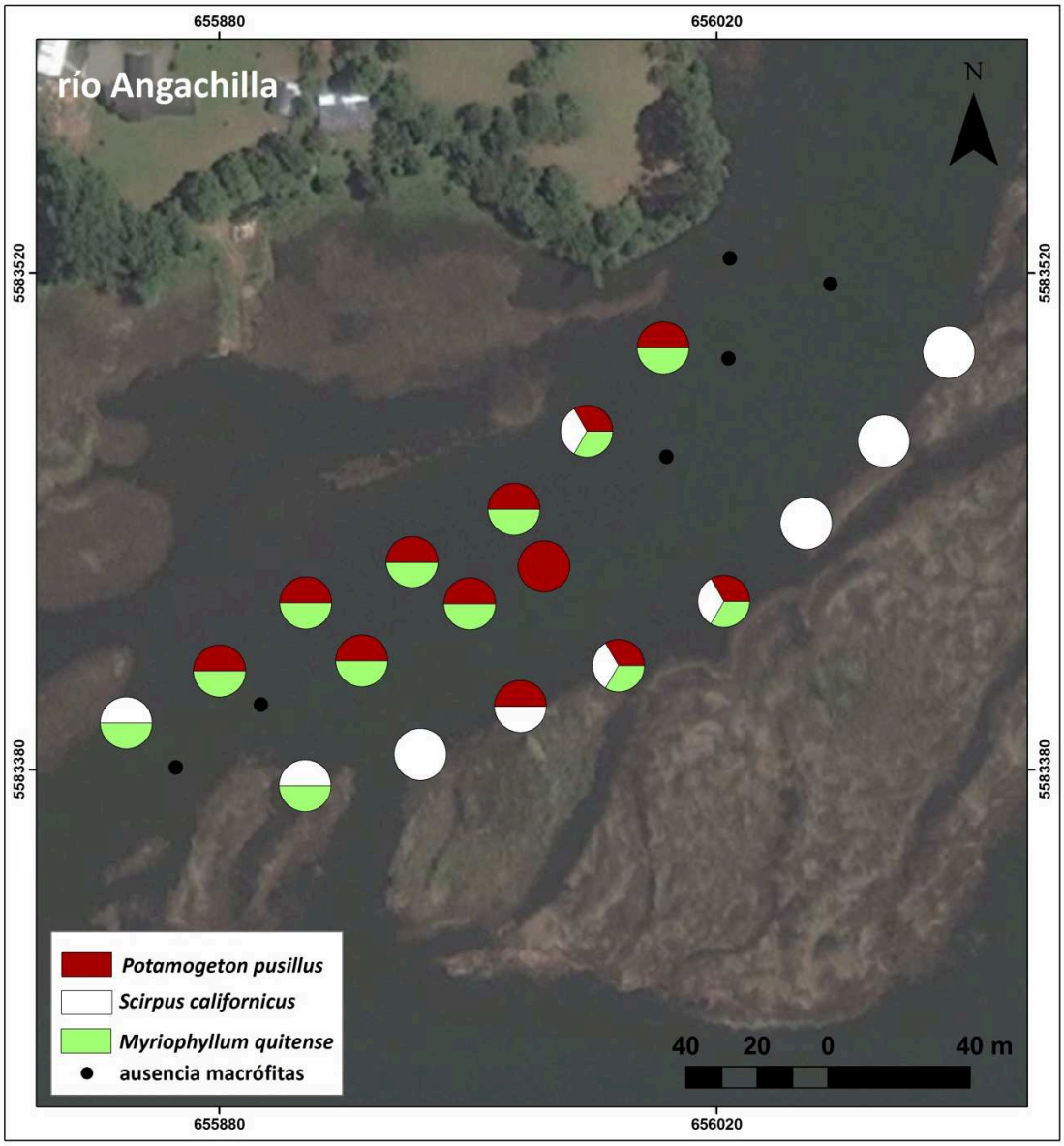


Figura 4.3.41. Zonación o micro distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes en el río Angachilla. Nótese que los puntos negros (ausencia de macrófitas) se ubican en el cauce del río.

4.3.4.2. Relaciones entre Sólidos suspendidos totales, transparencia del agua y cobertura de macrófitas acuáticas

Concentración de Sólidos suspendidos totales (SST)

Las concentraciones promedio de Sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de los sectores ubicados a lo largo del eje central del río Cruces (sectores 1 a 6), variaron entre 1,8 (sector 1 y 5; abril y julio 2012, respectivamente) y 44,5 mg/L (sector 5, marzo 2010). En general, las concentraciones promedio más altas de SST (> 18 mg/L) se midieron en marzo de los años 2010 y 2011, a la vez que las más bajas (< 4,7 mg/L) se detectaron en abril y julio del año 2012 (Tabla 4.3.1).

En los ríos tributarios del humedal (sectores 7 a 12), las concentraciones promedio de SST fluctuaron entre 1,6 (sector 12, julio 2012) y 33,2 mg/L (sector 11, marzo 2010). En su mayoría, las concentraciones promedio más altas (> 23 mg/L) se registraron en marzo de los años 2010 y 2011 y las más bajas (< 3,7 mg/L) en julio de 2012 (Tabla 4.3.1).

Las concentraciones promedio de SST en el agua superficial de los sectores ubicados fuera del humedal (sectores 13 a 15), variaron entre 1,5 (sector 14, marzo 2012) y 17,7 mg/L (sector 13, marzo 2015). La concentración promedio más alta (17,7 mg/L) se registró en marzo del año 2015 y las más bajas (< 2 mg/L) en marzo de los años 2010 y 2012 (Tabla 4.3.1).

Tabla 4.3.1. Variabilidad interanual en la concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de los sectores estudiados durante los años 2009 (marzo), 2010 (marzo), 2011 (marzo), 2012 (febrero, marzo, abril y julio), 2013 (enero y marzo) y 2015 (marzo). Ver Figura 5.2.2 para ubicación de los sectores. SD = Sin Datos.

sectores	estación	Sólidos suspendidos totales (mg/L)									
		2009(m)	2010(m)	2011(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
1) río Cruces y río San	**1**	5,3	2,5	8,8	3,4	4,1	2,5	5,9	2,8	5,4	4,8
José	**2**	1,7	3,3	2,1	4,8	3,1	1,2	5,6	2,7	1,7	3,4
	3	0,5	8,7	2,6	3,4	2,6	SD	7,5	SD	8,3	2,6
	4	2,2	4,3	2,0	5,6	2,2	1,8	8,7	5,4	5,4	2,0
	prom.	**2,4**	**4,7**	**3,9**	**4,3**	**3,0**	**1,8**	**6,9**	**3,6**	**5,2**	**3,2**
2) río Cruces, sector San	**5**	7,0	12,4	5,2	8,0	4,6	SD	9,8	SD	12,0	2,0
Martín	**6**	7,0	7,2	7,2	10,6	15,6	SD	7,2	SD	5,5	2,2
	7	9,5	32,9	14,8	12,2	10,6	4,2	8,3	14,8	3,3	5,4
	10	19,0	29,3	11,8	14,2	27,0	4,8	4,4	3,4	5,6	4,8
	prom.	**10,6**	**20,4**	**9,7**	**11,3**	**14,5**	**4,5**	**7,4**	**9,1**	**6,6**	**3,6**
3) río Cruces (sectores	**25**	15,2	17,6	29,6	18,4	16,2	6,3	2,7	2,9	15,8	8,2
Isla Rialejo y Santa Clara)	**27**	SD	SD	SD	19,3	17,8	SD	1,7	SD	19,5	6,8
	prom.	**15,2**	**17,6**	**29,6**	**18,8**	**17,0**	**6,3**	**2,2**	**2,9**	**17,7**	**7,5**
4) río Cruces	**33**	SD	SD	SD	17,3	16,2	SD	2,9	SD	14,8	8,4
(sector Chorocamayo)	**35**	8,3	23,0	12,2	SD	8,8	SD	6,5	SD	22,9	10,4
	prom.	**8,3**	**23,0**	**12,2**	**17,3**	**12,5**		**4,7**		**18,8**	**9,4**

Continuación **Tabla 4.3.1.**

Sectores	estación	Sólidos suspendidos totales (mg/L)									
		2009(m)	2010(m)	2011(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
5) río Cruces (sectores	**43**	SD	SD	SD	SD	13,3	8,2	2,1	27,3	28,4	10,6
La Dehesa y Punucapa)	**39**	11,3	146,9	22,0	17,9	11,8	SD	2,4	SD	64,8	10,6
	46	16,0	28,0	14,4	22,7	11,8	SD	3,4	SD	15,9	11,2
	44	SD	SD	6,4	SD	10,6	SD	1,7	SD	8,4	10,6
	45	27,0	9,6	4,1	10,8	10,8	SD	1,3	SD	10,0	8,4
	47	7,8	22,6	16,7	10,0	9,5	SD	1,0	SD	11,4	9,8
	48	11,2	15,3	11,7	17,1	9,6	7,4	1,0	19,8	13,2	11,4
	prom.	**14,6**	**44,5**	**12,5**	**15,7**	**11,1**	**7,8**	**1,8**	**23,5**	**21,7**	**10,4**
6) río Cruces	**49**	20,6	2,1	8,4	13,1	10,0	SD	16,1	SD	16,2	12,6
(sector Isla Teja)	**51**	SD	SD	SD	12,4	SD	SD	27,9	SD	9,4	15
	57	SD	SD	SD	12,3	8,0	SD	5,3	SD	8,9	13,4
	64	SD	SD	SD	12,1	7,6	SD	3,9	SD	36,8	14,8
	69	14,6	6,0	19,7	11,9	6,9	8,3	4,0	10,4	7,3	14,4
	71	8,1	2,0	27,0	11,4	5,7	SD	4,4	SD	9,4	6,4
	prom.	**14,4**	**3,4**	**18,4**	**12,2**	**7,6**	**8,3**	**10,2**	**10,4**	**14,7**	**12,8**
7) ríos Cudico, Nanihue y	**14**	8,9	8,6	22,8	11,0	13,3	SD	2,6	SD	3,3	4,8
San Antonio	**13**	9,7	26,3	34,6	37,0	20,5	SD	3,1	SD	17,7	4,6
	11	SD	SD	SD	18,6	18,4	SD	2,9	SD	12,4	5,8
	12	15,1	13,8	32,3	45,0	7,6	SD	3,3	SD	9,2	6
	8	18,3	22,3	40,6	18,6	11,5	6,1	3,1	16,0	8,5	9,8
	9	18,3	43,5	12,9	28,2	26,8	6,6	7,1	31,5	8,1	8,2
	prom.	**14,1**	**22,9**	**28,6**	**26,4**	**16,3**	**6,4**	**3,7**	**23,7**	**9,9**	**6,5**

Continuación **Tabla 4.3.1.**

Sectores	estación	Sólidos suspendidos totales (mg/L)									
		2009(m)	2010(m)	2011(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
8) río Pichoy	**23**	11,8	24,5	35,5	17,0	16,6	SD	3,1	SD	6,7	6,8
(interior y exterior)	**21**	SD	SD	SD	17,0	16,0	SD	3,3	SD	16,3	7,0
	26	15,0	14,3	33,2	13,6	19,7	SD	4,3	SD	16,7	8,0
	22	13,6	13,3	25,4	13,5	9,1	7,0	3,6	7,0	14,3	7,4
	17	7,3	20,0	37,4	6,5	13,2	8,0	4,3	17,0	11,5	13,2
	19	SD	SD	SD	6,5	9,7	SD	4,0	SD	15,3	7,2
	prom.	**11,9**	**18,0**	**32,9**	**12,3**	**14,1**	**7,5**	**3,8**	**12,0**	**13,5**	**8,3**
9) río Cayumapu	**30**	7,3	19,0	12,8	27,2	15,1	SD	6,5	SD	14,6	7,2
(interior y exterior)	**32**	15,3	13,3	SD	20,5	15,0	5,3	1,1	2,7	13,7	7,4
	34	SD	SD	13,6	23,3	13,5	SD	8,6	SD	9,3	5,6
	40	14,5	36,7	33,5	15,4	6,9	4,5	3,2	15,7	4,6	3,6
	prom.	**12,4**	**23,0**	**20,0**	**21,6**	**12,6**	**4,9**	**4,9**	**9,2**	**10,6**	**6,0**
10) río Santa María	**18**	12,5	23,8	20,0	24,2	21,6	9,3	7,2	20,4	16,2	7,2
(interior y exterior)	**16**	17,3	31,3	28,9	31,0	26,1	SD	14,2	SD	17,7	6
	15	12,2	34,8	35,0	28,8	19,3	SD	1,7	SD	13,6	7,2
	prom.	**14,0**	**30,0**	**28,0**	**28,0**	**22,3**	**9,3**	**7,7**	**20,4**	**15,8**	**6,8**
11) río Tambillo	**31**	SD	SD	SD	22,7	14,0	SD	3,4	SD	19,0	28,4
(interior y exterior)	**29**	12,4	62,0	23,2	12,0	11,8	6,5	11,4	32,4	17,6	7,2
	28	13,8	15,5	15,0	33,0	SD	SD	2,0	SD	14,6	7,6
	24	SD	SD	SD	11,3	SD	4,2	1,5	8,8	14,1	5,8
	20	11,5	22,1	21,1	18,8	14,4	SD	1,3	SD	18,2	4,2
	prom.	**12,6**	**33,2**	**19,8**	**19,5**	**13,4**	**5,3**	**3,9**	**20,6**	**16,7**	**10,6**

Continuación **Tabla 4.3.1.**

Sectores	estación	Sólidos suspendidos totales (mg/L)									
		2009(m)	2010(m)	2011(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
12) río San Ramón	**37**	11,0	18,0	6,3	22,2	12,8	SD	1,7	SD	15,8	8,8
(interior y exterior)	**41**	12,8	8,4	3,5	24,1	11,4	SD	1,2	SD	15,3	10,2
	42	SD	SD	SD	42,4	12,0	SD	1,8	SD	13,0	11,2
	36	14,5	30,3	9,8	18,4	12,4	5,8	1,0	4,4	15,8	SD
	38	23,7	15,6	20,3	17,6	16,8	SD	2,3	SD	16,0	7,6
	prom.	**15,5**	**18,1**	**10,0**	**24,9**	**13,1**	**5,8**	**1,6**	**4,4**	**15,2**	**9,4**
13) canal mareal Cau Cau	**52**	5,4	2,1	17,5	10,0	2,4	SD	10,9	SD	5,4	15,6
	55	4,1	1,9	5,1	6,7	7,1	SD	7,8	SD	3,8	19,8
	prom.	**4,7**	**2,0**	**11,3**	**8,3**	**4,7**		**9,4**		**4,6**	**17,7**
14) río Calle Calle	**50**	1,5	1,6	2,4	2,6	1,4	2,8	6,0	1,5	1,3	2,2
	53	1,7	1,8	2,9	27,5	1,7	SD	6,1	SD	2,2	2,6
	54	2,6	SD	2,7	2,8	1,4	SD	6,3	SD	1,4	3,2
	58	1,7	SD	1,6	2,2	1,2	SD	4,9	SD	2,4	2,8
	68	9,8	8,0	2,7	1,6	1,4	SD	5,0	SD	3,8	3,6
	66	10,4	SD	2,0	4,4	2,2	SD	6,5	SD	2,0	4,2
	63	3,4	3,5	2,9	3,1	1,3	SD	5,1	SD	2,9	2,8
	60	4,0	SD	7,5	3,9	SD	1,4	5,8	2	5,4	3,4
	prom.	**4,4**	**3,7**	**3,1**	**6,0**	**1,5**	**2,1**	**5,7**	**1,8**	**2,7**	**3,1**

Continuación **Tabla 4.3.1.**

Sectores	estación	Sólidos suspendidos totales (mg/L)									
		2009(m)	2010(m)	2011(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
15) río Valdivia	**56**	4,2	1,8	7,4	3,7	1,7	1,1	7,3	1,5	2,9	4,4
	59	3,6	SD	18,9	5,1	1,8	SD	5,5	SD	8,4	5,8
	61	4,2	SD	12,6	2,9	1,7	SD	5,1	SD	2,7	5,2
	62	4,2	SD	9,3	3,8	2,8	SD	14,6	SD	3,5	6,0
	65	3,6	SD	4,6	4,4	3,2	3,0	7,3	2,5	4,4	8,6
	67	4,4	1,8	14,2	6,5	3,9	SD	7,9	SD	9,8	6,6
	70	5,9	SD	14,3	11,1	3,3	SD	7,7	SD	2,8	7,0
	prom.	**4,3**	**1,8**	**11,6**	**5,3**	**2,6**	**2,1**	**7,9**	**2,0**	**4,9**	**6,2**

Transparencia del agua

La transparencia promedio del agua a lo largo del eje central del río Cruces (sectores 1 a 6), fluctuó entre 0,4 (sector 3, marzo 2010) y 4,9 m (sector 1, abril 2012); en general, los valores más bajos de transparencia (< a 1,1 m), se registraron en marzo de los años 2009 y 2010, mientras que los más altos (> a 2,1 m) se registraron entre abril y julio de 2012 (Tabla 4.3.2).

En los ríos tributarios del humedal (sectores 7 a 12), la transparencia promedio varió entre 0,4 (sector 11, marzo 2010) y 2,6 m (sector 10, julio 2012); los valores más bajos de transparencia (< 0,7 m) se encontraron en marzo 2010 y los más altos (> 1,9 m) entre abril 2012 y marzo 2015 (Tabla 4.3.2).

En los sectores ubicados fuera del HRC, los valores promedio de transparencia, fluctuaron entre 1,2 (sector 13, marzo 2015) y 6,8 m (sector 14, enero 2013); el valor más bajo de transparencia (1,2 m) se encontró en marzo 2015 y los más altos (> 1,9 m) entre marzo 2012 y enero 2013 (Tabla 4.3.2).

Tabla 4.3.2. Variabilidad interanual de la transparencia del agua de los sectores estudiados durante los años 2009 (marzo), 2010 (marzo), 2011 (marzo), 2012 (febrero, marzo, abril y julio), 2013 (enero y marzo) y 2015 (marzo). Ver Figura 5.2.2 para ubicación de los sectores. SD = Sin Datos.

sectores	estación	transparencia (m)								
		2009(m)	2010(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
1) río Cruces y río San	**1**	1,7	2,9	3,3	1,9	5,0	2,8	2,5	2,8	2,0
José	**2**	4,2	SD	1,6	3,9	5,5	1,9	4,3	5,3	2,7
	3	4, 0	4,2	2,1	3,4	SD	2,1	SD	2,4	2,6
	4	2,5	2,3	2,4	3,1	4,2	2,1	3,4	3,8	3,5
	prom.	**2,8**	**3,1**	**2,3**	**3,1**	**4,9**	**2,2**	**3,4**	**3,6**	**2,7**
2) río Cruces (sector San	**5**	0,7	1,6	2,0	2,4	SD	1,8	SD	1,2	2,4
Martín)	**6**	1,3	1,5	1,9	1,5	SD	1,9	SD	2,4	2,9
	7	1,2	1,0	1,3	1,8	3,4	2,4	1,5	3,0	2,4
	10	1,0	0,5	1,5	0,9	2,8	2,1	1,6	3,1	1,9
	prom.	**1,1**	**1,1**	**1,7**	**1,7**	**3,1**	**2,0**	**1,6**	**2,4**	**2,4**
3) río Cruces (sectores	**25**	1,0	0,4	1,2	1,4	1,9	2,7	0,7	1,2	1,8
Isla Rialejo y Santa Clara)	**27**	SD	SD	1,0	1,4	SD	2,5	SD	1,5	2,1
	prom.	**1,0**	**0,4**	**1,1**	**1,4**	**1,9**	**2,6**	**0,7**	**1,4**	**1,9**
4) río Cruces	**33**	SD	SD	1,0	1,2	SD	2,3	SD	1,2	2,2
(sector Chorocamayo)	**35**	1,5	0,5	1,0	1,1	SD	2,0	SD	1,5	1,9
	prom.	**1,5**	**0,5**	**1,0**	**1,1**		**2,1**		**1,4**	**2,0**

Continuación **Tabla 4.3.2.**

Sectores	estación	transparencia (m)								
		2009(m)	2010(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
5) río Cruces (sectores	**43**	SD	SD	SD	1,7	2,0	2,8	0,8	1,6	2,1
La Dehesa y Punucapa)	**39**	1,5	SD	1,2	SD	SD	2,6	SD	1,0	1,45
	46	1,0	SD	1,0	1,5	SD	2,0	SD	0,9	1,3
	44	SD	0,5	SD	1,6	SD	2,2	SD	0,8	2,0
	45	0,7	SD	SD	1,4	SD	2,3	SD	0,8	2,3
	47	1,2	0,5	1,5	1,4	SD	2,1	SD	1,8	2,9
	48	1,6	0,8	1,5	1,4	2,2	2,9	0,9	1,8	1,6
	prom.	**1,2**	**0,6**	**1,3**	**1,5**	**2,1**	**2,4**	**0,9**	**1,2**	**2,0**
6) río Cruces	**49**	0,7	1,0	1,7	1,6	SD	1,9	SD	1,1	2,0
(sector Isla Teja)	**51**	SD	SD	2,0	2,2	SD	2,1	SD	2,2	1,7
	57	SD	SD	1,9	2,4	SD	2,4	SD	2,2	2,0
	64	SD	SD	1,9	2,5	SD	2,0	SD	1,7	1,6
	69	1,4	0,9	1,9	2,4	2,5	2,3	1,1	1,9	2,4
	71	2,1	0,9	2,3	2,9	SD	2,1	SD	2,1	2,7
	prom.	**1,4**	**0,9**	**1,9**	**2,3**	**2,5**	**2,1**	**1,1**	**1,8**	**2,1**
7) ríos Cudico, Nanihue y	**14**	1,1	0,8	1,0	1,1	SD	3,3	SD	1,1	2,5
San Antonio	**13**	1,0	0,6	1,1	1,0	SD	1,9	SD	1,5	2,9
	11	1,0	0,5	1,2	1,2	SD	2,2	SD	1,1	1,7
	12	SD	0,6	0,8	1,7	SD	2,6	SD	1,8	2,5
	8	1,0	SD	1,2	1,2	1,7	1,8	1,1	1,1	1,9
	9	0,8	0,4	1,1	0,6	1,9	1,2	0,7	1,4	1,9
	prom.	**1,0**	**0,6**	**1,1**	**1,1**	**1,8**	**2,2**	**0,9**	**1,3**	**2,2**

Continuación **Tabla 4.3.2.**

Sectores	estación	transparencia (m)								
		2009(m)	2010(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
8) río Pichoy	**23**	1,1	0,6	1,0	1,2	SD	1,7	SD	1,0	2,5
(interior y exterior)	**21**	SD	SD	1,0	1,2	SD	2,3	SD	1,1	2,3
	26	1,1	0,5	1,3	1,1	SD	2,0	SD	1,0	2,1
	22	1,2	0,6	1,3	1,1	2,0	1,8	0,9	1,0	1,5
	17	1,0	0,7	1,3	1,5	1,7	1,9	0,6	1,0	1,1
	19	SD	SD	1,4	1,6	SD	1,9	SD	1,0	1,5
	prom.	**1,1**	**0,6**	**1,2**	**1,2**	**1,9**	**1,9**	**0,8**	**1,0**	**1,8**
9) río Cayumapu	**30**	1,0	0,6	0,8	1,2	SD	2,4	SD	1,5	2,1
(interior y exterior)	**32**	SD	SD	0,8	1,5	SD	2,5	0,8	1,1	2,5
	34	SD	0,6	1,1	1,2	SD	2,2	SD	1,6	2,4
	40	1,2	0,8	1,7	1,3	2,3	2,2	1,1	1,6	3,5
	prom.	**1,1**	**0,7**	**1,1**	**1,3**	**2,3**	**2,3**	**1,0**	**1,5**	**2,6**
10) río Santa María	**18**	1,0	SD	1,1	0,8	2,0	3,4	0,9	1,1	2,2
(interior y exterior)	**16**	0,9	0,5	1,0	0,8	SD	2,6	SD	1,1	2,4
	15	1,2	0,5	1,0	0,9	SD	1,9	SD	1,1	2,6
	prom.	**1,0**	**0,5**	**1,0**	**0,8**	**2,0**	**2,6**	**0,9**	**1,1**	**2,4**
11) río Tambillo	**31**	SD	SD	1,0	1,4	SD	2,6	SD	1,3	2,0
(interior y exterior)	**29**	1,1	SD	1,2	1,6	2,3	3,1	0,7	1,6	2,1
	28	0,5	0,4	0,9	1,5	SD	2,5	SD	1,3	2,8
	24	SD	SD	1,4	1,5	2,5	2,2	0,8	1,5	3,4
	20	1,1	0,4	1,0	1,6	SD	1,2	SD	1,3	3,3
	prom.	**0,9**	**0,4**	**1,1**	**1,5**	**2,4**	**2,3**	**0,8**	**1,4**	**2,7**

Continuación **Tabla 4.3.2.**

Sectores	estación	transparencia (m)								
		2009(m)	2010(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
12) río San Ramón	**37**	1,3	0,5	0,9	1,7	SD	2,2	SD	1,8	2,1
(interior y exterior)	**41**	0,6	0,5	0,9	1,4	SD	2,2	SD	1,1	2,0
	42	SD	SD	0,8	1,5	SD	0,9	SD	1,7	1,9
	36	1,1	0,7	1,2	1,2	2,2	1,9	0,8	1,4	2,2
	38	0,5	SD	SD	1,7	SD	2,0	SD	1,4	2,2
	prom.	**0,8**	**0,6**	**0,9**	**1,5**	**2,2**	**1,8**	**0,8**	**1,5**	**2,0**
13) canal mareal Cau Cau	**52**	2,8	SD	SD	2,6	SD	2,1	SD	2,9	1,2
	55	1,7	SD	SD	4,2	SD	2,0	SD	1,4	1,1
	prom.	**2,3**			**3,4**		**2,1**		**2,2**	**1,2**
14) río Calle Calle	**50**	4,3	4,6	4,3	5,2	5,8	2,8	7,1	5,1	3,6
	53	4,2	4,5	4,7	7,0	SD	2,5	SD	5,2	4,5
	54	4,2	3,4	4,4	7,0	SD	2,6	SD	5,4	3,5
	58	4,0	3,8	4,7	6,4	SD	2,3	SD	5,3	3,5
	68	3,6	3,3	3,4	6,0	SD	3,2	SD	5,2	3,5
	66	3,0	4,1	3,7	5,3	SD	2,1	SD	5,1	3,2
	63	3,4	3,8	3,9	6,2	SD	2,2	SD	5,3	3,0
	60	3,2	SD	3,8	6,1	4,7	2,0	6,4	5,1	3,1
	prom.	**3,7**	**3,9**	**4,1**	**6,2**	**5,3**	**2,4**	**6,8**	**5,2**	**3,5**

Continuación **Tabla 4.3.2.**

Sectores	estación	transparencia (m)								
		2009(m)	2010(m)	2012(f)	2012(m)	2012(a)	2012(j)	2013(e)	2013(m)	2015(m)
15) río Valdivia	**56**	3,0	3,6	2,9	4,6	3,7	2,5	4,6	4,8	3,0
	59	2,2	SD	3,0	5,1	SD	2,2	SD	4,1	2,6
	61	2,3	3,7	3,1	5,4	SD	2,3	SD	4,0	2,8
	62	2,6	3,3	2,9	5,5	SD	2,1	SD	3,6	2,6
	65	2,0	2,0	3,1	4,0	2,8	1,9	4,1	3,5	3,0
	67	2, 6	1,9	2,3	3,0	SD	2,8	SD	3,3	2,8
	70	2, 4	SD	2,4	2,7	SD	2,7	SD	3,8	2,8
	prom.	**2,4**	**2,9**	**2,8**	**4,3**	**3,3**	**2,3**	**4,4**	**3,8**	**2,8**

Relaciones concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia del agua

La Tabla 4.3.3 muestra los valores de r^2 y p, resultantes de los análisis de regresión llevados a cabo para evaluar la relación entre concentración de SST y transparencia del agua en el área de estudio.

Sólo en tres de los sectores del eje central del río Cruces (sectores 1 a 6) se detectaron correlaciones significativas ($p < 0,05$) (Tabla 4.3.3); *i.e.*, en los sectores 2, 4 y 5, la transparencia del agua estuvo significativa e inversamente correlacionada con la concentración de SST (Fig. 4.3.42).

Los análisis de regresión llevados a cabo con los datos de SST y transparencia del agua correspondientes a los ríos tributarios del humedal muestran correlaciones significativas ($p < 0,05$) para todos los sectores, con excepción del 12 (río San Ramón) (Tabla 4.3.3); *i.e.*, la transparencia del agua fue menor cuando las concentraciones de SST fueron más altas (Fig. 4.3.43).

Sólo en uno de los sectores estudiados fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (sector 14, río Calle Calle), se detectó una correlación significativa ($p < 0,05$) e inversa entre transparencia del agua y concentración de SST (Tabla 4.3.3 y Fig. 4.3.44).

La inclusión de los datos de concentración de SST y transparencia del agua en dos grupos (humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y fuera del humedal del río Cruces) resultó en valores de r^2 más bajos que los obtenidos cuando se analizan los sectores por separado; aun así, las correlaciones fueron significativas ($p < 0,05$) (Tabla 4.3.3) e inversas en ambos casos (Fig. 4.3.45). Es decir, en el área de estudio, la transparencia del agua está significativa e inversamente correlacionada con la concentración de Sólidos suspendidos totales en la misma. Nótese que los valores más altos de transparencia del agua fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios fueron aproximadamente dos veces más altos

que los medidos dentro del humedal; a su vez, las concentraciones más altas de SST dentro del área del humedal y sus ríos tributarios fueron también cerca de dos veces más altas que las medidas fuera de éste.

Tabla 4.3.3. Valores de r^2 y p, resultantes de los análisis de regresión lineal entre las variables transparencia y concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) para cada uno de los sectores, el total de aquellos que conforman el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (sectores 1 a 12) y el total de sectores que se ubican fuera del humedal (sectores 13 al 15 o canal mareal Cau Cau y ríos Calle Calle y Valdivia, respectivamente). Para realizar estos análisis se utilizaron los valores promedio de SST y transparencia del agua (ver Tablas 4.3.1 y 4.3.2). Se destacan en negrita y subrayado los valores de p que son significativos ($p < 0,05$).

sectores	**transparencia *vs*. SST**	
	r^2	**p**
eje central del río Cruces		
1) río San José	0,28	0,140
2) río Cruces, sector San Martín	0,59	**0,016**
3)río Cruces, sectores Isla Rialejo y Santa Clara	0,27	0,148
4) río Cruces, sector Chorocamayo	0,73	**0,014**
5) río Cruces, sectores La Dehesa y Punucapa	0,78	**0,002**
6) río Cruces, sector Isla Teja	0,03	0,655
ríos tributarios del humedal del río Cruces		
7) ríos Cudico, Nanihue y sector San Antonio	0,65	**0,009**
8) río Pichoy	0,81	**<0,001**
9) río Cayumapu	0,64	**0,009**
10) río Santa María	0,76	**0,002**
10) río Tambillo	0,69	**0,005**
12) río San Ramón	0,29	0,133
fuera del humedal del río Cruces		
13) canal Mareal Cau Cau	0,63	0,110
14) río Calle Calle	0,66	**0,008**
15) río Valdivia	0,34	0,103
humedal del río Cruces y sus ríos tributarios	0,48	**<0,001**
fuera del humedal del río Cruces	0,44	**<0,001**

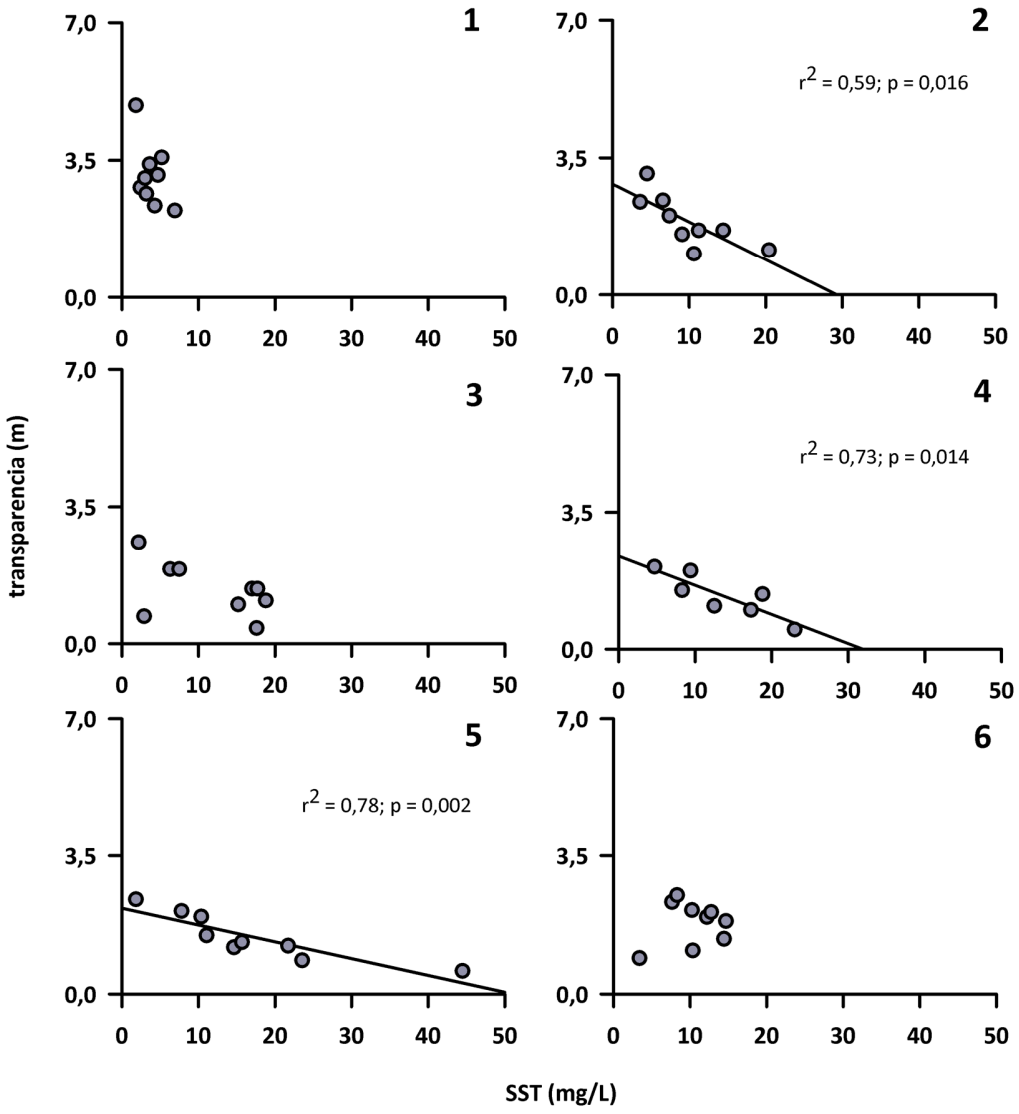


Figura 4.3.42. Relación entre la transparencia del agua y la concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) en los sectores del eje central del río Cruces. Estos se indican con el número ubicado en el costado superior derecho de cada gráfico (*cf.,* Fig. 4.3.5). Se incluyen las líneas de tendencia, valores de r^2 y p, solo en aquellas comparaciones para las cuales se detectaron relaciones significativas entre las variables analizadas.

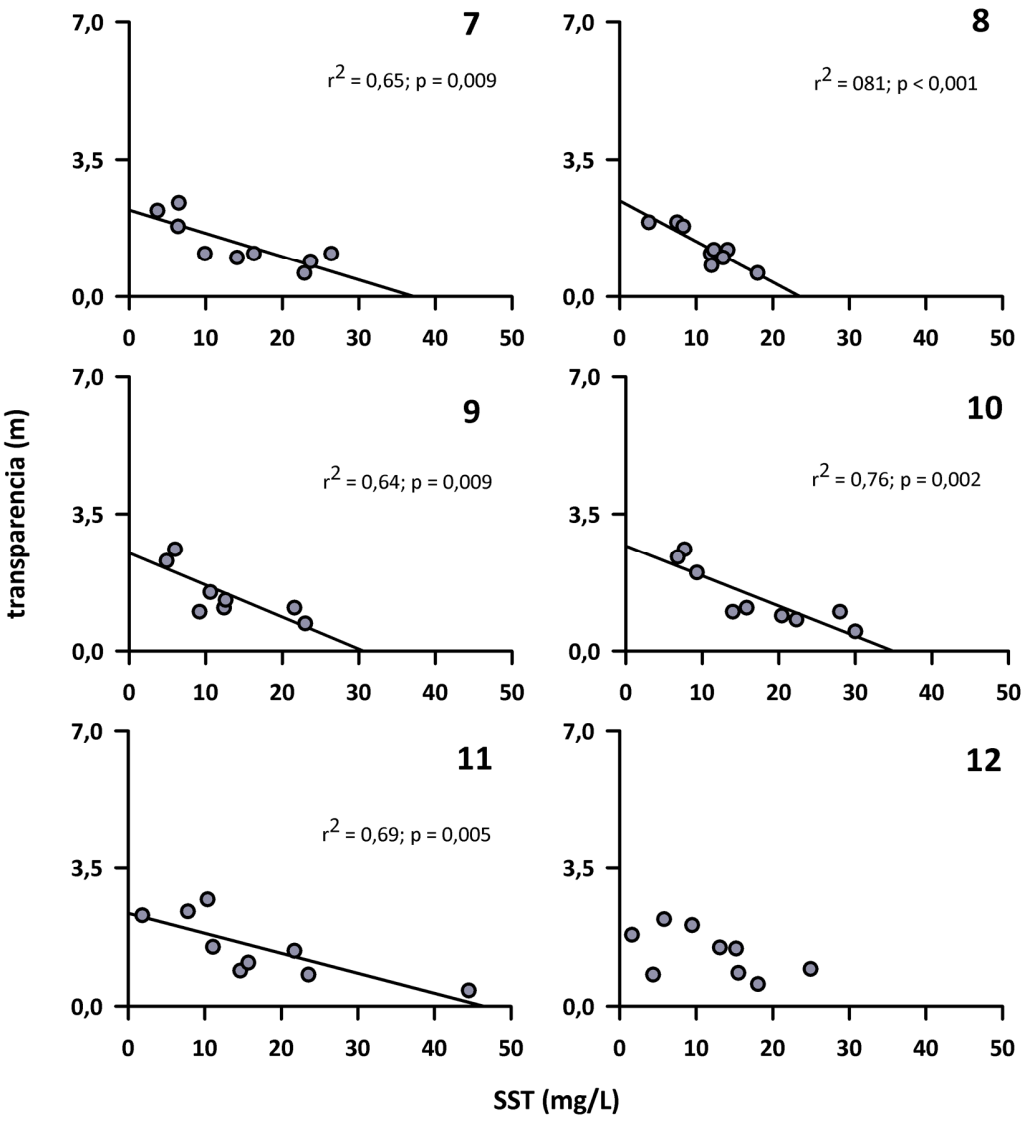


Figura 4.3.43. Relación entre la transparencia del agua y concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) dentro de cada sector de los ríos tributarios del humedal del río Cruces. Estos se indican con el número ubicado en el costado superior derecho de cada gráfico (*cf.,* Fig. 4.3.5). Se incluyen las líneas de tendencia, valores de r^2 y p, solo en aquellas comparaciones para las cuales se detectaron relaciones significativas entre las variables analizadas.

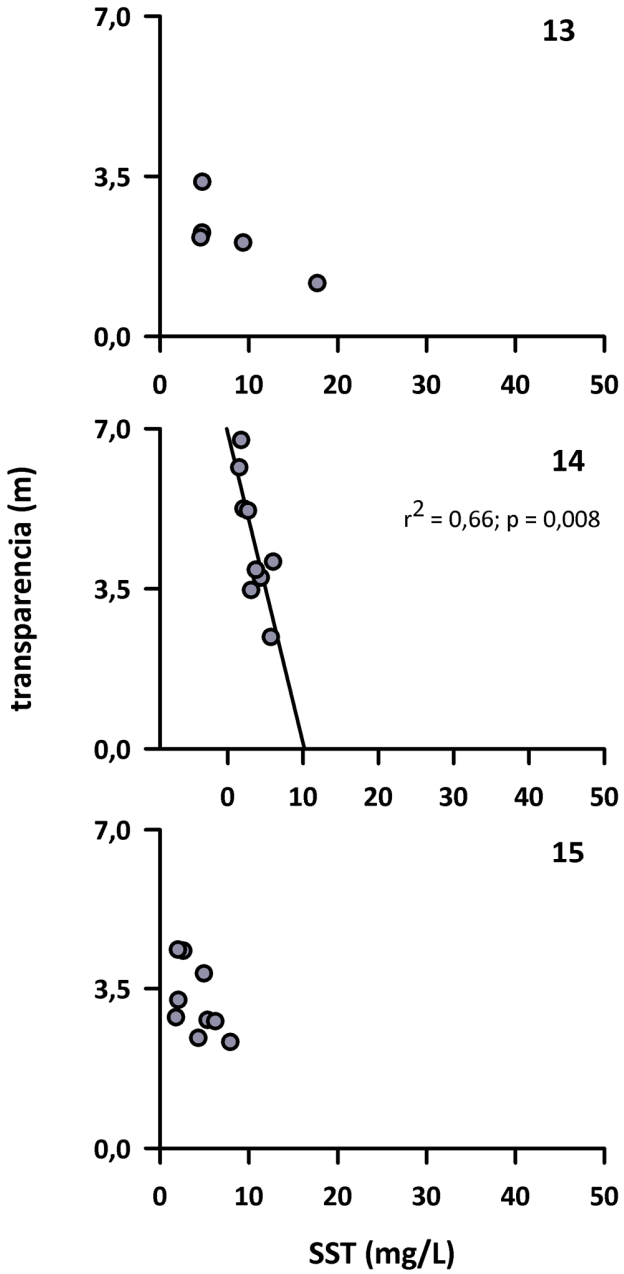


Figura 4.3.44. Relación entre la transparencia del agua y concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) dentro de cada sector ubicado fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (*i.e.,* canal mareal Cau Cau, río Calle Calle y río Valdivia). Estos se indican con el número ubicado en el costado superior derecho de cada gráfico (*cf.,* Fig. 4.3.5). Se incluye la línea de tendencia y valores de r^2 y p, solo en aquella comparación para la cual se detectó relación significativa entre las variables analizadas.

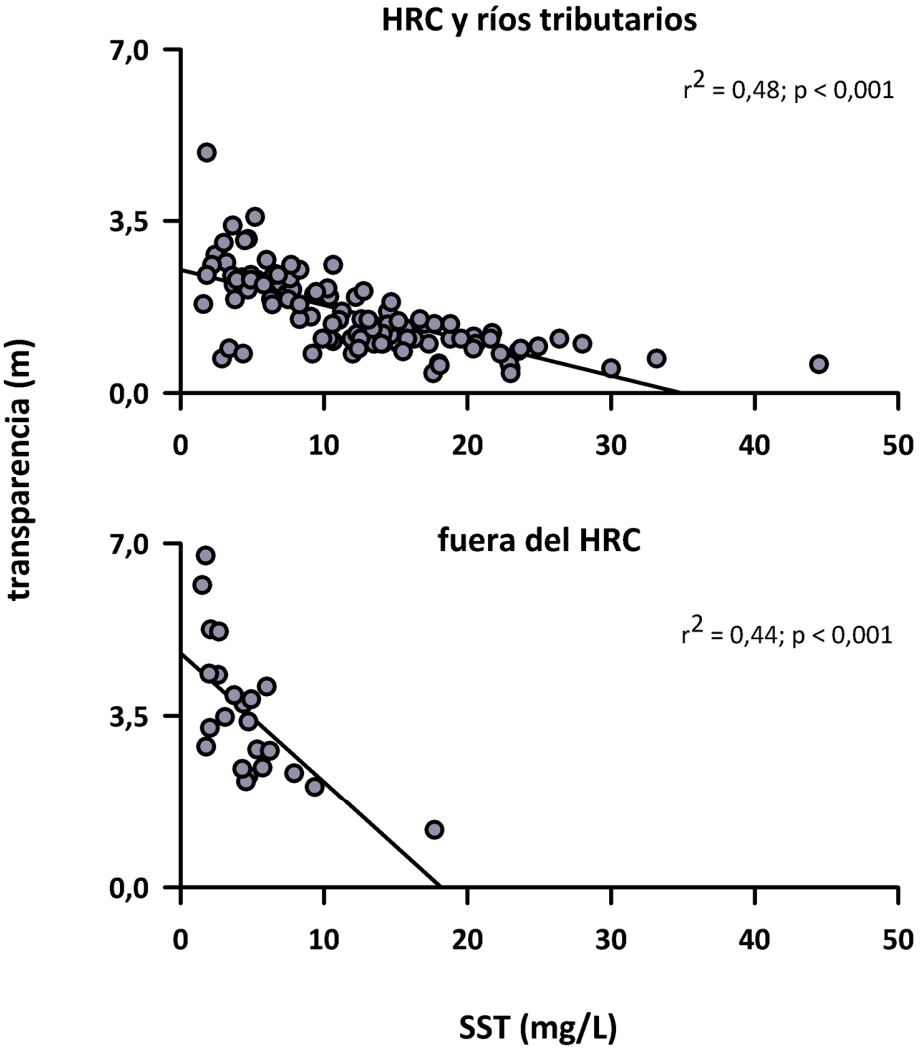


Figura 4.3.45. Relación entre la transparencia del agua y la concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) en el humedal del río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios y fuera del HRC (canal mareal Cau Cau, río Calle Calle y río Valdivia).

Variabilidad interanual en concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia del agua

La Tabla 4.3.4 muestra los valores de r^2 y p resultantes de los análisis de regresión llevados a cabo para evaluar la variabilidad interanual en transparencia del agua y concentración de Sólidos suspendidos totales (SST).

Sólo para el sector 2 del eje central del río Cruces (sector San Martín), se detectó correlación significativa ($p < 0,05$) entre la variabilidad inter anual de las concentraciones de Sólidos suspendidos totales y tiempo (Tabla 4.3.4), correlación que fue inversa; *i.e.,* la concentración de SST muestra una tendencia significativa a disminuir en el tiempo. (Fig. 4.3.46). Los análisis por sectores, no mostraron correlaciones significativas entre transparencia del agua y tiempo (*i.e.*, meses luego de realizado el primer muestreo) (Tabla 4.3.4).

La inclusión de los datos de concentración de transparencia del agua y SST en dos grupos (humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y fuera del humedal del río Cruces), resultó en correlaciones significativas ($p < 0,05$) (Tabla 4.3.4) sólo para los datos del primer grupo con disminución y aumento significativo en el tiempo de los SST y transparencia del agua, respectivamente (Fig. 4.3.47). Sin embargo, y tanto para transparencia como para SST, los valores de r^2 o coeficiente de determinación fueron muy bajos (ver Nota aparte). Es decir, aparte del tiempo transcurrido luego de iniciados los muestreos, debe haber otras variables que expliquen la variabilidad interanual significativa de la transparencia y concentración de SST en el agua del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Nota: el valor de r^2 indica que grado o porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente (en este caso, transparencia y SST) puede ser explicada por la variabilidad de la variable independiente (en este caso, tiempo).

Tabla 4.3.4. Valores de r^2 y p, resultantes de los análisis de regresión lineal entre la variabilidad inter - anual de la concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) y la transparencia del agua para cada uno de los sectores, el total de aquellos que conforman el humedal del río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios (sectores 1 a 12) y el total de sectores que se ubican fuera del humedal (sectores 13 al 15 o canal mareal Cau Cau y ríos Calle Calle y Valdivia, respectivamente). Para realizar estos análisis se utilizaron los valores promedio de SST y transparencia del agua (ver Tablas 4.3.1 y 4.3.2). Se destacan en negrita y subrayado los valores de p que son significativos ($p < 0,05$).

sectores	**SST *vs.* tiempo**		**transparencia *vs.* tiempo**	
	r^2	**p**	**r^2**	**p**
eje central del río Cruces				
1) río San José	0,011	0,77	0,0002	0,97
2) río Cruces, sector San Martín	0,409	**0,047**	0,412	0,063
3) río Cruces, sectores Isla Rialejo y Santa Clara	0,194	0,2	0,232	0,19
4)río Cruces, sector Chorocamayo	0,026	0,7	0,278	0,22
5) río Cruces, sector La Dehesa y Punucapa	0,113	0,34	0,2	0,23
6) río Cruces, sector Isla Teja	0,007	0,813	0,202	0,22
ríos tributarios del humedal del río Cruces				
7) ros Cudico, Nanihue y sector San Antonio	0,115	0,26	0,393	0,07
8) río Pichoy	0,137	0,29	0,208	0,22
9) río Cayumapu	0,298	0,1	0,407	0,06
10) ro Santa María	0,208	0,186	0,297	0,13
10) río Tambillo	0,122	0,32	0,433	0,054
12) río San Ramón	0,12	0,33	0,386	0,07
fuera del humedal del río Cruces				
13) canal Mareal Cau Cau	0,48	0,057	0,248	0,39
14) río Calle Calle	0,067	0,47	0,017	0,74
15) río Valdivia	0,005	0,84	0,085	0,45
humedal del río Cruces y sus ríos tributarios	0,095	**<0,001**	0,153	**<0,001**
fuera del humedal del río Cruces	0,056	0,227	0,0001	0,956

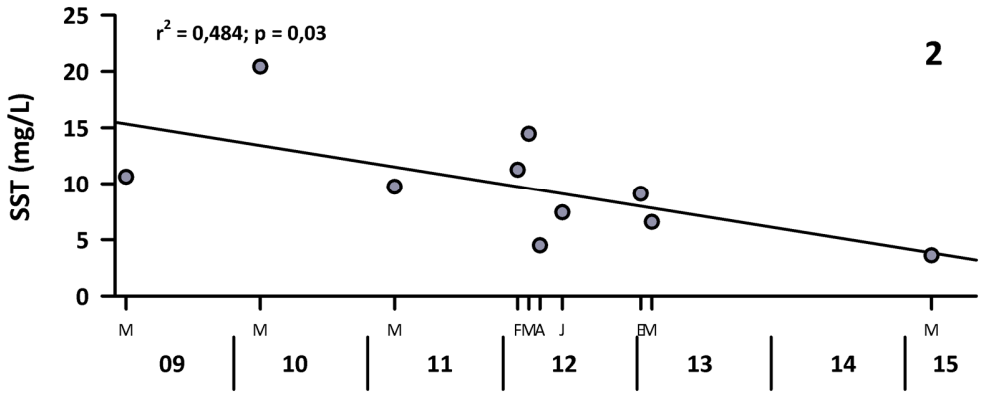


Figura 4.3.46. Variabilidad interanual en las concentraciones de Sólidos suspendidos totales (SST) en el sector 2 del área de estudio (eje central del río Cruces, sector San Martín). Nótese la tendencia inversa entre SST y tiempo.

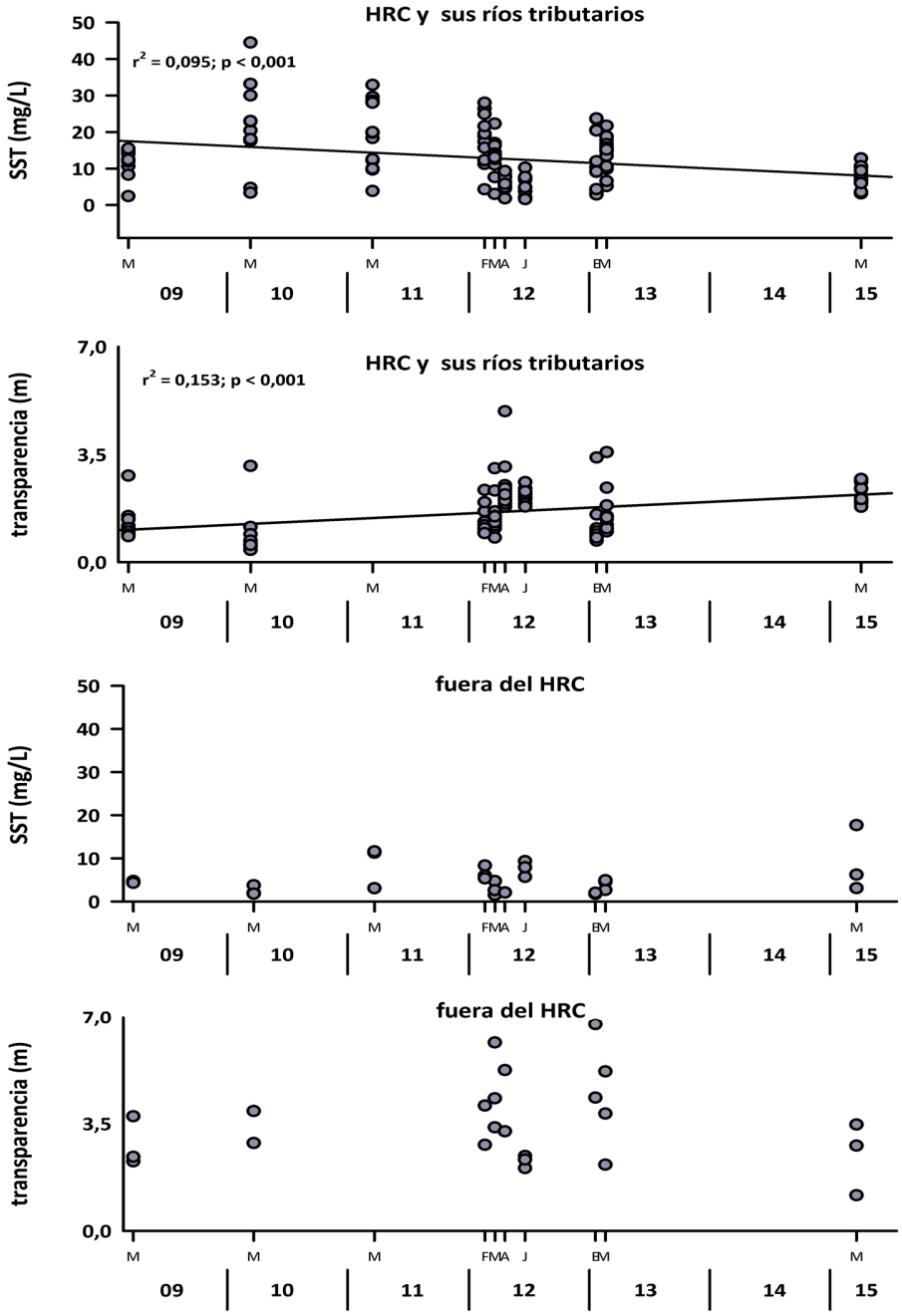


Figura 4.3.47. Variabilidad interanual en la transparencia del agua y concentraciones de Sólidos suspendidos totales (SST) *versus* tiempo en el humedal del río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios (sectores 1 a 12) y fuera de este (sectores 13 a 15) (*cf.* Fig. 5.2.2).

Cobertura de *Egeria densa* (Luchecillo), *Potamogeton pusillus* (Huiro) y *Potamogeton lucens* (Huiro verde)

La variabilidad interanual en la cobertura del Luchecillo se muestra en la Tabla 4.3.5. Durante el período 2008 - 2015, la cobertura del Luchecillo aumentó significativamente en cuatro de los sectores del eje central del río Cruces (Tabla 4.3.6 y Fig. 4.3.48). Para el mismo período y en los seis sectores de los ríos tributarios del humedal se observó la misma tendencia (Tabla 4.3.6 y Fig. 4.3.49), a la vez que fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, la cobertura del Luchecillo varió significativa e inversamente con el tiempo sólo en uno de los sectores de esa zona (sector 13, canal mareal Cau Cau, Tabla 4.3.6 y Fig. 4.3.50)

La inclusión de los datos de cobertura de Luchecillo en dos grupos - humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y fuera del humedal del río Cruces - resultó en correlación significativa sólo para el primer grupo; más aún el valor de r^2 en ese análisis fue más alto que los obtenidos cuando se analizan los sectores por separado (Tabla 4.3.6 y Fig. 4.3.51). Es decir, en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios la cobertura del Luchecillo ha aumentado significativamente desde el año 2008 en adelante, a la vez que fuera del humedal la cobertura de esta macrófita no ha variado significativamente en el mismo período de tiempo.

Tabla 4.3.5. Variabilidad interanual de la cobertura (%) de *Egeria densa* (Luchecillo) en los sectores estudiados durante el período 2008 – 2015. Se usa 100 para cuando la planta estuvo presente y 0 para cuando estuvo ausente; por lo tanto, el valor de cobertura (%) que aquí se muestra es un valor promedio calculado en base al valor asignado a cada estación. SD = Sin dato. Ver Figura 4.3.5 para ubicación de los sectores.

Sectores	estación	Años					
		2008	**2009**	**2011**	**2012**	**2013**	**2015**
1) río Cruces y río San José	**1**	0	0	100	100	100	100
	2	SD	SD	SD	100	0	0
	3	0	0	0	100	100	100
	4	0	0	0	0	0	100
	cobertura	**0**	**0**	**33**	**75**	**50**	**75**
2) río Cruces, sector San Martín	**5**	0	0	0	0	100	100
	6	0	0	0	100	100	100
	7	0	0	0	0	100	100
	10	0	0	0	100	100	100
	cobertura	**0**	**0**	**0**	**50**	**100**	**100**
3) río Cruces (sectores	**25**	0	0	0	0	100	100
Isla Rialejo y Santa Clara)	**27**	SD	SD	SD	0	0	100
	cobertura	**0**	**0**	**0**	**0**	**50**	**100**
4) río Cruces (sector	**33**	SD	SD	SD	100	0	SD
Chorocamayo)	**35**	0	0	0	100	100	100
	cobertura	**0**	**0**	**0**	**100**	**50**	**100**
5) río Cruces (sectores La	**43**	SD	SD	SD	0	0	100
Dehesa y Punucapa)	**39**	0	0	0	0	100	100
	46	0	SD	0	0	100	100
	44	100	SD	100	0	100	100
	45	0	100	100	100	100	0
	47	0	0	100	0	100	100
	48	0	0	100	0	100	100
	cobertura	**17**	**25**	**67**	**14**	**86**	**86**
6) río Cruces (sector Isla Teja)	**49**	0	100	0	0	100	0
	51	SD	SD	SD	0	0	0
	57	SD	SD	SD	0	0	0
	64	SD	SD	SD	0	0	0
	69	0	0	0	0	0	0
	71	0	0	0	0	0	0
	cobertura	**0**	**33**	**0**	**0**	**17**	**0**

Continuación **Tabla 4.3.5.**

Sectores	estación	Años					
		2008	**2009**	**2011**	**2012**	**2013**	**2015**
7) ríos Cudico, Nanihue y	**9**	0	0	100	0	100	100
San Antonio	**12**	0	0	100	100	100	100
	8	SD	SD	SD	100	100	100
	11	0	0	0	100	100	100
	13	0	0	0	100	100	100
	14	0	0	100	100	100	100
	cobertura	**0**	**0**	**60**	**83**	**100**	**100**
8) río Pichoy	**19**	SD	SD	SD	100	100	100
(interior y exterior)	**17**	0	0	0	0	100	0
	22	0	0	0	100	0	100
	26	0	0	0	0	0	100
	21	SD	SD	SD	0	100	100
	23	0	0	0	0	100	100
	cobertura	**0**	**0**	**0**	**33**	**33**	**83**
9) río Cayumapu	**40**	0	100	100	100	100	100
	34	0	S/D	0	0	100	100
	32	SD	SD	SD	100	100	100
	30	0	0	0	0	100	100
	cobertura	**0**	**50**	**33**	**50**	**100**	**100**
10) río Santa María	**15**	0	0	0	0	100	100
(interior y exterior)	**16**	0	0	0	0	100	100
	18	0	0	0	0	0	100
	cobertura	**0**	**0**	**0**	**0**	**67**	**100**
11) río Tambillo	**29**	SD	SD	SD	100	0	100
(interior y exterior)	**20**	0	0	0	100	100	100
	24	SD	SD	SD	100	100	100
	28	0	0	0	100	100	100
	31	SD	SD	SD	100	0	SD
	cobertura	**0**	**0**	**0**	**100**	**60**	**100**

Continuación **Tabla 4.3.5.**

sectores	estación	Años					
		2008	**2009**	**2011**	**2012**	**2013**	**2015**
12) río San Ramón	**36**	100	0	100	0	100	100
	41	0	0	0	0	100	0
	42	0	0	0	100	100	100
	37	0	0	0	0	0	100
	38	0	100	100	0	0	100
	cobertura	**20**	**20**	**40**	**20**	**60**	**80**
13) canal mareal	**52**	100	100	100	0	0	0
Cau-Cau	**55**	100	100	100	100	100	0
	cobertura	**100**	**100**	**100**	**50**	**50**	**0**
14) río Calle Calle	**50**	100	100	100	100	100	100
	53	100	0	100	100	100	100
	54	100	100	100	100	100	100
	58	100	100	100	100	100	100
	68	100	100	100	100	100	100
	66	100	100	100	100	100	100
	63	100	100	100	100	100	100
	60	0	0	0	0	100	0
	cobertura	**88**	**75**	**88**	**88**	**100**	**88**
15) río Valdivia	**56**	100	100	100	0	100	0
	59	0	0	100	100	0	100
	61	0	0	0	0	0	0
	62	100	100	100	100	100	0
	65	100	100	100	100	100	100
	67	0	0	100	100	100	100
	70	0	100	100	0	100	100
	cobertura	**43**	**57**	**86**	**57**	**71**	**57**

Tabla 4.3.6. Valores de r^2 y p, resultantes de los análisis de regresión lineal entre la variabilidad inter - anual de la cobertura de Luchecillo para cada uno de los sectores, el total de aquellos que conforman el humedal del río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios (sectores 1 a 12) y el total de sectores que se ubican fuera del humedal (sectores 13 al 15 o canal mareal Cau Cau y ríos Calle Calle y Valdivia, respectivamente). Para realizar estos análisis se utilizaron los valores promedio de cobertura de Luchecillo (ver Tabla 4.3.5). Se destacan en negrita y subrayado los valores de p que son significativos (p < 0,05).

sectores	**Luchecillo *vs.* tiempo**	
	r^2	**p**
eje central del río Cruces		
1) río San José	0,82	**0,013**
2) río Cruces, sector San Martín	0,8	**0,017**
3) río Cruces, sectores Isla Rialejo y Santa Clara	0,69	**0,039**
4) río Cruces, sector Chorocamayo	0,66	**0,049**
5) río Cruces, sectores La Dehesa y Punucapa	0,56	0,086
6) río Cruces, sector Isla Teja	0,08	0,593
ríos tributarios del humedal del río Cruces		
7) ríos Cudico, Nanihue y sector San Antonio	0,89	**0,005**
8) río Pichoy	0,84	**0,010**
9) río Cayumapu	0,76	**0,023**
10) río Santa María	0,7	**0,038**
10) río Tambillo	0,69	**0,040**
12) río San Ramón	0,74	**0,029**
fuera del humedal del río Cruces		
13) canal mareal Cau Cau	0,84	**0,010**
14) río Calle Calle	0,24	0,320
15) río Valdivia	0,11	0,530
humedal río Cruces y ríos tributarios	0,94	**0,001**
fuera humedal río Cruces	0,45	0,15

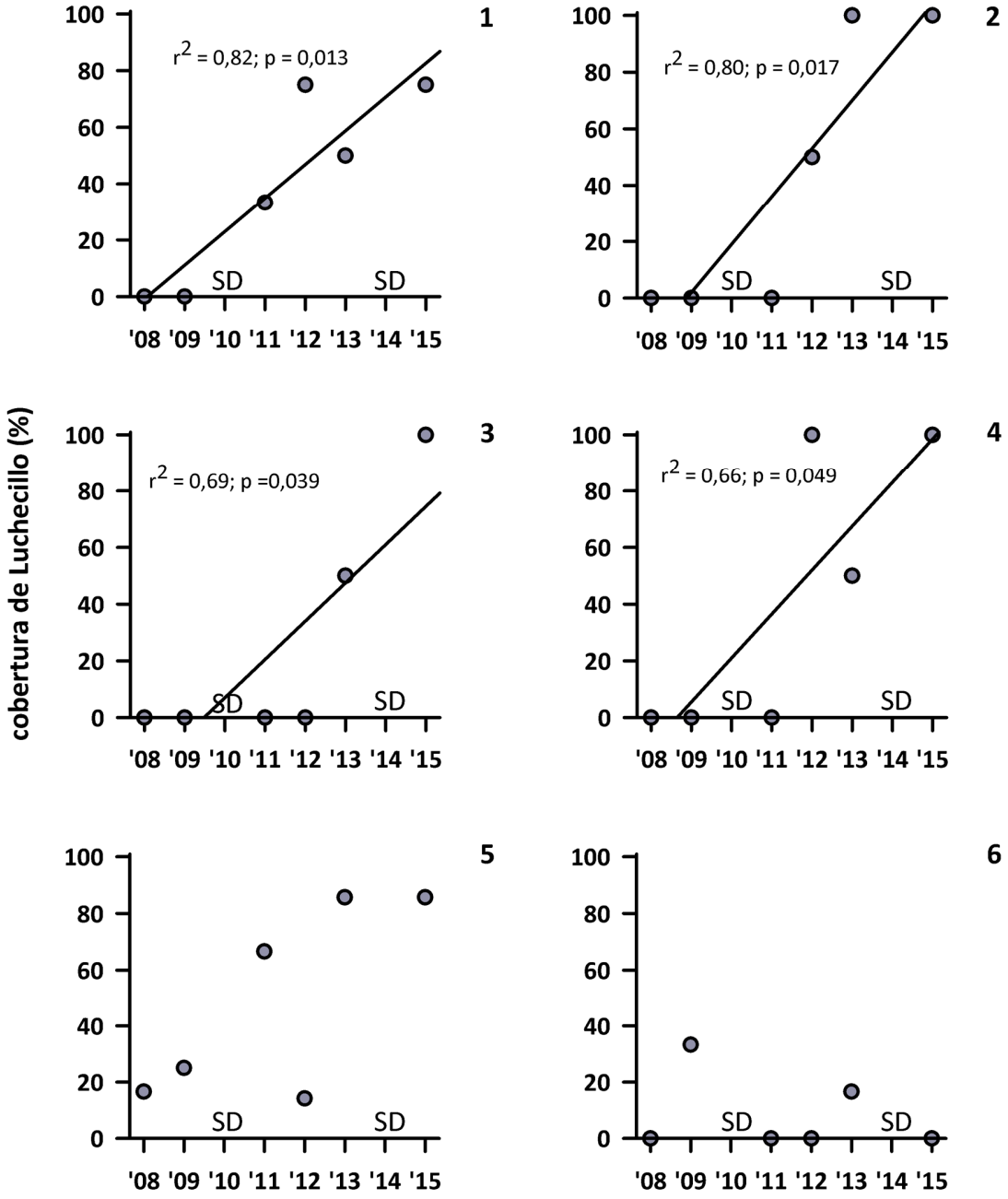


Figura 4.3.48. Relación entre cobertura del Luchecillo y tiempo (*i.e.*, meses luego de iniciado estos estudios) en los sectores del eje central del río Cruces. Estos se indican con el número ubicado en el costado superior derecho de cada gráfico (*cf.*, Fig. 4.3.5) e incluyen las líneas de tendencia, valores de r^2 y p solo en aquellas comparaciones para las cuales se detectaron relaciones significativas entre las variables analizadas. SD = sin datos.

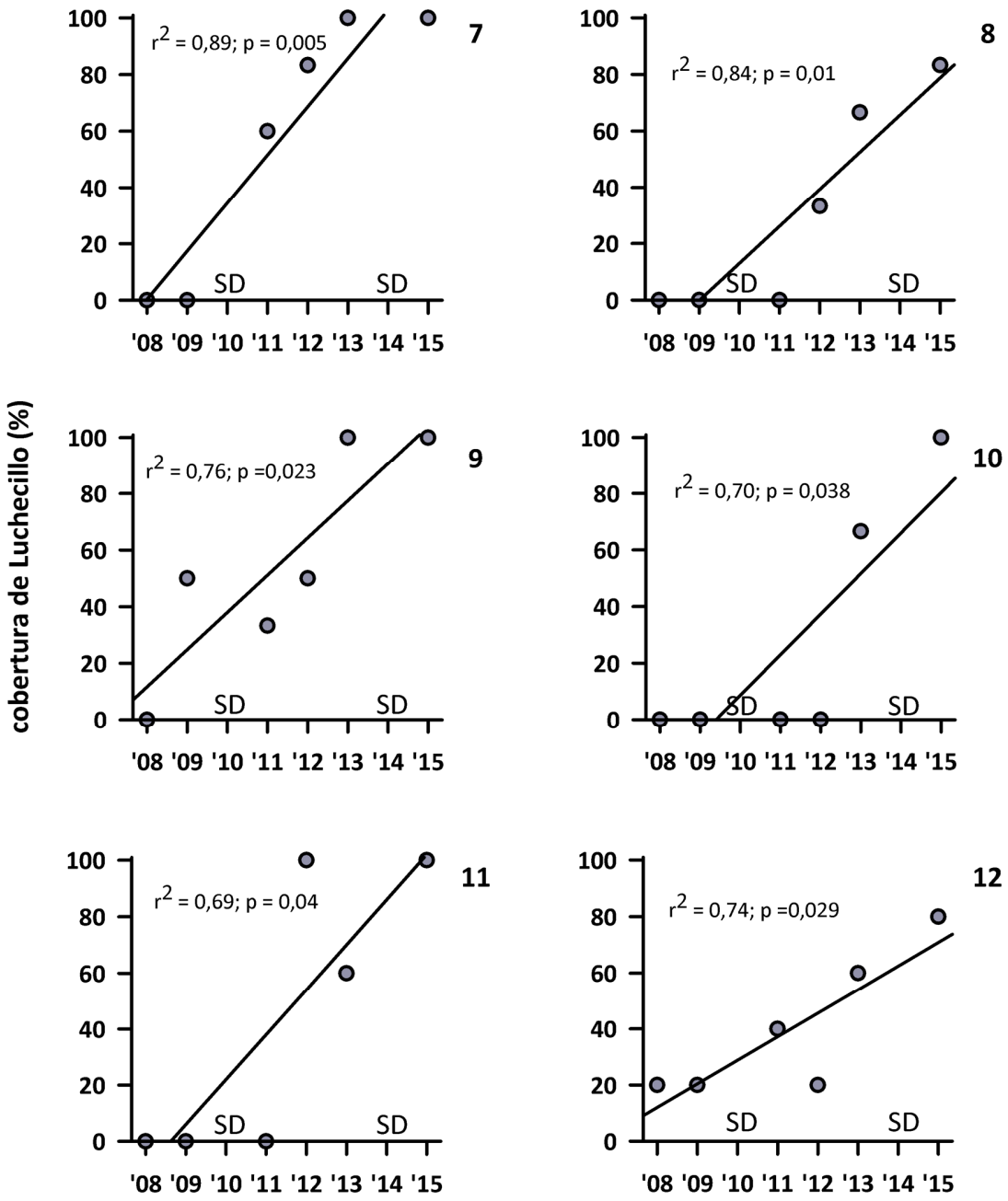


Figura 4.3.49. Relación entre cobertura del Luchecillo y tiempo (*i.e.*, meses luego de iniciado estos estudios) en los sectores ubicados en los ríos tributarios del humedal del río Cruces. Estos se indican con el número ubicado en el costado superior derecho de cada gráfico (*cf.*, Fig. 4.3.5) e incluyen las líneas de tendencia, valores de r^2 y p. SD = sin datos.

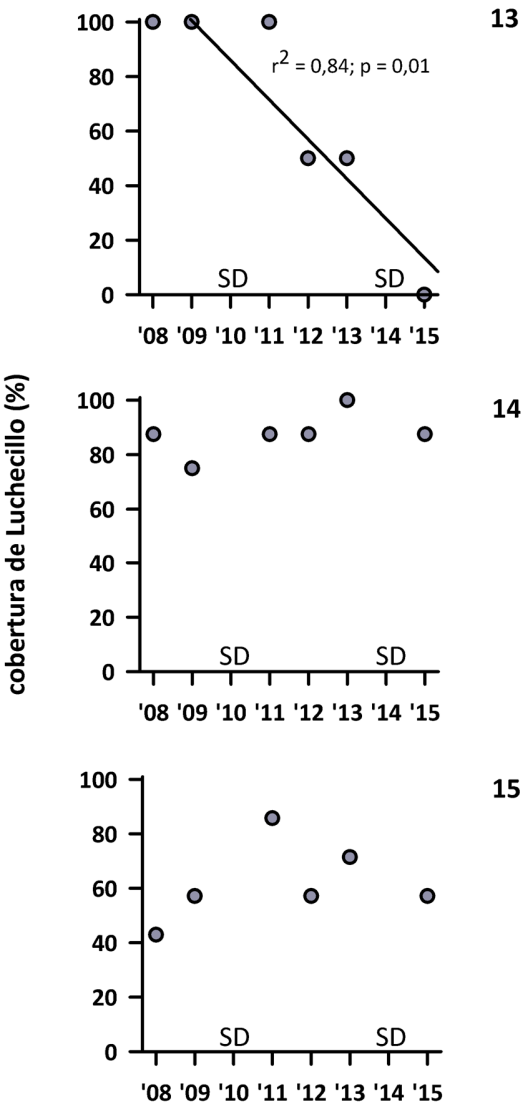


Figura 4.3.50. Relación entre cobertura del Luchecillo y tiempo (*i.e.*, meses luego de iniciado estos estudios) en los sectores ubicados fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (*i.e.,* canal mareal Cau Cau, río Calle Calle y río Valdivia). Estos se indican con el número ubicado en el costado superior derecho de cada gráfico (*cf.,* Fig. 4.3.5). Se incluye la línea de tendencia y valores de r^2 y p, solo en aquella comparación para la cual se detectó relación significativa entre las variables analizadas. SD = sin datos.

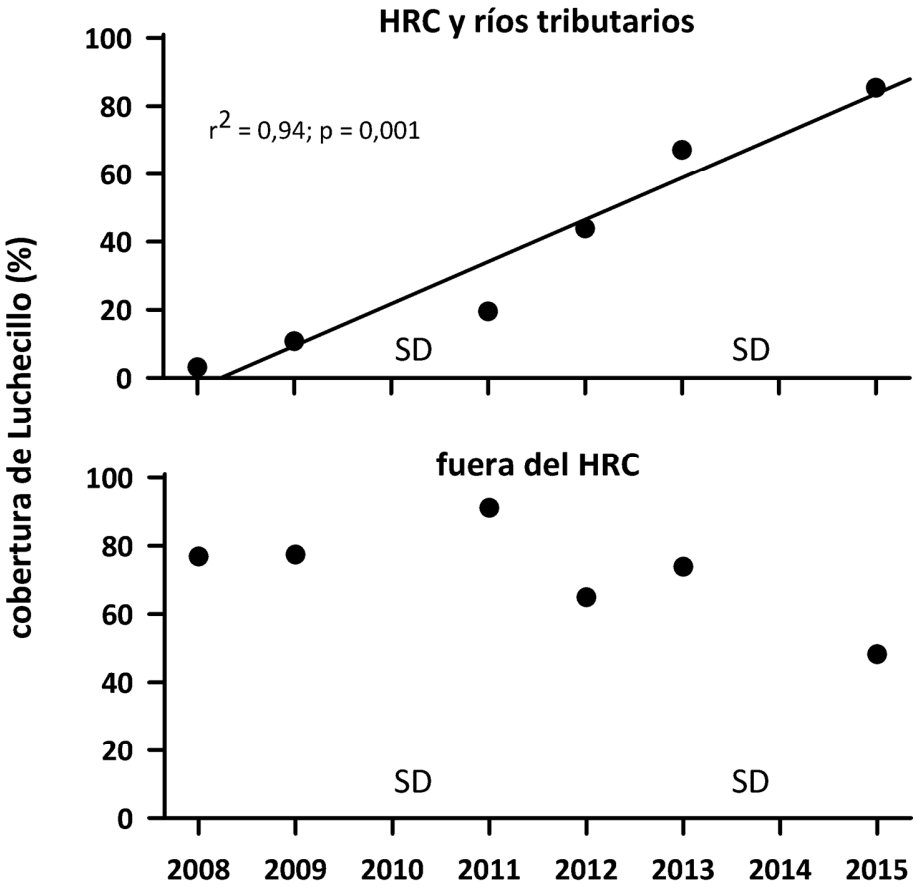


Figura 4.3.51. Relación entre cobertura del Luchecillo y tiempo (*i.e.*, meses luego de iniciado este estudios) en el humedal del río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios y fuera del HRC (canal mareal Cau Cau, río Calle Calle y río Valdivia). Se incluye la línea de tendencia y valores de r^2 y p, solo en aquella comparación para la cual se detectó relación significativa entre las variables analizadas. SD = sin datos.

La Figura 4.3.52 muestra la relación entre cobertura de Luchecillo, concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia del agua para el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y para el área de estudio ubicada fuera del humedal.

En el HRC y sus ríos tributarios, se observó una relación significativa entre las variables antes mencionadas, inversa para SST y directa para la transparencia; *i.e.*, a medida que la cobertura de Luchecillo aumentó en el tiempo, la concentración de Sólidos suspendidos totales disminuyó (Fig. 4.3.52).

Fuera del HRC y sus ríos tributarios, sólo se detectó una correlación significativa entre la transparencia y la cobertura de Luchecillo; *i.e.,* a medida que la cobertura de Luchecillo aumenta mayor es la transparencia del agua (Fig. 4.3.52).

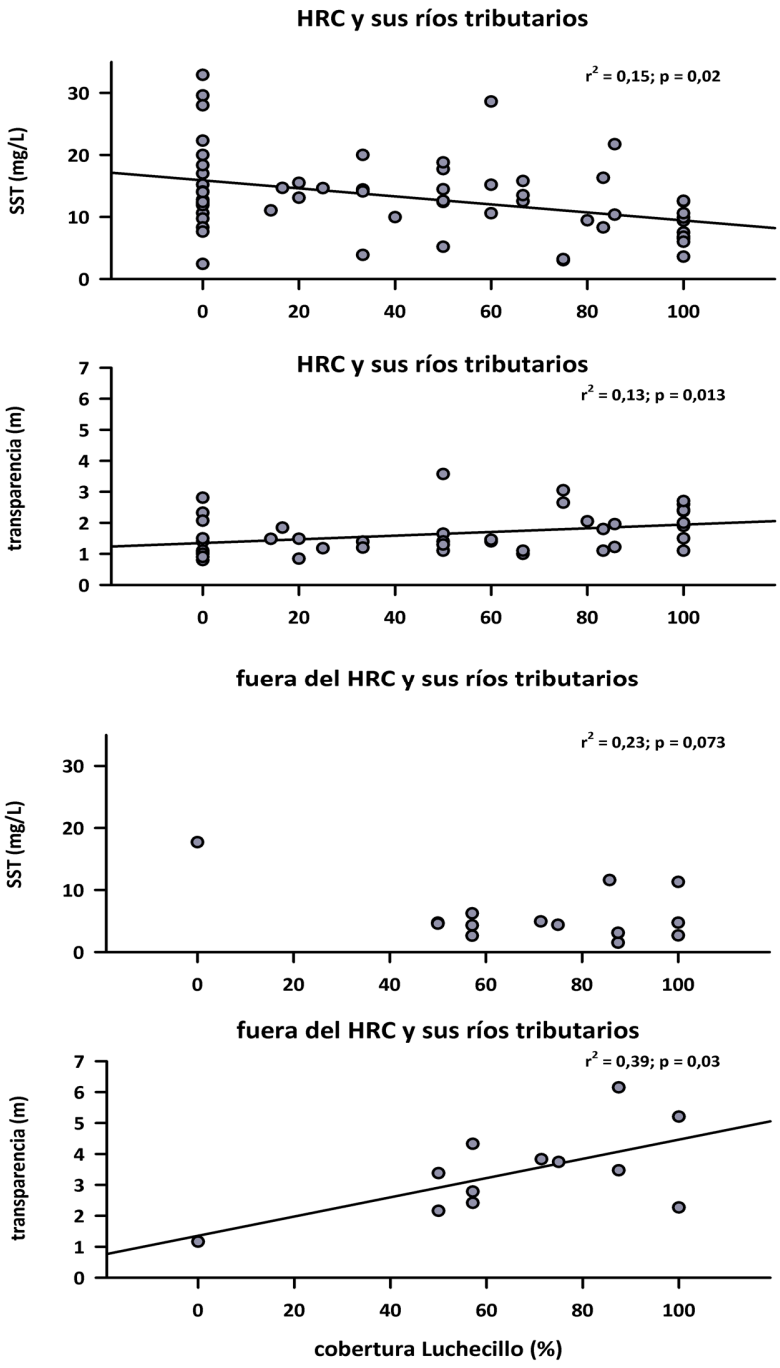


Figura 4.3.52. Relaciones entre Sólidos suspendidos totales, transparencia y cobertura de Luchecillo en el humedal del río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios y fuera del HRC (canal mareal Cau Cau, río Calle Calle y río Valdivia).

Desde el año 2013 al 2015, la cobertura de *Potamogeton pusillus* (Huiro), aumentó en tres sectores del eje central del río Cruces (3, 4 y 5), se mantuvo en dos (1 y 2) y disminuyó notoriamente en el sector Isla Teja (6) (Tabla 4.3.7). En los ríos tributarios del humedal se observó aumento de cobertura en cuatro sectores (9, 10, 11 y 12), a la vez que en dos la cobertura no varió (sectores 7 y 8). Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, la presencia de *Potamogeton pusillus* (Huiro) se observó sólo en el canal mareal Cau-Cau y en el año 2012 (Tabla 4.3.7).

La macrófita *Potamogeton lucens* (Huiro verde), presentó menor cobertura espacial que *Potamogeton pusillus* en el área de estudio. Entre los años 2012 y 2015 y en el eje central del río Cruces, esta especie aumentó su cobertura sólo en uno de los sectores del mismo (5), se mantuvo ausente en cuatro (1, 3, 4 y 6) y disminuyó en el sector San Martín (2). En los ríos tributarios del humedal, el Huiro verde aumentó en cuatro sectores (7, 9, 10 y 11), estuvo ausente en el río San Ramón (sector 12), a la vez que en el río Pichoy (sector 8) su cobertura disminuyó. Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, la cobertura de *Potamogeton lucens*, aumentó de 0 a 29% en el río Valdivia (sector 15), se mantuvo ausente en el río Calle Calle (sector 14) y disminuyó en el canal mareal Cau-Cau (sector 13) (Tabla 4.3.7).

La Figura 4.3.53 muestra la variación interanual en cobertura de *Potamogeton pusillus* y *Potamogeton lucens* dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; la cobertura de la primera especie cambió de 40 a 70% aproximadamente, a la vez que la de la segunda varió de aproximadamente 10 a 20. La cobertura de ambas especies fuera del humedal fue muy baja.

Tabla 4.3.7. Variabilidad interanual de la cobertura (%) de *Potamogeton pusillus* (Huiro) *Potamogeton lucens* (Huiro verde) en los sectores estudiados durante los años 2012 y 2015. Se usa 100 para cuando la planta estuvo presente y 0 para cuando estuvo ausente; por lo tanto, el valor de cobertura (%) que aquí se muestra es un valor promedio calculado en base al valor asignado a cada estación. SD = Sin dato. Ver Figura 4.3.5 para ubicación de los sectores.

sectores	Estación	*P. pusillus*		*P. lucens*	
		2012	**2015**	**2012**	**2015**
1) río Cruces y río San José	**1**	100	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	100	0	0
	cobertura	**25**	**25**	**0**	**0**
2) río Cruces (San Martín)	**5**	100	100	0	100
	6	100	100	100	0
	7	100	100	100	0
	10	100	100	0	0
	cobertura	**100**	**100**	**50**	**25**
3) río Cruces (sectores Isla Rialejo y Santa Clara)	**25**	0	100	0	0
	27	100	100	0	0
	cobertura	**50**	**100**	**0**	**0**
4) río Cruces (sector Chorocamayo)	**33**	0	SD	0	SD
	35	0	100	0	0
	cobertura	**0**	**100**	**0**	**0**
5) río Cruces (sectores La Dehesa y Punucapa)	**43**	0	100	0	0
	39	0	100	0	100
	46	0	100	0	100
	44	0	100	0	0
	45	0	0	100	0
	47	0	0	0	100
	48	0	0	100	0
	cobertura	**0**	**57**	**29**	**43**
6) río Cruces (sector Isla Teja)	**49**	0	0	0	0
	51	0	0	0	0
	57	0	0	0	0
	64	0	0	0	0
	69	0	0	0	0
	71	100	0	0	0
	cobertura	**17**	**0**	**0**	**0**

Continuación **Tabla 4.3.7.**

Sectores	estación	*P. pusillus*		*P. lucens*	
		2012	**2015**	**2012**	**2015**
7) ríos Cudico, Nanihue y San Antonio	**9**	100	100	0	100
	12	100	100	0	100
	8	100	100	0	0
	11	100	100	0	0
	13	100	100	0	SD
	14	100	100	0	0
	cobertura	**100**	**100**	**0**	**40**
8) río Pichoy (interior y exterior)	**19**	100	100	0	0
	17	0	0	0	0
	22	100	0	100	0
	26	0	100	0	0
	21	100	100	0	0
	23	100	100	0	0
	cobertura	**67**	**67**	**17**	**0**
9) Río Cayumapu	**40**	0	0	0	0
	34	0	0	0	0
	32	100	100	100	100
	30	0	100	0	100
	cobertura	**25**	**50**	**25**	**50**
10) río Santa María (interior y exterior)	**15**	0	100	0	100
	16	100	100	0	0
	18	0	0	0	0
	cobertura	**33**	**67**	**0**	**33**
11) río Tambillo (interior y exterior)	**20**	100	100	0	100
	24	100	100	0	100
	28	100	100	0	100
	29	0	100	0	0
	31	100	SD	0	SD
	cobertura	**80**	**100**	**0**	**75**

Continuación **Tabla 4.3.7.**

Sectores	estación	*P. pusillus*		*P. lucens*	
		2012	**2015**	**2012**	**2015**
12) río San Ramón	**36**	0	100	0	0
	41	0	0	0	0
	42	100	100	0	0
	37	0	100	0	0
	38	0	0	0	0
	cobertura	**20**	**60**	**0**	**0**
13) canal Mareal Cau-Cau	**52**	0	0	0	0
	55	100	0	100	0
	cobertura	**50**	**0**	**50**	**0**
14) río Calle Calle	**50**	0	0	0	0
	53	0	0	0	0
	54	0	SD	0	SD
	58	0	0	0	0
	68	0	0	0	0
	66	0	0	0	0
	63	0	0	0	0
	60	0	0	0	0
	cobertura	**0**	**0**	**0**	**0**
15) río Valdivia	**56**	0	0	0	0
	59	0	0	0	0
	61	0	0	0	0
	62	0	0	0	0
	65	0	0	0	0
	67	0	0	0	100
	70	0	0	0	100
	cobertura	**0**	**0**	**0**	**29**

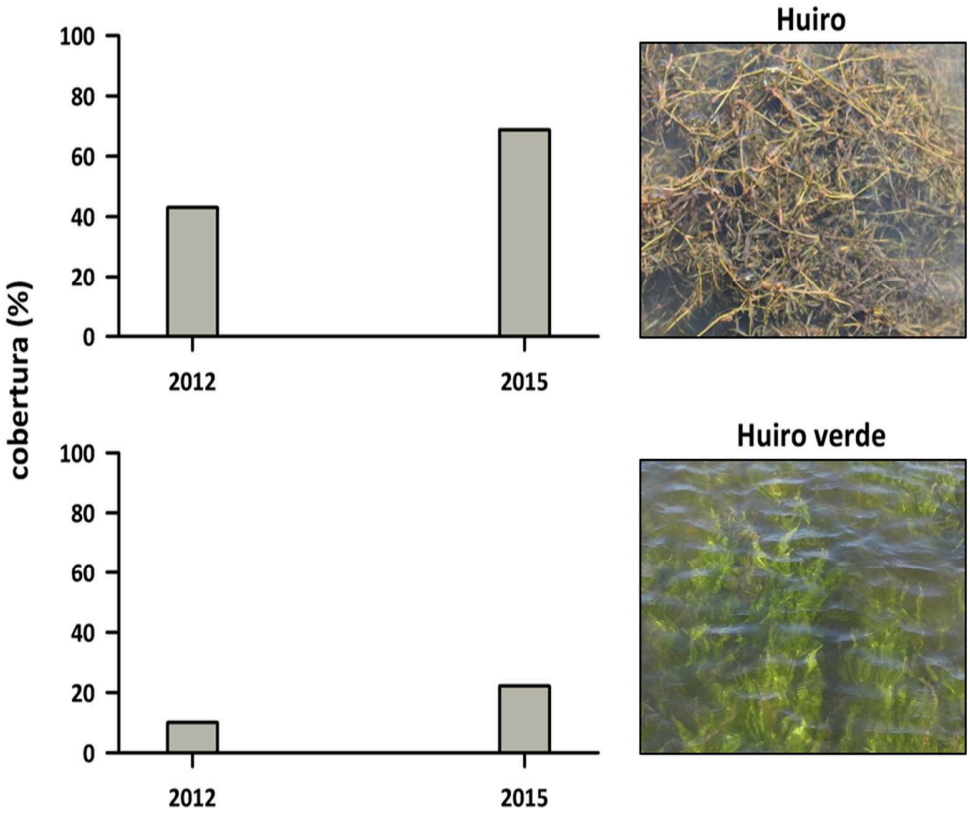


Figura 4.3.53. Comparación entre las coberturas (%) de las macrófitas acuáticas *Potamogeton pusillus* y *Potamogeton lucens* durante los años 2013 y 2015, en el humedal del río Cruces (HRC) y sus ríos tributarios.

4.3.4.3. Estado sanitario de macrófitas acuáticas

***Egeria densa* (Luchecillo)**

Todas las plantas recolectadas durante el otoño y la primavera del año 2014 en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios muestran un aspecto saludable, lo que se evidencia por el color verde de las mismas. Por ejemplo, las fotografías resultantes de estos análisis muestran que plantas recolectadas en el río Cayumapu tienen un aspecto similar a plantas recolectadas fuera del mismo (río Calle Calle) en la misma época (Fig. 4.3.54 a y c *versus* b y d). El aspecto de estas plantas contrasta con el de plantas recolectadas en el humedal durante el verano del año 2008, las cuales exhibían manchas pardas de aspecto necrótico en toda su superficie (Fig. 4.3.54 e); por el contrario, plantas

recolectadas fuera del humedal (río Calle Calle) en la misma época, mostraban un aspecto saludable y color verde intenso sin manchas parduzcas (Fig. 4.3.54 f).

En todos los casos, las hojas de plantas de Luchecillo recolectadas en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, presentan superficies homogéneas, limpias y con algunos elementos plantónicos aislados y adheridos sobre las mismas (Fig. 4.3.55 y 4.3.56). Las fotografías resultantes de estos análisis, contrastan claramente con las obtenidas de plantas recolectadas en el humedal durante por ejemplo, los años 2004 y 2008. En estos últimos casos, la superficie de las hojas estaba recubierta por una costra constituida principalmente por elementos planctónicos adheridos y densamente agregados entre ellos (Fig. 4.3.57).

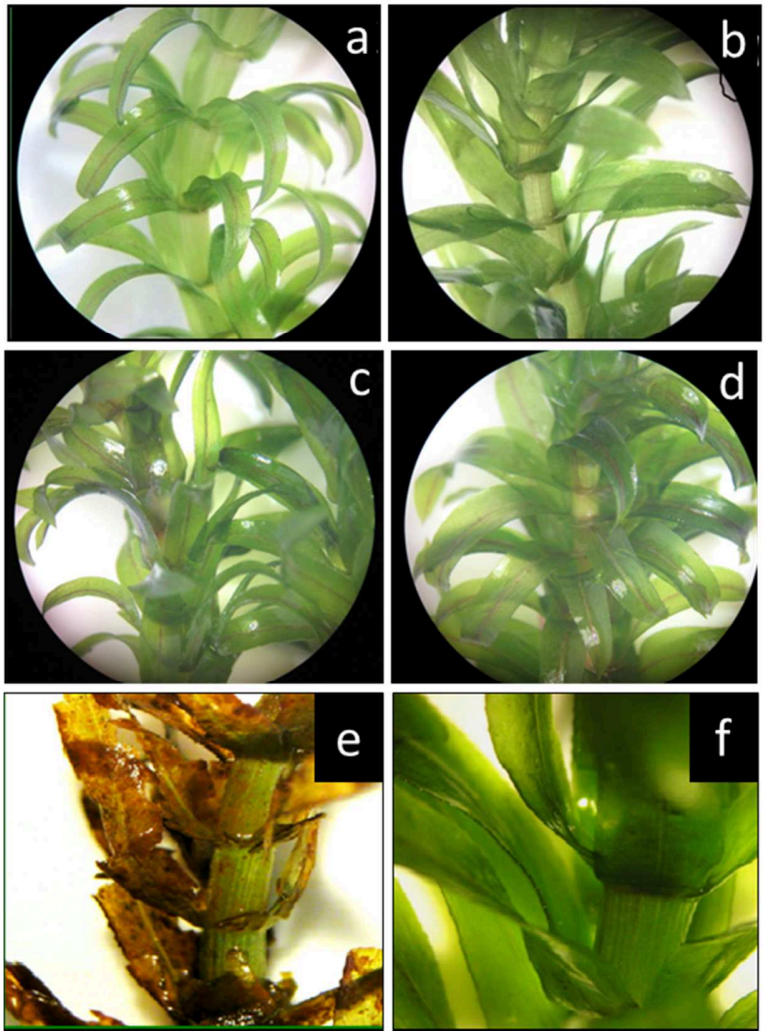


Figura 4.3.54. Vista superficial de plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas en el río Cayumapu y río Calle Calle**.** a) y b) Plantas de Luchecillo recolectadas en el río Cayumapu (tributario del humedal del río Cruces) y río Calle Calle durante el otoño del año 2014 (a y b, respectivamente) y primavera del mismo año (c y d, respectivamente). Se incluyen fotografías de plantas recolectadas durante el verano del año 2008 en los ríos San Ramón (e) y Calle Calle (f) para fines comparativos.

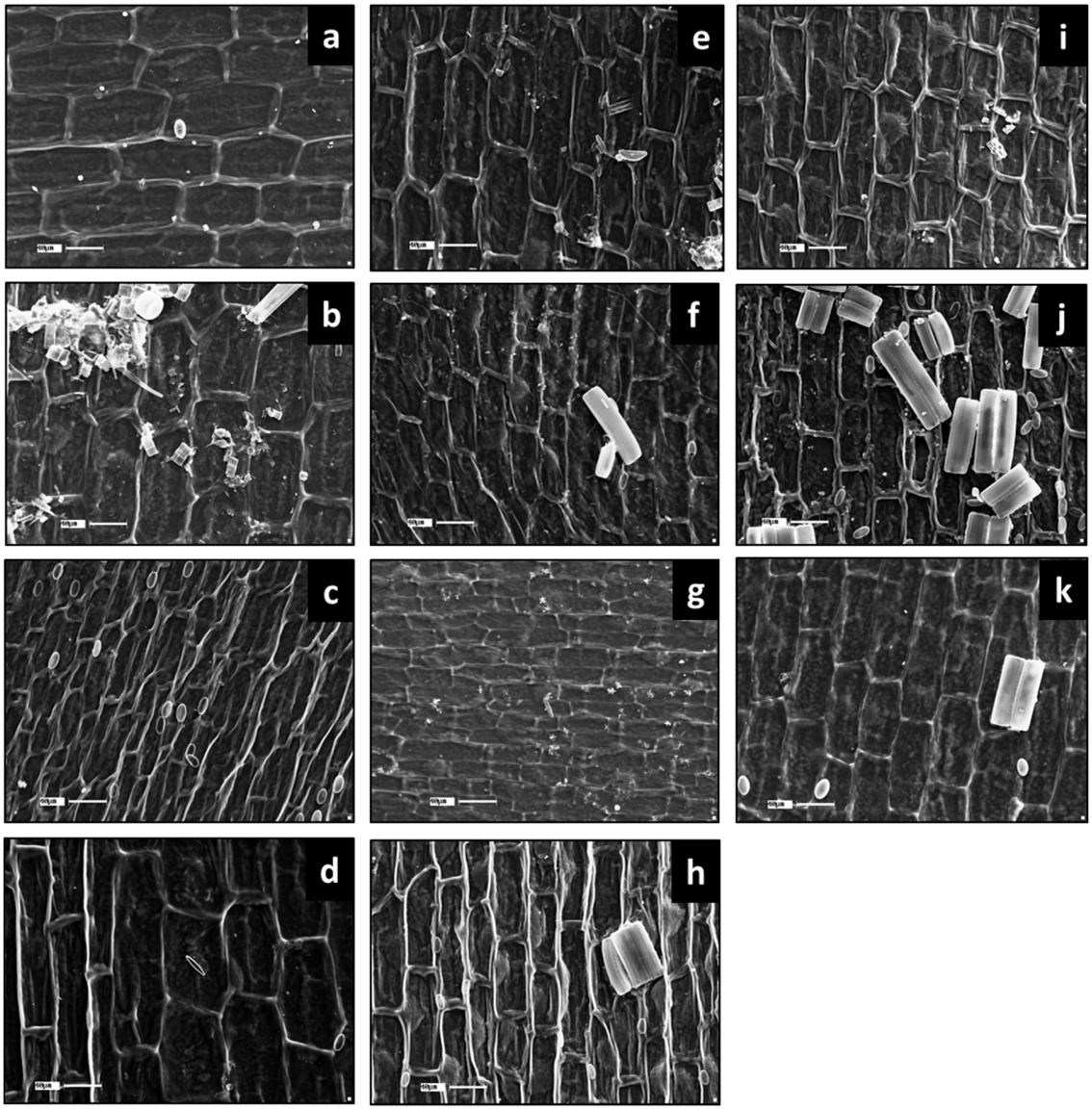


Figura 4.3.55. Vistas microscópicas de plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) obtenidas en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, río Calle Calle y río Valdivia durante el otoño del año 2014. a = estación 4 (río Cruces, sector Fuerte San Luis); b = estación 25 (río Cruces, sector Rialejo norte); c = estación 29 (río Cruces, sector Tres Bocas); d = estación 47 (río Cruces, sector Punucapa); e = estación 57 (río Cruces, sector Isla Teja); f = estación 19 (río Pichoy, interior); g = estación 21 (río Pichoy, exterior); h = estación 40 (río Cayumapu, interior); i = estación 30 (río Cayumapu, exterior); j = estación 50 (río Calle Calle); k = estación (*) (río Valdivia, sector Torobayo).

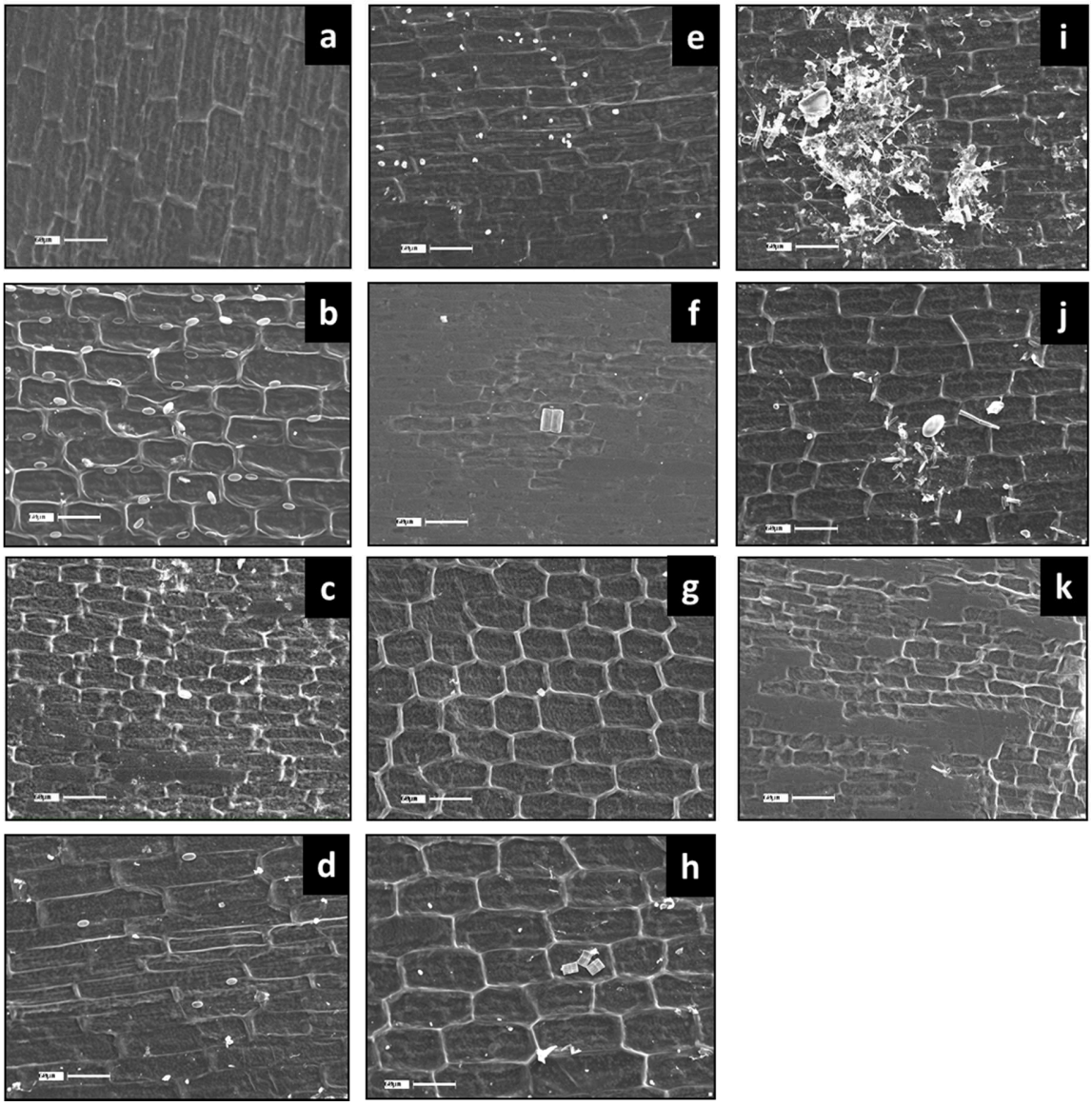


Figura 4.3.56. Vistas microscópicas de plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) obtenidas en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, río Calle Calle y río Valdivia durante la primavera del año 2014. a = estación 4 (río Cruces, sector Fuerte San Luis); b = estación 25 (río Cruces, sector Rialejo norte); c = estación 29 (río Cruces, sector Tres Bocas); d = estación 47 (río Cruces, sector Punucapa); e = estación 57 (río Cruces, sector Isla Teja); f = estación 19 (río Pichoy, interior); g = estación 21 (río Pichoy, exterior); h = estación 40 (río Cayumapu, interior); i = estación 30 (río Cayumapu, exterior); j = estación 50 (río Calle Calle); k = estación (*) (río Valdivia, sector Torobayo).

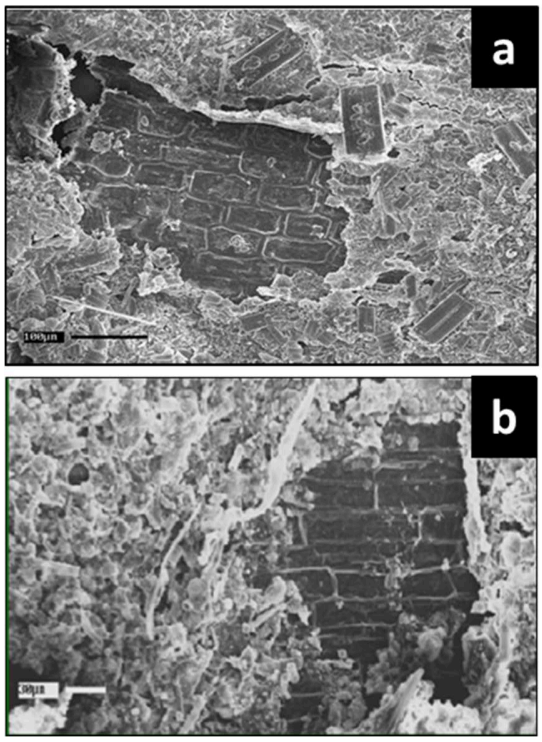


Figura 4.3.57. Vistas microscópicas de plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) obtenidas en el humedal del río Cruces durante los años 2004 y 2008. a = muestra recolectada durante la primavera del año 2004 en el eje central del río Cruces; b = muestra obtenida durante el verano del año 2008 en el río San Ramón. Nótese la "costra" que cubre gran parte de la superficie de ambas plantas.

***Potamogeton pusillus* (Huiro)**

Todas las plantas de Huiro recolectadas durante diciembre del año 2014 en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, muestran un aspecto saludable lo que se evidencia por la tonalidad verde de las mismas (Fig. 4.3.58). Las fotografías resultantes de estos análisis, muestran que plantas recolectadas por ejemplo en el río Cayumapu durante ese mes (Fig. 4.3.58 a), tenían un aspecto similar a plantas recolectadas contemporáneamente en el río Valdivia (Fig. 4.3.58 b). Las fotografías de planta obtenidas durante la primavera del año 2014, son similares a las obtenidas de plantas recolectadas durante el año 2012 en esos mismos ríos (sector Isla Teja) (Fig. 4.3.58 c y d, respectivamente), lo que muestra que el estado sanitario de esta planta ha sido normal - en cuanto a apariencia externa se refiere – al menos desde el año 2012.

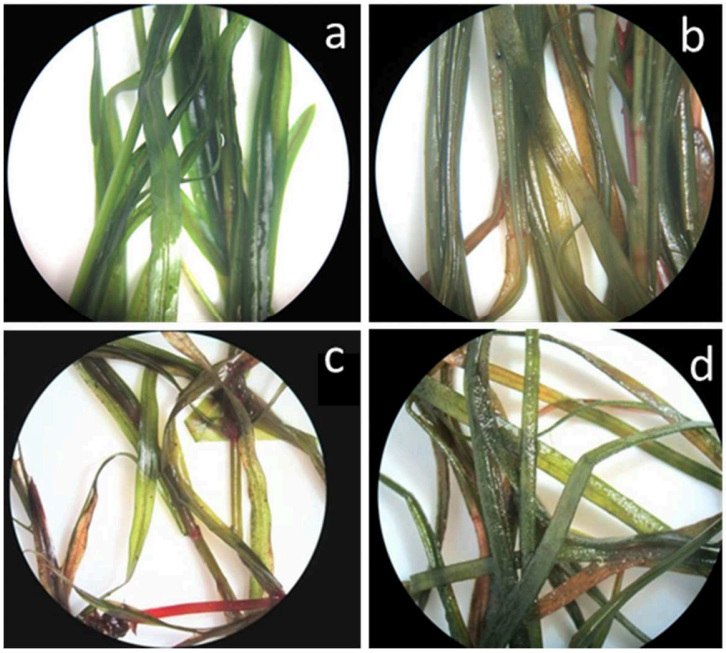


Figura 4.3.58. Vista superficial de plantas de *Potamogeton pusillus* (Huiro) recolectadas en los ríos Cayumapu y Valdivia durante la primavera del año 2014 (a y b, respectivamente) y el verano del año 2012 (c y d, respectivamente).

***Potamogeton lucens* (Huiro verde)**

Similar a lo observado en plantas de Luchecillo y Huiro, las plantas recolectadas de Huiro verde durante la primavera del año 2014 (diciembre) en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios muestran un aspecto saludable, lo que se evidencia por el color verde intenso de las mismas (Fig. 4.3.59 a, b). Las fotografías superficiales muestran que las plantas recolectadas en el humedal del río Cruces y río Valdivia, tienen aspectos similares entre sí. Las fotografías obtenidas durante el 2014, son similares a las obtenidas de plantas recolectadas en el área de estudio durante el 2012 (Fig. 4.3.59 c, d). Por lo tanto y similar a lo estudiado para el caso del Huiro, las plantas de Huiro verde han presentado un aspecto saludable desde al menos el año 2012.

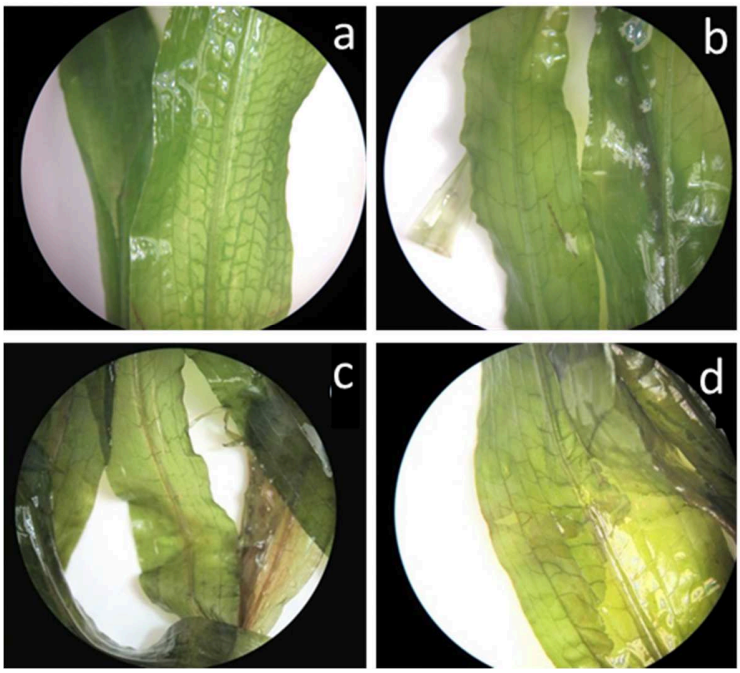


Figura 4.3.59. Vista superficial de plantas de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) recolectadas en el humedal río Cruces y río Valdivia durante primavera de 2014 (a y b). Se incluyen fotografías de plantas obtenidas durante el año 2012 (c y d). a = río Cayumapu (2014); b = río Valdivia (2014); c = río Cayumapu (2012); d = sector Isla Teja (2012).

4.3.4.4. Análisis de difracción de rayos X mediante microscopía electrónica de barrido en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo)

Año 2014

La Tabla 4.3.8 muestra los porcentajes de Hierro, Aluminio y Manganeso en plantas de Luchecillo recolectadas durante el otoño y la primavera del año 2014. Tales porcentajes resultan de análisis de difracción de rayos X (ver Material y métodos).

Los porcentajes promedios estimados para plantas recolectadas en los ríos tributarios del humedal durante el otoño de 2014, fueron levemente superiores a los estimados en plantas recolectadas en el eje central del río Cruces. En plantas recolectadas en los ríos Calle Calle y Valdivia, no se evidenció la presencia de esos elementos. Situación similar ocurrió con plantas recolectadas durante la primavera de 2014 (Tabla 4.3.8); no

obstante, los porcentajes promedios estimados de Hierro, Aluminio y Manganeso fueron levemente superiores en comparación con los de los muestreos de otoño.

Tabla 4.3.8. Porcentajes de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas durante el otoño (abril y mayo) y la primavera (diciembre) del año 2014. Concentraciones resultantes de análisis de difracción por rayos X (uso de microscopía electrónica de barrido). Se indica promedio ± 1 desviación estándar para los casos en que se contó con más de una muestra. O = otoño y P = primavera.

zonas	sectores	estación	Fe		Al		Mn	
			O	P	O	P	O	P
eje central del río Cruces	sector Fuerte San Luis	4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	sector Rialejo norte	25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	sector Tres Bocas	29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
	sector Punucapa	47	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0
	sector Isla Teja	57	0,0	0,7	0,4	0,8	0,0	0,3
	promedio		**0,0**	**0,1**	**0,1**	**0,3**	**0,0**	**0,1**
	desviación estándar		**0,0**	**0,3**	**0,2**	**0,4**	**0,1**	**0,1**
ríos tributarios del humedal	río Pichoy (interior)	19	0,0	0,0	0,5	0,0	1,7	2,9
	río Pichoy (exterior)	21	0,5	0,0	0,4	1,0	0,0	0,0
	rio Cayumapu (interior)	40	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0
	río Cayumapu (exterior)	30	0,0	1,3	0,3	0,5	0,0	0,0
	promedio		**0,1**	**0,4**	**0,3**	**0,5**	**0,4**	**0,7**
	desviación estándar		**0,3**	**0,6**	**0,2**	**0,4**	**0,8**	**1,5**
río Calle Calle	sector alejado del área urbana	50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
río Valdivia	sector Torobayo	(*)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Comparaciones históricas

En general, los porcentajes promedio de Hierro estimados en plantas de Luchecillo recolectadas en el eje central del río Cruces, fueron superiores a los de plantas recolectadas en los ríos tributarios, y estos a su vez, muy superiores a las concentraciones medidas en plantas de los ríos Calle Calle y Valdivia (Tabla 4.3.9). Durante el período 2004-

2009, las concentraciones de Hierro fueron superiores a las medidas en los últimos años (2012 y 2014). Durante el año 2004, las plantas de los ríos Valdivia y Calle Calle alcanzaron las concentraciones más altas de Hierro (>2%); por el contrario, en las muestras analizadas durante el año 2014 no se detectó la presencia de Hierro (Tabla 4.3.9).

En general, los porcentajes promedio de Aluminio, medidos en tejidos de plantas de Luchecillo recolectadas en el eje central de río Cruces y sus ríos tributarios fueron similares entre sí (Tabla 4.3.10). Se observó que durante el período 2004 – 2012, las concentraciones de Aluminio fueron superiores a las medidas en el año 2014. Situación similar ocurrió con las plantas recolectadas fuera del humedal (ríos Valdivia y Calle Calle). Las muestras analizadas durante el año 2014, evidenciaron concentraciones de Aluminio muy por debajo del valor promedio registrado en años anteriores (Tabla 4.3.10).

Los porcentajes promedio de Manganeso, medidos en tejidos de plantas de Luchecillo, provenientes del eje central del río Cruces fueron levemente inferiores en comparación con plantas provenientes de sus ríos tributarios (Tabla 4.3.11). Durante el período 2004 – 2009, las concentraciones de Manganeso fueron superiores a las medidas durante los años 2012 y 2014. Situación similar ocurrió con plantas de los ríos Calle Calle y Valdivia. Durante el año 2004, plantas de los ríos Valdivia y Calle Calle alcanzaron los mayores niveles de concentración de Manganeso (Tabla 4.3.11).

Tabla 4.3.9. Variación temporal de los porcentajes de Hierro (Fe) presentes en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas en el área de estudio durante el período 2004-2014. Se indica promedio ± 1 desviación estándar. (*) indica la existencia de un solo dato para ese año. sd = sin dato para esa área. O = otoño y P = primavera, para los datos del año 2014. Las estaciones en paréntesis son las estudiadas el año 2014.

zonas	sectores	estación	2004	2008	2009	2012	2014 (O)	2014 (P)
eje central del	sector San Luis	4	4,5				0,0	0,0
río Cruces	sector San Martín	6				0,5		
	confluencia ríos Nanihue y Cudico	13				0,1		
	sector Santa María	10	11,2			7,4		
	sector Rialejo norte	25					0,0	0,0
	sector Tres Bocas	29					0,0	0,0
	sector Chorocamayo	33	7,9					
	sector Punucapa	47	7,2			1,1	0,0	0,0
	sector Cabo Blanco	48	11,1					
	sector Isla Teja	57					0,0	0,7
	promedio		**8,4**	**15,3 (*)**	**25,9 (*)**	**2,3**	**0,0**	**0,1**
	desviación estándar		**2,8**			**3,5**	**0,0**	**0,3**
ríos tributarios	río San José	1				1,4		
del humedal	río Nanihue (interior)	9	2,3					
	río Nanihue (exterior)	12	8,7					
	río Cudico (interior)	8				0,7		
	río Cudico (exterior)	11	7,2					
	río Pichoy (interior)	19	7,3			4,5	0,0	0,0
	río Pichoy (exterior)	21					0,5	0,0
	río Tambillo (interior)	20				3,0		
	río Tambillo (exterior)	28	3,5					
	río Cayumapu (interior)	40	7,6	3,6	3,2	1,2	0,0	0,3
	río Cayumapu (exterior)	30	9,0				0,0	1,3
	río San Ramón	42		8,9	8,2	0,6		
	promedio		**6,5**	**6,2**	**5,7**	**1,9**	**0,1**	**0,4**
	desviación estándar		**2,6**	**3,7**	**3,5**	**1,5**	**0,3**	**0,6**

Continuación **Tabla 4.3.9.**

zonas	sectores	estación	2004	2008	2009	2012	2014 (O)	2014 (P)
río Calle Calle	frente a Aguas Décima	50		0,2	0,4	3,0		
	sector Las Animas	53		0,0	0,9			
	frente áridos Las Animas	58			0,8	2,2		
	frente a calle García reyes	60		0,4				
	frente a terminal de buses	63			0,4	0,3		
	frente a Fogón Palestino	66		0,1	1,4			
	sector playa Las Animas	68		0,1		0,3		
	promedio		**4,2 (*)**	**0,2**	**0,8**	**1,5**	**0,0 (*)**	**0,0 (*)**
	desviación estándar			**0,2**	**0,4**	**1,4**		
río Valdivia	frente edificio Arquitectura	56				0,6		
	frente a Corporación Cultural	62				0,6		
	frente Club de Yates	65				0,4		
	frente Hotel Naguilán	67				1,7		
	promedio		**2,1 (*)**	**sd**	**sd**	**0,9**	**0,0 (*)**	**0,0 (*)**
	desviación estándar					**0,6**		

Tabla 4.3.10. Variación temporal de los porcentajes de Aluminio (Al) presentes en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas en el área de estudio durante el período 2004-2014. Se indica promedio ± 1 desviación estándar. (*) indica la existencia de un solo dato para ese año. sd = sin dato para ese año. O = otoño y P = primavera, para los valores del año 2014. Las estaciones en paréntesis son las estudiadas el año 2014.

zonas	sectores	estación	2004	2008	2009	2012	2014 (O)	2014 (P)
eje central del	sector San Luis	4	4,4				0,1	0,0
río Cruces	sector San Martín	6				0,4		
	confluencia ríos Nanihue y Cudico	13	2,7			6,4		
	sector Santa María	10				0,2		
	sector Rialejo norte	25					0,0	0,0
	sector Tres Bocas	29					0,0	0,0
	sector Chorocamayo	33	6,1					
	sector Punucapa	47	5,2			1,5	0,2	0,5
	sector Cabo Blanco	48	6,4					
	sector Isla Teja	57					0,4	0,8
	promedio		**5,0**	**0,7(*)**	**1,0(*)**	**2,1**	**0,1**	**0,3**
	desviación estándar		**1,5**			**2,9**	**0,2**	**0,4**
ríos tributarios	río San José	1				0,9		
del humedal	río Nanihue (interior)	9	0,7					
	río Nanihue (exterior)	12	5,6					
	río Cudico (interior)	8				0,5		
	río Cudico (exterior)	11	3,2					
	río Pichoy (interior)	19	6,7			2,3	0,5	0,0
	río Pichoy (exterior)	21					0,4	1,0
	río Tambillo (interior)	20				1,9		
	río Tambillo (exterior)	28	2,4					
	río Cayumapu (interior)	40	4,5	1,4	1,2	1,2	0,0	0,4
	río Cayumapu (exterior)	30	4,3				0,3	0,5
	río San Ramón	42		1,2	0,7	0,5		
	promedio		**3,9**	**1,3**	**1,0**	**1,2**	**0,3**	**0,5**
	desviación estándar		**2,0**	**0,1**	**0,4**	**0,8**	**0,2**	**0,4**

Continuación **Tabla 4.3.10.**

zonas	sectores	estación	2004	2008	2009	2012	2014 (O)	2014 (P)
río Calle Calle	frente a Aguas Décima	50		0,3	0,1	4,3		
	sector Las Animas	53		0,0	0,5			
	frente áridos Las Animas	58			0,5	3,5		
	frente a calle García reyes	60		0,2				
	frente a terminal de buses	63			0,1	0,4		
	frente a Fogón Palestino	66		0,2	0,9			
	sector playa Las Animas	68		0,2		0,3		
	promedio		**1,3 (*)**	**0,2**	**0,4**	**2,1**	**0,0 (*)**	**0,0 (*)**
	desviación estándar			**0,1**	**0,3**	**2,1**		
río Valdivia	frente edificio Arquitectura	56				0,3		
	frente a Corporación Cultural	62				0,6		
	frente Club de Yates	65				0,2		
	frente Hotel Naguilán	67				1,7		
	promedio		**1,5(*)**	**sd**	**sd**	**0,7**	**0,0 (*)**	**0,0 (*)**
	desviación estándar					**0,7**		

Tabla 4.3.11. Variación temporal de los porcentajes de Manganeso (Mn) presentes en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas en el área de estudio durante el período 2004-2014. Se indica promedio ± 1 desviación estándar. (*) indica la existencia de un dato para ese año. sd = sin dato para ese año. O = otoño y P = primavera, para los valores del año 2014. Las estaciones en paréntesis son las estudiadas el año 2014.

zonas	sectores	estación	2004	2008	2009	2012	2014 (O)	2014 (P)
eje central del	sector San Luis	4	0,9				0,0	0,0
río Cruces	sector San Martín	6				0,2		
	confluencia ríos Nanihue y Cudico	13	6,6			0,4		
	sector Santa María	10				0,2		
	sector Rialejo norte	25					0,0	0,0
	sector Tres Bocas	29					0,2	0,0
	sector Chorocamayo	33	2,2					
	sector Punucapa	47	1,3			0,0	0,0	0,0
	sector Cabo Blanco	48	3,7					
	sector Isla Teja	57					0,0	0,3
	promedio		**2,9**	**1,0 (*)**	**0,7(*)**	**0,2**	**0,0**	**0,1**
	desviación estándar		**2,3**			**0,2**	**0,1**	**0,1**
ríos tributarios	río San José	1				0,4		
del humedal	río Nanihue (interior)	9	5,0					
	río Nanihue (exterior)	12	3,2					
	río Cudico (interior)	8				0,5		
	río Cudico (exterior)	11	7,1					
	río Pichoy (interior)	19	2,3			1,5	1,7	2,9
	río Pichoy (exterior)	21					0,0	0,0
	río Tambillo (interior)	20				0,6		
	río Tambillo (exterior)	28	6,5					
	río Cayumapu (interior)	40	4,1	5,0	4,4	0,1	0,0	0,0
	río Cayumapu (exterior)	30	6,2				0,0	0,0
	río San Ramón	42		1,0	1,1	0,6		
	promedio		**4,9**	**3,0**	**2,7**	**0,6**	**0,4**	**0,7**
	desviación estándar		**1,8**	**2,8**	**2,4**	**0,5**	**0,8**	**1,5**

Continuación **Tabla 4.3.11.**

zonas	sectores	estación	2004	2008	2009	2012	2014 (O)	2014 (P)
río Calle Calle	frente a Aguas Décima	50		0,3	0,4	0,0		
	sector Las Animas	53		0,1	0,9			
	frente áridos Las Animas	58			0,9	0,0		
	frente a calle García reyes	60		0,7				
	frente a terminal de buses	63			1,4	0,0		
	frente a Fogón Palestino	66		0,3	2,0			
	sector playa Las Animas	68		0,1		0,2		
	promedio		**3,4 (*)**	**0,3**	**1,1**	**0,0**	**0,0 (*)**	**0,2 (*)**
	desviación estándar			**0,3**	**0,6**	**0,1**		
río Valdivia	frente edificio Arquitectura	56				0,4		
	frente a Corporación Cultural	62				0,1		
	frente Club de Yates	65				0,1		
	frente Hotel Naguilán	67				0,1		
	promedio		**2,0 (*)**	**sd**	**sd**	**0,2**	**0,0 (*)**	**0,0 (*)**
	desviación estándar					**0,2**		

4.3.4.5. Análisis de difracción de rayos X en plantas de *Potamogeton pusillus* (Huiro)

Año 2014

La Tabla 4.3.12 muestra los porcentajes de Hierro, Aluminio y Manganeso estimados en plantas de Huiro recolectadas durante la primavera de 2014. Los porcentajes promedios estimados para plantas recolectadas en el eje central del río Cruces, fueron levemente superiores a los estimados en plantas recolectadas en los ríos tributarios del humedal. En plantas recolectadas en el río Valdivia, sólo se evidenció la presencia de Aluminio (Tabla 4.3.12).

Tabla 4.3.12. Porcentajes de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) en plantas de *Potamogeton pusillus* (Huiro) recolectadas durante la primavera del año 2014. Concentraciones resultantes de análisis de difracción por rayos X (uso de microscopía electrónica de barrido). Se indica promedio ± 1 desviación estándar para los casos en que se contó con más de una muestra.

zonas	sectores	estación	Fe	Al	Mn
eje central del río Cruces	sector Fuerte San Luis	4	1,9	1,5	0,4
	sector Tres Bocas	29	0,0	0,0	0,0
	sector Punucapa	47	1,4	2,3	0,0
	promedio		**1,1**	**1,3**	**0,1**
	desviación estándar		**1,0**	**1,2**	**0,2**
ríos tributarios del humedal	río Pichoy (interior)	19	0,7	0,0	0,0
	río Cayumapu (interior)	40	0,9	2,5	0,0
	río Cayumapu (exterior)	30	0,0	0,0	0,0
	promedio		**0,5**	**0,8**	**0,0**
	desviación estándar		**0,5**	**1,4**	**0,0**
río Valdivia	sector Torobayo	(*)	0,0	1,3	0,0

Comparaciones históricas

En general, los porcentajes de Hierro, Aluminio y Manganeso estimados en tejidos de Huiro recolectados en el eje central del río Cruces durante el año 2012 fueron inferiores a los de plantas recolectadas en los ríos tributarios, lo que es opuesto a lo observado en la misma área de estudio durante el año 2014. Se observó que durante el año 2014, las concentraciones de estos elementos fueron inferiores a las medidas en el año 2012 (Tabla 4.3.13).

Tabla 4.3.13. Variación temporal de los porcentajes de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) presentes en plantas de *Potamogeton pusillus* (Huiro) recolectadas en el área de estudio durante los años 2012 y 2014. Se indica promedio ± 1 desviación estándar para los casos en que se contó con más de una muestra. Las estaciones en paréntesis son las estudiadas el año 2014.

zonas	sitios	estación	2012			2014		
			Fe	Al	Mn	Fe	Al	Mn
eje central del río Cruces	confluencia río Cruces y río San José	3	2,5	2,5	0,3			
	sector San Luis	4				1,9	1,5	0,4
	sector San Martín	6	2,7	1,4	0,0			
	confluencia ríos Nanihue y Cudico	13	3,1	2,0	0,0			
	sector Tres Bocas	29				0,0	0,0	0,0
	sector Punucapa	47				1,4	2,3	0,0
	promedio		**2,8**	**2,0**	**0,1**	**1,1**	**1,3**	**0,1**
	desviación estándar		**0,3**	**0,5**	**0,1**	**1,0**	**1,2**	**0,2**
ríos tributarios del humedal	río Cudico (interior)	8	6,3	4,5	0,3			
	río Tambillo (intermedio)	24	8,2	4,3	0,0			
	río Pichoy (interior)	19	1,4	1,6	0,3	0,7	0,0	0,0
	río Cayumapu (interior)	40	3,7	3,4	0,1	0,9	2,5	0,0
	río Cayumapu (exterior)	30				0,0	0,0	0,0
	promedio		**4,9**	**3,4**	**0,2**	**0,5**	**0,8**	**0,0**
	desviación estándar		**3,0**	**1,3**	**0,2**	**0,5**	**1,4**	**0,0**
río Valdivia	sector Torobayo	(*)				0,0	1,3	0,0

4.3.4.6. Análisis de difracción por rayos X en plantas de *Potamogeton lucens* (Huiro verde)

Año 2014

La Tabla 4.3.14 muestra que no se detectó Hierro, Aluminio y Manganeso en plantas de Huiro verde recolectadas durante la primavera del año 2014, en los sitios ubicados en el humedal (sector Punucapa y río Cayumapu) y fuera del mismo (río Valdivia).

Tabla 4.3.14. Porcentajes de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) en plantas de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) recolectadas durante la primavera del año 2014. Resultados de análisis de difracción por rayos X (uso de microscopía electrónica de barrido).

zonas	sectores	estación	Fe	Al	Mn
eje central del río Cruces	sector Punucapa	47	0,0	0,0	0,0
ríos tributarios del humedal	río Cayumapu (exterior)	30	0,0	0,0	0,0
río Valdivia	sector Torobayo	(*)	0,0	0,0	0,0

Comparaciones históricas

En general, los porcentajes promedio de Hierro y Manganeso estimados en tejidos de Huiro verde recolectados durante el año 2012 en el eje central del río Cruces y los ríos tributarios del humedal son similares entre sí, con excepción del Aluminio (Tabla 4.3.15). No se detectó Hierro, Aluminio y Manganeso en plantas de Huiro verde recolectadas durante la primavera del año 2014.

Tabla 4.3.15. Variación temporal de los porcentajes de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) presentes en plantas de *Potamogeton lucens* (Huiro verde) recolectadas en el área de estudio durante los años 2012 y 2014. Se indica promedio ± 1 desviación estándar para los casos en que se contó con más de una muestra. Las estaciones en paréntesis son las estudiadas el año 2014.

zonas	sectores	estación	2012			2014		
			Fe	Al	Mn	Fe	Al	Mn
eje central del río Cruces	sector San Martín	6	3,4	20,1	0,3			
	sector Punucapa	47	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	promedio		**2,0**	**10,4**	**0,1**			
	desviación estándar		**2,0**	**13,8**	**0,2**			
ríos tributarios del humedal	río Cayumapu (exterior)	30	2,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
río Valdivia	sector Torobayo	(*)				0,0	0,0	0,0

4.3.4.7. Concentraciones de metales pesados en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) estudiadas mediante ICP-ms

Año 2014

La Tabla 4.3.16 muestra las concentraciones de metales pesados (mg/kg peso seco) en plantas de Luchecillo recolectadas durante el otoño del año 2014. Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso fueron notoriamente superiores a las de Zinc, Cobre y Arsénico, donde los valores promedios fluctuaron aproximadamente entre 15 y 60 mg/kg peso seco en plantas de Luchecillo; en términos generales, no se detectó Cadmio (Cd) y Mercurio (Hg) en las muestras.

En general, las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso en plantas recolectadas en el eje central del río Cruces fueron inferiores a las concentraciones

medidas en los ríos tributarios del humedal y río Valdivia, y a la vez similares a las concentraciones medidas en una muestra del río Calle Calle (Tabla 4.3.16).

Tabla 4.3.16. Concentraciones de metales pesados (mg/kg peso seco) en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas durante el otoño del año 2014. Concentraciones resultantes de análisis con ICP-ms. Se indica promedio ± 1 desviación estándar para los casos en que se contó con más de una muestra.

zonas	Estaciones	Fe	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Hg
eje central del	4	1250,5	1176,3	3435,3	22,6	81,2	0,5	< 0,01	19,5	0,0
río Cruces	25	591,4	477,2	1551,0	16,6	48,2	0,2	< 0,01	18,1	0,0
	29	998,6	886,9	2687,0	15,0	45,8	0,3	0,3	21,1	0,0
	47	664,1	530,0	1677,3	13,4	38,9	0,5	< 0,01	19,3	0,0
	57	1188,1	918,1	2675,8	26,4	62,1	0,3	0,7	24,5	0,0
	promedio	**938,5**	**797,7**	**2405,3**	**18,8**	**55,2**	**0,4**	**0,5**	**20,5**	**0,0**
	desviación estándar	**299,6**	**291,6**	**786,4**	**5,5**	**16,8**	**0,1**	**0,3**	**2,5**	**0,0**
ríos tributarios	19	7308,1	436,4	7298,2	32,9	68,0	0,5	< 0,01	25,5	0,0
del humedal	21	1060,5	578,5	4061,1	17,8	48,4	0,3	< 0,01	20,4	0,0
	40	604,7	238,8	4106,4	16,8	65,5	0,2	< 0,01	18,9	0,0
	30	1754,4	1306,2	2652,7	20,2	58,8	0,5	< 0,01	20,8	0,0
	promedio	**2681,9**	**640,0**	**4529,6**	**21,9**	**60,2**	**0,4**	**< 0,01**	**21,4**	**0,0**
	desviación estándar	**3120,1**	**465,5**	**1965,2**	**7,5**	**8,8**	**0,1**	**0,0**	**2,9**	**0,0**
río Calle Calle	50	1015,8	648,7	1602,5	12,1	52,5	0,3	< 0,01	31,1	0,0
río Valdivia	(*)	2881,8	1287,3	2361,3	16,7	70,5	0,5	0,7	37,7	0,0

Comparaciones históricas

En general, las concentraciones de Hierro, medidas en tejidos de plantas de Luchecillo recolectadas en el eje central del río Cruces *versus* las recolectadas en sus ríos tributarios fueron distintas entre sí. Para estas zonas, se observó que durante los años 2004 y 2008 las concentraciones de Hierro fueron claramente superiores a las analizadas durante los años 2012 y 2014 (Tabla 4.3.17 y Fig. 4.3.60), y estas, a la vez, fueron más altas

que las medidas en plantas de Luchecillo de los ríos Calle Calle y Valdivia. Durante el año 2014, las plantas del río Calle Calle alcanzaron niveles de Hierro muy por abajo de los encontrados años anteriores para esa zona (Tabla 4.3.17 y Fig. 4.3.60).

Durante el año 2004, los resultados de los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas ($p<0,05$), entre las concentraciones de Hierro medidas en plantas de Luchecillo provenientes del eje central del río Cruces y de los ríos tributarios del humedal *versus* las de plantas recolectadas en el río Calle (Fig. 4.3.60); situación similar ocurrió durante los años 2008 y 2012 (Tabla 4.3.20 y Fig. 4.3.60).

En general, las concentraciones de Aluminio, medidas en tejidos de Luchecillo recolectados en el eje central del río Cruces fueron más bajas que las de plantas recolectadas en los ríos tributarios del humedal (Tabla 4.3.18 y Fig. 4.3.60). En estas zonas, el Aluminio detectado en plantas de Luchecillo tuvo mayores concentraciones durante los años 2008 y 2012 las concentraciones de Aluminio fueron muy superiores a las analizadas durante el año 2014, situación similar a la observada en plantas recolectadas en los ríos Calle Calle y Valdivia (Tabla 4.3.18 y Fig. 4.3.60). Pese a tales diferencias, los resultados de los análisis estadísticos no evidenciaron diferencias significativas ($p>0,05$) al comparar sectores para los años entre tratamientos (áreas) no se evidenció diferencias significativas durante los años 2008, 2012 y 2014 (Tabla 4.3.20 y Fig. 4.3.60).

Las concentraciones de Manganeso, medidas en plantas de Luchecillo recolectadas en los ríos tributarios del humedal fueron mayores a las recolectadas en el eje central del río Cruces, y estas a la vez, fueron superiores a las medidas en plantas de los ríos Calle Calle y Valdivia (Tabla 4.3.19). Durante los años 2004 - 2008, las concentraciones de Manganeso fueron superiores a las medidas durante los años 2012 y 2014 (Tabla 4.3.19 y Fig. 4.3.60). Al igual que el Hierro y el Aluminio, las concentraciones de Manganeso en muestras de Luchecillo provenientes del río Calle Calle durante el año 2014 fueron inferiores a la de años anteriores en ese sector (Tabla 4.3.19). Sólo durante el año 2004 se detectaron diferencias significativas en las concentraciones de Manganeso al comparar

zonas o sectores de estudio: durante ese año, las concentraciones de este metal en plantas de los ríos tributarios del humedal fueron significativamente más altas ($p>0,05$) que las medidas en plantas provenientes del río Calle Calle (Tabla 4.3.20 y Fig. 4.3.60).

Tabla 4.3.17. Variación temporal en las concentraciones de Hierro (Fe) (mg/kg peso seco) presentes en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas en el área de estudio durante el período 2004-2014. Se indica promedio ± 1 desviación estándar. (*) Indica la existencia de un solo dato para ese año. sd = sin dato. Se indican en paréntesis al lado de cada sector, el número de estaciones desde donde se recolectaron muestras el año 2014.

zonas	Sectores	estación	2004	2008	2012	2014
eje central del	confluencia ríos Cruces y San José	3			11958,0	
río Cruces	sector San Luis 1	4	26107,0			1250,5
	sector San Luis 2	5	28295,0			
	sector San Martín 1	6			8847,0	
	sector San Martín 2	7			15299,0	
	confluencia ríos Nanihue y Cudico	13			6636,0	
	sector Santa María	10			10461,0	
	sector Rialejo norte	25				591,4
	sector Tres Bocas	29	16799,0		7190,0	998,6
	sector Chorocamayo 1	33			4812,0	
	sector Chorocamayo 2	35	40407,0		5561,0	
	sector Punucapa 1	44	27302,0			
	sector Punucapa 2	45	36776,0		10949,0	
	sector Punucapa 3	47	35584,0			664,1
	sector Cabo Blanco	48	41920,0			
	sector Isla Teja	57				1188,1
	promedio		**31648,8**	**57228 (*)**	**9079,2**	**938,5**
	desviación estándar		**8496,6**		**3401,4**	**299,6**
ríos tributarios	río San José	1			9663,0	
del humedal	río Nanihue (interior)	9	22958,0		13388,0	
	río Nanihue (exterior)	12	30993,0			
	río Cudico (interior)	8	9553,0		10885,0	
	río Cudico (exterior)	11			16850,0	
	río Santa María (intermedio)	16	27809,0		11463,0	
	río Pichoy (exterior)	21				1060,5
	río Pichoy	17	31156,0		43846,0	
	río Pichoy	22			20364,0	
	río Pichoy (interior)	19				7308,1
	río Tambillo (exterior)	28	48338,0		10862,0	
	río Tambillo (interior)	20			23407,0	
	río Tambillo (intermedio)	24				
	río Cayumapu (exterior)	30	37152,0		13386,0	1754,4

Continuación **Tabla 4.3.17.**

zonas	Sectores	estación	2004	2008	2012	2014
	río Cayumapu	32	37723,0	34739,0	9914,0	
	río Cayumapu (intermedio)	34	41717,0			
	río Cayumapu (interior)	40	15371,0		11946,0	604,7
	río San Ramón	42	32260,0	35406,0		
	promedio		**28086,2**	**24051,0**	**15229,7**	**2548,3**
	desviación estándar		**13544,9**	**19092,7**	**10076,4**	**2718,6**
río Calle Calle	frente Aguas Décima	50		15984,0	3717,0	
	sector Las Animas	53		3141,0	11954,0	
	frente a terminal de buses	63	6533,0	3755,0	8743,0	
	sector playa Las Animas	68	10186,0		5898,0	
	promedio		**8359,5**	**7626,7**	**7578,0**	**1016,0 (*)**
	desviación estándar		**2583,1**	**7244,2**	**3570,1**	
río Valdivia	frente Edificio Arquitectura	56			5882,0	
	frente Corporación Cultural	62			7862,0	
	frente Club de Yates	65			8409,0	
	Frente Hotel Naguilán	67			14791,0	
	promedio		**12564 (*)**	**sd**	**9236,0**	**2882 (*)**
	desviación estándar				**3859,2**	

Tabla 4.3.18. Variación temporal en las concentraciones de Aluminio (Al) (mg/kg peso seco) presentes en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas en el área de estudio durante el período 2008-2014. Se indica promedio ± 1 desviación estándar. (*) indica la existencia de un solo dato para ese año. sd = sin dato. Se indican en paréntesis al lado de cada sector, el número de estaciones desde donde se recolectaron muestras el año 2014.

área	Sectores	estación	2008	2012	2014
eje central del	confluencia ríos Cruces y San José	3		3637,0	
río Cruces	sector San Luis 1	4			1176,3
	sector San Luis 2	5			
	sector San Martín 1	6		4821,0	
	sector San Martín 2	7		7600,0	
	confluencia ríos Nanihue y Cudico	13		3842,0	
	sector Santa María	10		5978,0	
	sector Rialejo norte	25			477,2
	sector Tres Bocas	29		2696,0	886,9
	sector Chorocamayo 1	33		2778,0	
	sector Chorocamayo 2	35		2979,0	
	sector Punucapa 3	47			530,0
	sector Punucapa 2	45		6072,0	
	sector Isla Teja	57			918,1
	promedio		**2277 (*)**	**4489,2**	**797,7**
	desviación estándar			**1734,9**	**291,6**
ríos tributarios	río San José	1		4807,0	
del humedal	río Nanihue (interior)	9		8231,0	
	río Cudico (interior)	8		4106,0	
	río Cudico (exterior)	11		7582,0	
	río Santa María	16		5183,0	
	río Pichoy (exterior)	21			578,5
	río Pichoy	17		6726,0	
	río Pichoy	22		8096,0	
	río Pichoy (interior)	19			436,4
	río Tambillo (exterior)	28		3752,0	
	río Tambillo (interior)	20		8466,0	
	río Tambillo (intermedio)	24		2696,0	
	río Cayumapu (exterior)	30		2132,0	1306,2

Continuación **Tabla 4.3.18.**

área	sectores	estación	2008	2012	2014
	río Cayumapu (intermedio)	34	14947,0	3470,0	
	río Cayumapu (interior)	40		5724,0	238,8
	río San Ramón	42	2462,0		
	promedio		**6472,3**	**5213,1**	**914,8**
	desviación estándar		**7342,8**	**2300,5**	**734,9**
río Calle Calle	frente Aguas Décima	50	11743,0	2577,0	
	sector Las Animas	53	1700,0	5329,0	
	frente a terminal de buses	63	2036,0	4446,0	
	sector playa Las Animas	68		3420,0	
	promedio		**5159,7**	**3943,0**	**648,7 (*)**
	desviación estándar		**5703,8**	**1199,1**	
río Valdivia	frente Edificio Arquitectura	56		3707	
	frente a Corporación Cultural	62		3164	
	frente Club de Yates	65		2968	
	frente Hotel Naguilán	67		5473	
	promedio		**sd**	**3828,0**	**1287,3 (*)**
	desviación estándar			**1140,3**	

Tabla 4.3.19. Variación temporal en las concentraciones de Manganeso (Mn) (mg/kg peso seco) presentes en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas en el área de estudio durante el período 2004-2014. Se indica promedio ± 1 desviación estándar. (*) indica la existencia de un solo dato para ese año. sd = sin dato. Se indican en paréntesis al lado de cada sector, el número de estaciones desde donde se recolectaron muestras el año 2014.

área	Sectores	estación	2004	2008	2012	2014
eje central del	confluencia ríos Cruces y San José	3			7474,0	
río Cruces	sector San Luis 1	4	12911,0			3435,3
	sector San Luis 2	5	9714,0			
	sector San Martín 1	6			2187,0	
	sector San Martín 2	7			2616,0	
	confluencia ríos Nanihue y Cudico	13			3393,0	
	sector Santa María	10			3886,0	
	sector Rialejo norte	25				1551,0
	sector Tres Bocas	29	8244,0		11983	2687,0
	sector Chorocamayo 1	33			8433,0	
	sector Chorocamayo 2	35	5944,0		10426,0	
	sector Punucapa 1	44	5281,0			
	sector Punucapa 2	45	3766,0			
	sector Punucapa 3	47	6239,0		5375,0	1677,3
	sector Cabo Blanco	48	7797,0			
	sector Isla Teja	57				2675,8
	promedio		**7487,0**	**2538 (*)**	**6197,0**	**2405,3**
	desviación estándar		**2871,0**		**3549,2**	**786,3**
ríos tributarios	río San José	1			3023,0	
del humedal	río Nanihue (interior)	9	13697,0		3025,0	
	río Nanihue (exterior)	12	10330,0			
	río Cudico (interior)	8	13903,0		5987,0	
	río Cudico (exterior)	11			6938,0	
	río Santa María	16	10578,0		5134,0	
	río Pichoy (exterior)	21				4061,0
	río Pichoy	17	12979,0		4684,0	
	río Pichoy	22			4917,0	
	río Pichoy (interior)	19				7298,0
	río Tambillo (exterior)	28	7205,0		8393,0	
	río Tambillo (interior)	20			10458,0	
	río Tambillo (intermedio)	24			11983,0	
	río Cayumapu (exterior)	30	7112,0		5454,0	2652,7

Continuación **Tabla 4.3.19.**

área	Sectores	estación	2004	2008	2012	2014
	río Cayumapu	32	9423,0	26539,0	11401,0	
	río Cayumapu (intermedio)	34	9889,0			
	río Cayumapu (interior)	40	11873,0		11946,0	4106,4
	río San Ramón	42	4776,0	3977,0		
	promedio		**9480,8**	**10841,3**	**6811,1**	**4026,4**
	desviación estándar		**3645,9**	**13630,2**	**3454,8**	**2040,1**
río Calle Calle	frente Aguas Décima	50		1222,0	2527,0	
	sector Las Animas	53		2589,0	8467,0	
	frente a terminal de buses	63	2396,0	3371,0	3211,0	
	sector playa Las Animas	68	5232,0		4411,0	
	promedio		**3814,0**	**2394,0**	**4654,0**	**1602,5 (*)**
	desviación estándar		**2005,4**	**1087,7**	**2658,6**	
río Valdivia	frente Edificio Arquitectura	56			3757	
	frente a Corporación Cultural	62			4203	
	frente Club de Yates	65			3017	
	frente Hotel Naguilán	67			2958	
	promedio		**5130,0 (*)**	**sd**	**3483,8**	**2361,3 (*)**
	desviación estándar				**601,7**	

Tabla 4.3.20. Comparaciones pareadas (Andeva de una vía y método Holm-Sidak) entre las concentraciones de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas durante los años 2004, 2008, 2012 y 2014 en el eje central del río Cruces (ecrC), ríos tributarios del humedal (rth), río Calle Calle (rCC) y río Valdivia (rV). * = Test no paramétrico de Kruskal Wallis. No se realizaron análisis estadístico para las áreas que presentan una sola muestra. Para cada comparación se indica el nivel de p valor. Valores de p en negrillas indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre tratamientos (*i.e.*, áreas). sd = sin dato.

año	zonas	Fe	Al	Mn
2004	ecrC - rCC	**0,008**	sd	0,12
	rth - r CC	**0,01**	sd	**0,01**
	ecrC - rth	0,80	sd	0,06
2008	rth - r CC	**0,02**	0,57 *	0,14
2012	ecrC - rCC	0,42	0,44	0,12 *
	rth - r CC	**0,005**	0,44	0,12 *
	ecrC - r V	0,05	0,44	0,12 *
	rth - r V	0,93	0,44	0,12 *
	r V - r CC	0,45	0,44	0,12 *
	ecrC - rth	**0,008**	0,44	0,12 *
2014	ecrC - rth	0,13	0,16	0,16

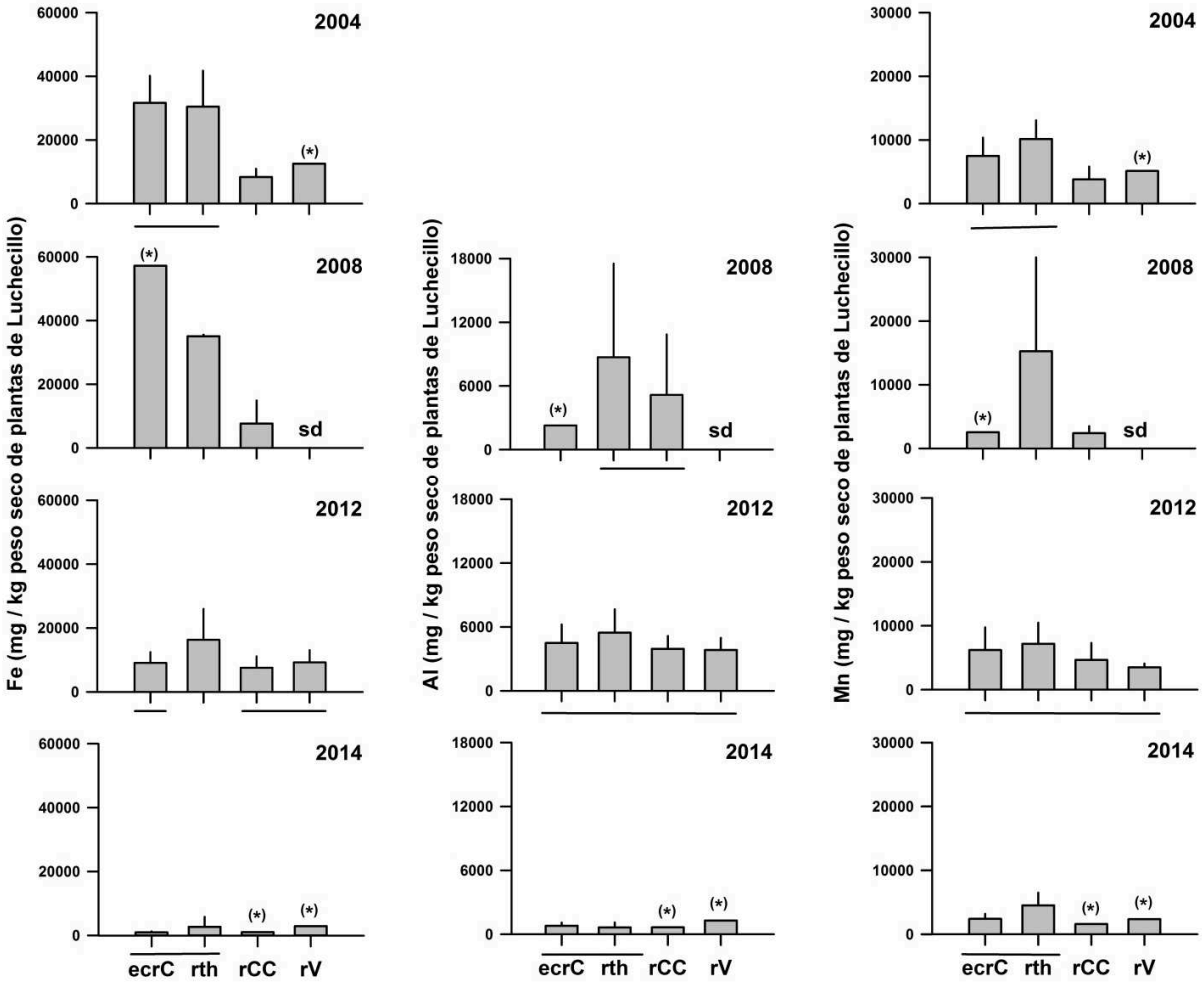


Figura 4.3.60. Variación histórica de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso (mg/kg de peso seco) en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) recolectadas durante los años 2004, 2008, 2012 y 2014 en el eje central del río Cruces (ecrC), ríos tributarios del humedal (rth), río Calle Calle (rCC) y río Valdivia (rV). sd = sin datos para el río Valdivia. (*) Indica la existencia de un solo dato para esa área. Los valores son promedio + 1 desviación estándar. Las barras unen promedios que no difieren significativamente entre sí ($p > 0,05$).

4.3.4.8. Concentraciones de metales pesados en Luchecillo, agua superficial y sedimentos

Las concentraciones de Hierro, Aluminio, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio en plantas de Luchecillo recolectadas durante abril del año 2014 no muestran correlaciones significativas con las concentraciones de metales pesados disueltos en el agua (Tabla 4.3.21 y Fig.4.3.61). La concentración de Manganeso en estas plantas estuvo

significativa y positivamente correlacionada con la concentración de Manganeso disuelto en agua (Fig. 4.3.61).

En general, las concentraciones de metales pesados presentes en los tejidos de Luchecillo no mostraron correlación significativa con las concentraciones de metales pesados particulados presentes en el medio acuático (Tabla 4.3.21 y Fig. 4.3.61); sin embargo, las concentraciones de Hierro y Zinc en plantas de Luchecillo incrementaron a medida que aumentaron las concentraciones de estos elementos particulados en el agua superficial (Fig. 4.3.61).

Las concentraciones de metales pesados medidos en plantas de Luchecillo no mostraron correlaciones significativas con las concentraciones de Metales pesados presentes en el sedimento de sitios donde se recolectaron las plantas (Tabla 4.3.21 y Fig. 4.3.62).

Tabla 4.3.21. Comparaciones pareadas realizadas con análisis de regresión lineal entre las concentraciones de Hierro (Fe), Aluminio (Al), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Arsénico (As) y Mercurio (Hg) medidas en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) *versus* las medidas en el sedimento y agua superficial durante abril de 2014 en el área de estudio. (*) indica la existencia de un sólo dato, por lo cual no se pudo realizar análisis de regresión lineal. Para cada comparación se indican los valores de r^2 y p. En negrilla se indican las regresiones lineales significativas.

Metales pesados	**disuelto en agua (µg/L)**		**particulado en agua (µg/L)**		**sedimento (µg/g)**	
	r^2	**p**	**r^2**	**p**	**r^2**	**p**
Hierro (Fe)	0,07	0,22	**0,31**	**0,007**	0,12	0,11
Aluminio (Al)	0,01	0,62	0,01	0,57	0,04	0,36
Manganeso (Mn)	**0,56**	**<0,001**	0,13	0,08	0,06	0,24
Cobre (Cu)	0,03	0,38	0,01	0,59	0,03	0,43
Zinc (Zn)	0,01	0,63	**0,19**	**0,04**	0,1	0,15
Plomo (Pb)	-	-	0,01	0,63	0,01	0,64
Cadmio (Cd)	-	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	-	-	-	-	0,05	0,28
Mercurio (Hg)	-	-	-	-	0,002	0,83

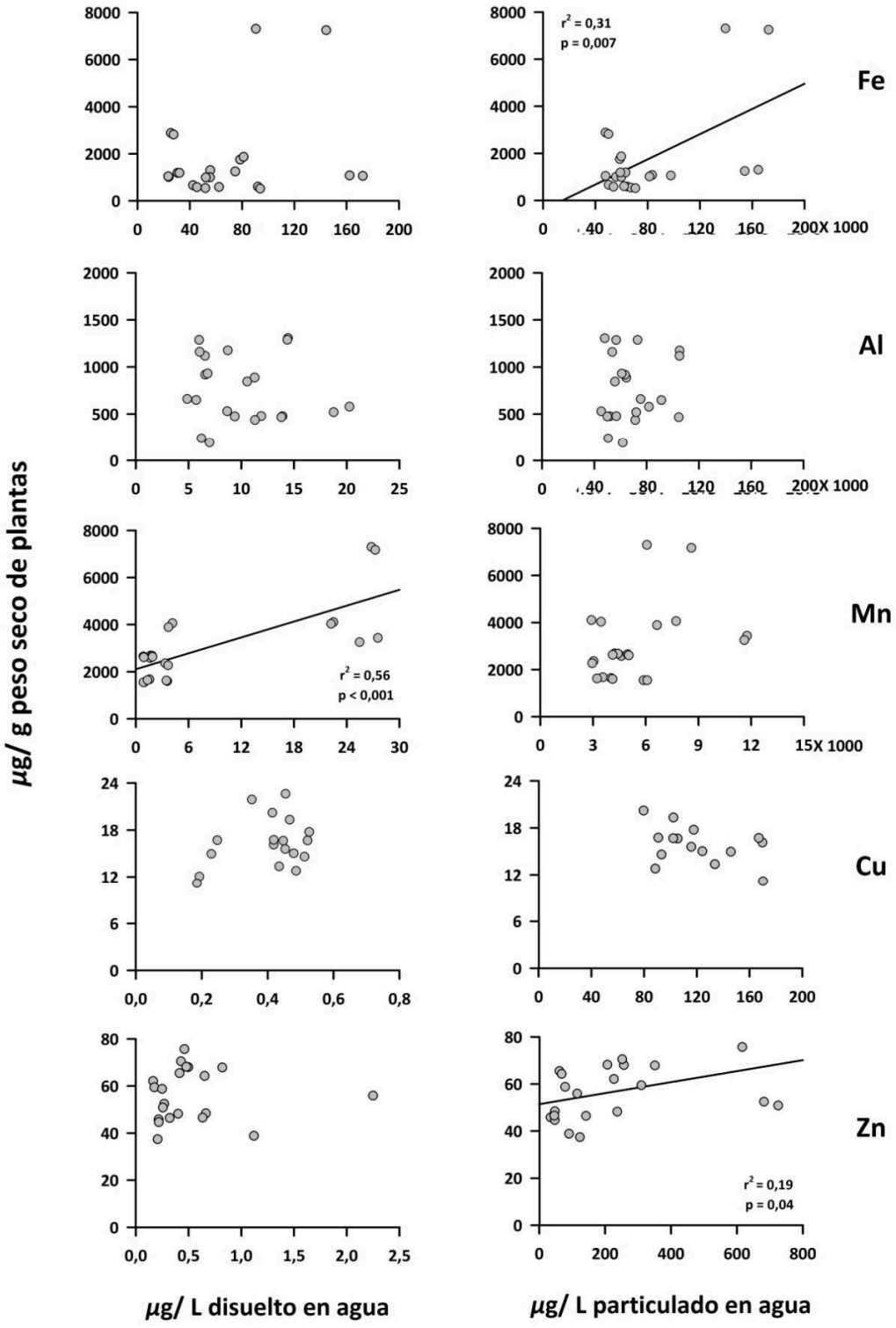
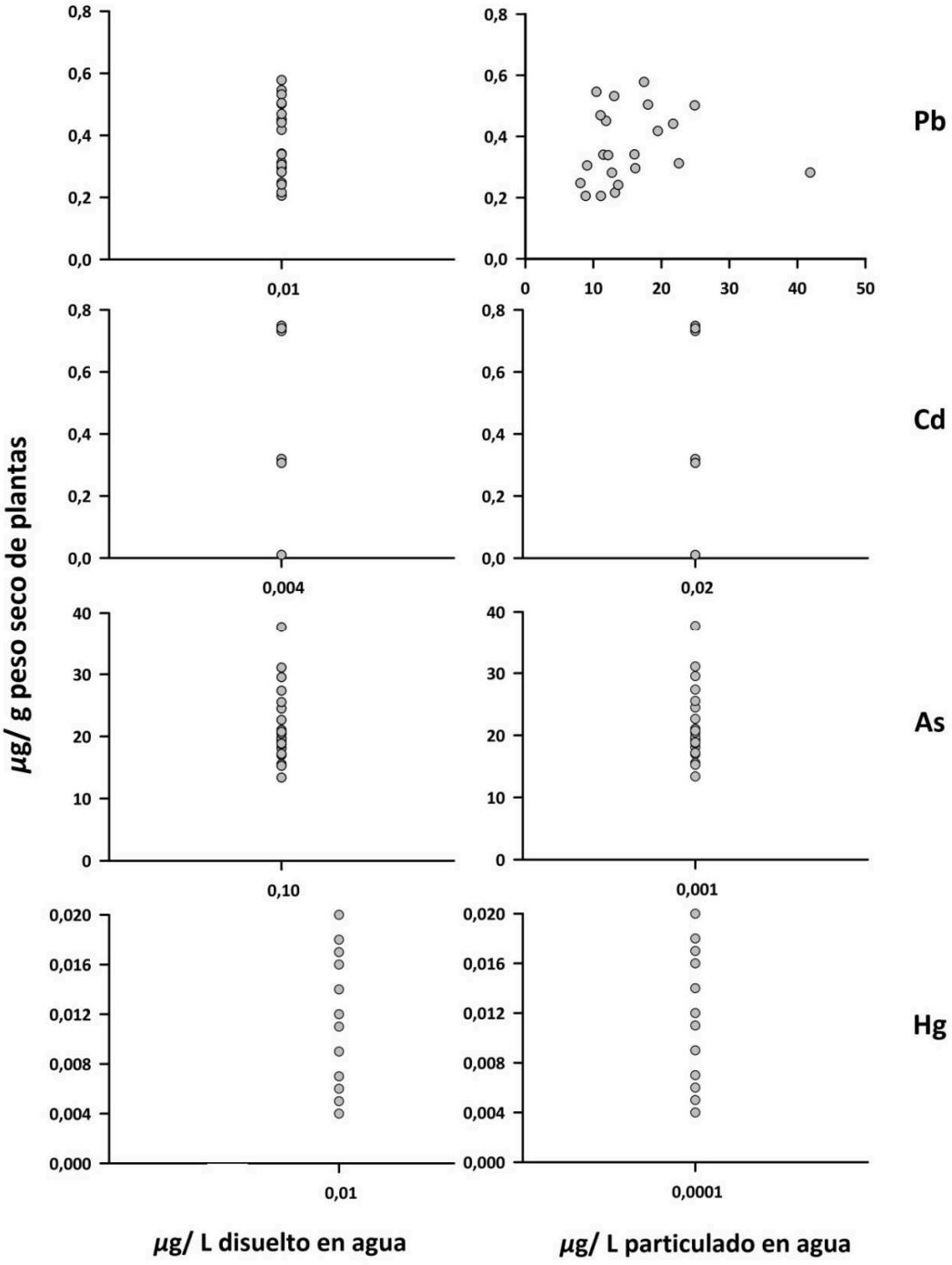


Figura 4.3.61. Relación entre las concentraciones de metales pesados medidas en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) *versus* las concentraciones de metales pesados disueltos y particulados medidas en el agua superficial del área de estudio.

Continuación **Figura. 4.3.61**



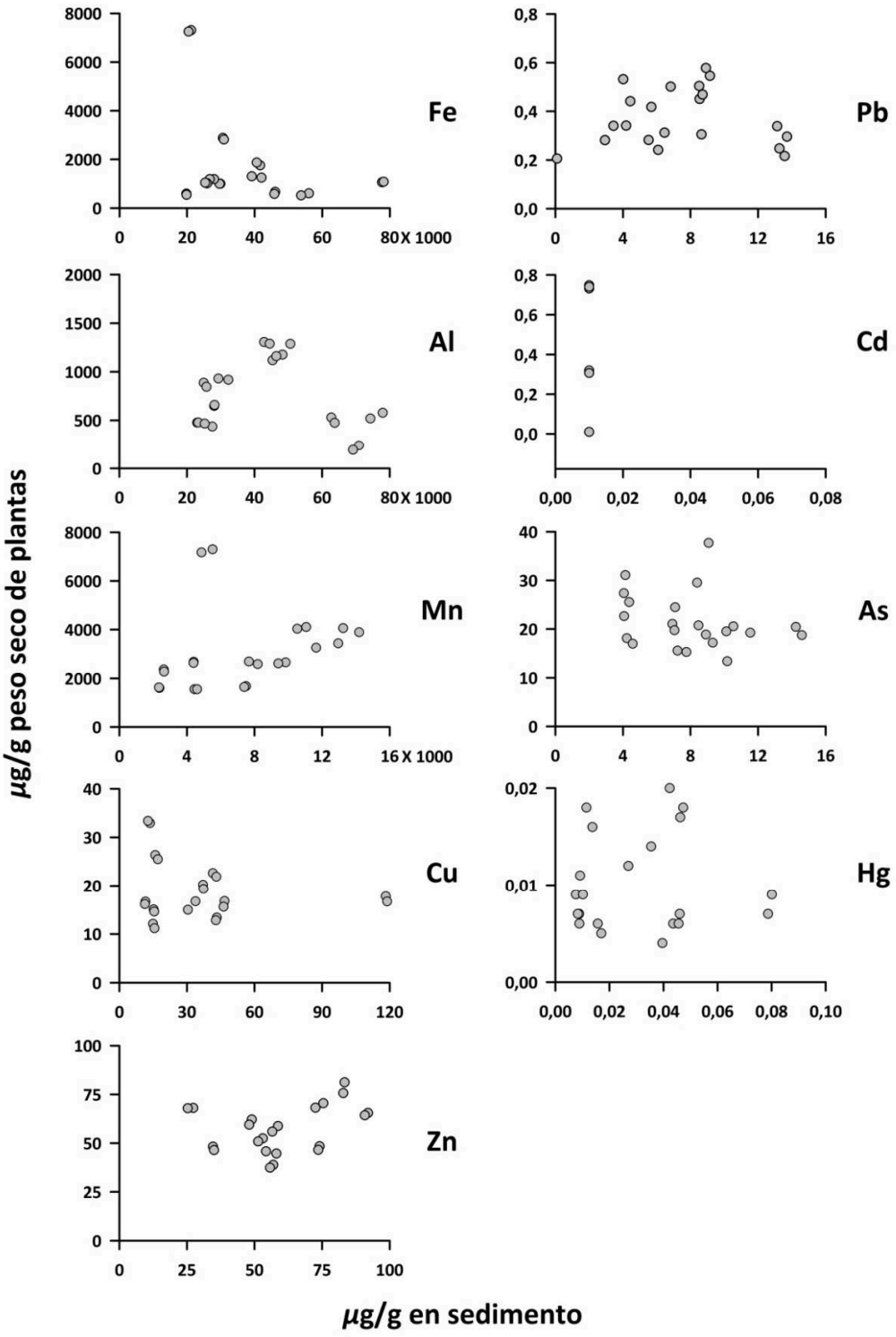


Figura. 4.3.62. Relación entre las concentraciones de metales pesados medidas en plantas de *Egeria densa* (Luchecillo) *versus* las concentraciones de metales pesados medidas en los fondos de los sitios donde se recolectaron esas plantas.

4.3.5. Discusión

La cobertura espacial actual del Luchecillo en las riberas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, tuvo un notorio aumento en comparación con lo registrado en años anteriores (periodo comprendido entre el 2008 y 2015), donde la presencia de esta macrófita acuática se vio claramente disminuida en el área. Pero no sólo el Luchecillo (*Egeria densa*) incrementó su cobertura espacial, también lo hicieron otras especies de macrófitas sumergidas como el Huiro (*Potamogeton pusillus*) y el Huiro verde (*Potamogeton lucens*).

Los resultados de este estudio, muestran relaciones significativas e inversas entre concentraciones de Sólidos suspendidos totales (SST) y transparencia del agua en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; *i.e*., los valores de transparencia del agua son más altos cuando las concentraciones de SST son más bajas.

Los valores de SST y transparencia del agua mostraron en general, una tendencia significativa a disminuir y aumentar en el área del humedal y sus ríos tributarios durante el período 2009 - 2015. A su vez, los SST y la transparencia del agua variaron interanualmente de modo significativo con la cobertura del Luchecillo (inversa y directamente, respectivamente), la cual aumentó significativamente en período similar de tiempo. Por el contrario, no se detectó variabilidad inter-anual significativa en las concentraciones de SST y transparencia del agua, además de la cobertura del Luchecillo, en los sectores ubicados fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Fig. 4.3.63).

Las conclusiones anteriores, permiten hipotetizar que la presencia notoria de aguas marrón en el área del humedal - además del canal mareal Cau-Cau y parte de los ríos Calle Calle y Valdivia - en los años posteriores a los cambios ambientales que ocurrieron en el HRC y sus ríos tributarios en el año 2004, tuvo relación con la pérdida del Luchecillo en el área. En otras palabras, la desaparición de la trampa biológica de mayor

representación en el área con anterioridad al año 2004, habría resultado en la presencia de mayores volúmenes de Sólidos suspendidos totales, con la consecuente disminución de la transparencia del agua.

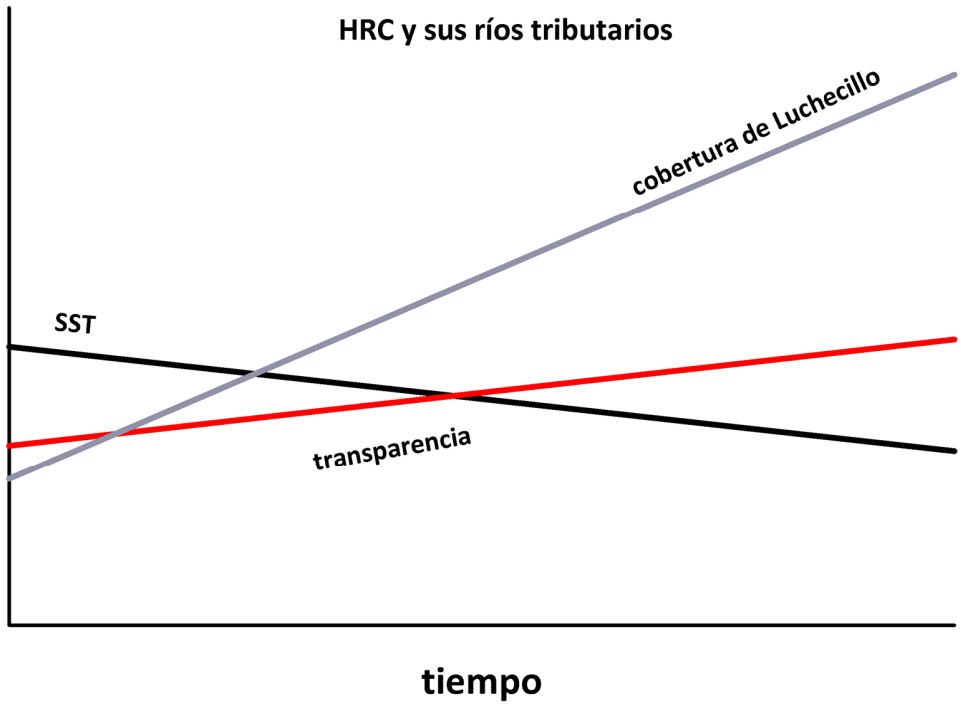


Figura 4.3.63. Esquema virtual de la variabilidad interanual de las concentraciones de Sólidos suspendidos totales (SST), transparencia del agua y cobertura de *Egeria densa* (Luchecillo) en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. La escala de tiempo considera el período 2008 - 2015.

Luego del inicio de la recuperación de la cobertura del Luchecillo el año 2008 (no hay evidencias que tal proceso haya comenzado antes), habría comenzado el proceso de disminución de Sólidos suspendidos totales en el agua y aumento de transparencia en la misma. Este proceso habría sido acompañado además, por el aumento en cobertura de otras macrófitas natantes (*Potamogeton pusillus* o Huiro y *Potamogeton lucens* o Huiro verde), las que con anterioridad al año 2004 ocurrían con menor cobertura a la que muestran hoy día. Todo lo anterior muestra una vez más el dinamismo espacio – temporal del humedal del río Cruces y sus ríos.

En el presente estudio se evidenció también un incremento notorio en la presencia y cobertura de plantas de Flecha de agua (*Sagittaria montevidensis*) desde la riberas hacia el centro del río Cruces y algunos de sus ríos tributarios. La expansión de esta especie en el área se puede deber probablemente a un proceso de sucesión hacia el centro del río (*cf.*, Ramírez *et al*., 1982), donde las plantas sumergidas (*e.g*., Luchecillo) retienen y depositan el sedimento en el fondo, disminuyendo la profundidad y permitiendo el avance de otras especies de plantas acuáticas hacia el centro del cauce (San Martín *et al*., 1999).

En la mayoría de los sitios del área de estudio, se observó un claro patrón de zonación espacial de las principales macrófitas acuáticas, en forma de franjas paralelas a la orilla desde el medio acuático al terrestre (San Martín *et al*., 1999), conformada primariamente por una zona de plantas acuáticas sumergidas (*e.g*., *Egeria densa* y *Potamogeton pusillus*), zona de plantas acuáticas natantes (*Nymphaea alba*) y zona de plantas palustres o pantano (*Scirpus californicus*).

El estudio del color de las hojas y estado de la superficie de las mismas, evidencia el buen estado sanitario de plantas de Luchecillo (*Egeria densa*), Huiro (*Potamogeton pusillus*) y Huiro verde (*Potamogeton lucens*) en el área de estudio, lo que es coincidente con la disminución en las concentraciones de metales pesados en las mismas.

En términos generales, las concentraciones promedio de metales pesados (Fe, Al, Mn) resultantes de los análisis de difracción por rayos X y de ICP-ms (mg/kg peso seco) en plantas de Luchecillo recolectadas en el área de estudio, muestran claramente una disminución interanual durante los últimos 10 años (período 2004-2014) en las concentraciones de esos elementos en sus tejidos. Comparativamente, los resultados obtenidos con ambas metodologías muestran la misma tendencia a la disminución de metales pesados en el tiempo. Los análisis de difracción por rayos X en plantas de Huiro y Huiro verde muestran un patrón similar al arriba mencionado para el Luchecillo.

Durante el año 2004, la concentración promedio de Hierro (mg/kg peso seco) en muestras de Luchecillo recolectadas en el eje central del río Cruces fue aproximadamente 30 veces mayor a las recolectadas durante el año 2014; similar tendencia se observó para el Aluminio (aproximadamente 3,5 veces mayor) y Manganeso (aproximadamente 3 veces mayor); sin embargo las diferencias no fueron tan altas como la indicada para el Hierro. Las plantas de Luchecillo recolectadas en los ríos tributarios del humedal del río Cruces, tuvieron una concentración promedio de Hierro 10 veces mayor durante el año 2004, tendencia similar ocurrió nuevamente con Aluminio (13 veces mayor) y Manganeso (2 veces mayor), no obstante, para el Hierro y Manganeso las magnitudes de diferencias fueron menores a la registrada para el eje central del río Cruces.

Los resultados de este estudio refuerzan una mejoría en las coberturas y estado sanitario de las macrófitas acuáticas sumergidas más comunes del humedal del río Cruces, especialmente en el Luchecillo cuya cobertura había disminuido drásticamente durante los cambios ambientales ocurridos durante el año 2004.

4.3.6. Conclusiones

- La distribución y cobertura espacial actual del Luchecillo en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios es mayor a lo observado en años anteriores.
- En general, el área de estudio estuvo representada por el siguiente patrón de zonación espacial de macrófitas acuáticas desde la ribera hacia el cauce: i) zona de plantas palustres, iii) zona de plantas natantes y iii) zona de plantas sumergidas, cada especie característica de su zona.
- La transparencia del agua dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y fuera de este, estuvo significativa e inversamente correlacionada con la concentración de Sólidos suspendidos totales (SST).
- Los valores de concentración de SST y de transparencia del agua dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, variaron significativamente en el

período 2009 - 2015 (disminución y aumento temporal significativo en el tiempo, respectivamente).

● La cobertura de Luchecillo aumentó significativamente dentro del humedal y sus ríos tributarios entre el año 2008 y 2015.

● Se confirmaron correlaciones significativas entre la disminución de las concentraciones de SST y disminución de la transparencia del agua con el aumento temporal en la cobertura del Luchecillo.

● Lo anterior muestra que se está ante la presencia de un "feed - back" positivo o interacción de retroalimentación positiva entre macrófitas acuáticas y calidad de agua, medida esta, eso sí, sólo en base a SST y transparencia del agua.

● En general, el aspecto y/o estado sanitario de plantas de Luchecillo del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, muestra una mejoría notoria en relación al período 2004-2008, situación similar a lo observado en plantas de Huiro y Huiro verde.

● Las concentraciones de metales pesados medidas por difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido en plantas de Luchecillo recolectadas en el eje central del río Cruces y sus ríos tributarios durante el año 2014, fueron notoriamente menores a las estudiadas durante los años 2004, 2008 y 2009 en la misma área; situación similar a lo observado en plantas de Huiro y Huiro verde en el área de estudio.

● Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso medidas con ICP - ms en plantas de Luchecillo (mg/kg peso seco) recolectadas en el eje central del río Cruces y sus ríos tributarios durante el año 2014, fueron significativamente más bajas a las estudiadas durante los años 2004 y 2008 en la misma área y similares a lo observado fuera del humedal (ríos Calle Calle y Valdivia).

● En general, no se evidenciaron correlaciones significativas entre las concentraciones de metales pesados medidas en plantas de Luchecillo y las medidas en el agua y sedimentos del área de estudio.

- Se observó un notorio aumento en la distribución espacial y cobertura de la macrófita acuática Flecha de agua (*Sagittaria montevidensis*) en diferentes sectores del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, lo que sugiere la presencia de un proceso de sucesión ecológica de esta planta.

4.3.7. Referencias

Corti, P., and R. Schlatter. 2002. Feeding ecology of black-necked swans in wetland of southern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment 37: 9-14.

Medina-Vogel, G., V. S. Kaufmann, R. Monsalve, and V. Gómez. 2003. The influence or riparian vegetation, woody debris, stream morphology and human activity on the use of rivers by southern river otters *Lontra provocax* in Chile. Oryx 37: 422-430.

Ramírez, C., R. Godoy, D. Contreras y E. Stegmaier. 1982. Guía de plantas acuáticas y palustres Valdivianas. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 52 pp.

Ramírez, C., C. San Martín, R. Medina y D. Contreras. 1991. Estudio de la flora hidrófila del Santuario de la Naturaleza "río Cruces" (Valdivia, Chile). Gayana (Botánica) 48: 67-80.

Ramírez, C., E. Carrasco, S. Mariani y N. Palacios. 2006. La Desaparición del Luchecillo (*Egeria densa*) del Santuario del río Cruces (Valdivia, Chile): una hipótesis plausible. Ciencia y Trabajo 8:79-86.

Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, 167 pp.

Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1995. Biometry the principles and practice of statistics in biological research. Second edition. W.H. Freeman. New York, USA. 859 pp.

UACh. 2005. Estudio sobre el origen de mortalidades y disminución poblacional de aves acuáticas en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en la Provincia de Valdivia. Informe Final. UACH - CONAMA X Región. 539 pp.

UACh. 2008. Estudio sobre la variabilidad de factores ambientales en el humedal del río Cruces y tolerancia del Luchecillo (*Egeria densa*) a temperaturas extremas origen. Informe Final. UACh. 83 pp.

UACh. 2014. Diagnóstico ambiental del humedal del río Cruces basado en la comparación de condiciones ambientales actuales e históricas: bases para su monitoreo y sustentabilidad. Informe Final. SEA - MMA - UACh. 374 pp.

San Martín, C., C. Ramírez y P. Ojeda. 1999. Distribución de macrófitos y patrones de zonación ribereña en la cuenca del río Valdivia, Chile. Revista Geográfica de Valparaíso 30: 117-126.

San Martín, C., C. Ramírez y M. Álvarez. 2003. Macrófitos como bioindicadores: Una propuesta metodológica para caracterizar ambientes dulceacuícolas. Revista Geográfica de Valparaíso 34: 243-253.

Yarrow, M., V. H. Marín, M. Finlayson, A. Tironi, L. E. Delgado and F. Fischer.2009. The ecology of *Egeria densa* Planchon (Liliopsida: Alismatales): A wetland ecosystem engineer?. Revista Chilena de Historia Natural 82:299-313.

4.4. Análisis espacio - temporal de la calidad del agua y cobertura de macrófitas acuáticas mediante sensores remotos (Estudio 4):

4.4.1. Antecedentes

Los humedales son ecosistemas de gran importancia, tanto por los múltiples servicios que proveen al ser humano, como por que albergan y sustentan una gran diversidad de organismos (Correa-Araneda *et al*., 2011; Fariña y Camaño 2012; Marquet *et al.,* 2012). Entre los servicios que entregan los humedales al ser humano se encuentran la provisión y mejoramiento de la calidad del agua, la retención de sedimentos y contaminantes, la retención y remoción de nutrientes, la captura o secuestro de carbono, la explotación pesquera y la amortiguación hidráulica de inundaciones invernales y tsunamis (Correa-Araneda *et al.*, 2011; Marquet *et al.,* 2012). Sin embargo y pese a su gran importancia, los humedales se caracterizan por enfrentar un gran número de amenazas, particularmente debido a la acción del ser humano. El crecimiento urbano tiende a transformar el paisaje, y en particular los humedales, al canalizar o extraer sus aguas, rellenándolos para uso habitacional. En otros casos, los humedales son empleados como puntos de desecho de basura. El conjunto de estas amenazas trae como resultado una alta tasa de deterioro o destrucción de los humedales (Mitsch 1994; Muñoz y Möller 1997; Boavida 1999).

El humedal del río Cruces (HRC) se formó luego del terremoto de 1960, tras el hundimiento de las tierras agrícolas bajas en las riberas del río Cruces y su red hidrográfica, siendo colonizado por diversas especies vegetales (acuáticas y palustres), al igual que por cerca de 80 especies de avifauna (Escaida *et al.,* 2014). Dada su gran biodiversidad, en el año 1981 gran parte del humedal fue declarado Santuario de la Naturaleza, incorporándose al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). El mismo año de su declaración como santuario, el área fue designada como Humedal de Importancia Internacional, incorporándolo a la Lista de la Convención Ramsar. La Convención Ramsar es un tratado intergubernamental, suscrito por Chile en

1981, cuya misión es la conservación y el uso racional de los humedales, buscando contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo. En el año 1999, más de 20 años después de la declaración del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter y su incorporación a la Convención Ramsar, se inició la construcción de la planta Valdivia de la empresa Celulosa Constitución-Arauco S.A., emplazada en San José de la Mariquina. Posteriormente, la planta inició sus actividades industriales en el año 2004 (Escaida *et al.,* 2014). En ese año, se observaron importantes cambios espaciales en distintos parámetros de calidad del agua del humedal, en conjunto con la disminución en biomasa y cobertura de la macrófita *Egeria densa* o Luchecillo. Además, se observaron eventos de mortalidad y emigración de Cisnes de cuello negro en distintas áreas del Humedal (Jaramillo *et al.,* 2007; Mulsow & Grandjean, 2006; Woelfl *et al.,* 2006; Soto-Gamboa *et al.,* 2007; Lagos *et al.,* 2008; Escaida *et al.,* 2014). Estos cambios de gran escala observados en el HRC se evidenciaron también en la variación en la composición y cobertura de macrófitas acuáticas del humedal, al igual que en la disminución en la abundancia de las aves acuáticas herbívoras del humedal (Lagos *et al.,* 2008; González & Fariña, 2013). La importancia de las macrófitas acuáticas como ítem dietario dominante de las aves herbívoras presentes en este ecosistema destaca la necesidad de contar con estimaciones de la variación espacial y temporal en su biomasa, cobertura y distribución. En particular, hoy en día se hace caracterizar la distribución y cobertura de estas plantas, al igual que reconstruir su dinámica en periodos previos y posteriores al año 2004. Dada la falta de registros sistemáticos de cobertura o distribución de las plantas acuáticas dominantes del humedal, una alternativa metodológica es la utilización de información proveniente de sensores remotos. Los sensores remotos son instrumentos de medición a bordo de naves satelitales, que entregan imágenes correspondientes a la intensidad de reflección de determinadas longitudes de onda de radiación solar, en distintos puntos de la superficie del globo terráqueo. Las imágenes captadas por sensores remotos permiten clasificar distintos sectores de un territorio, de acuerdo a clases o categorías de cobertura de suelo o del paisaje, tomando como base el perfil de reflectancia de la radiación solar que es reflejada desde la superficie de la tierra. En particular, el presente estudio propone la

utilización de modelos de distribución basados en información obtenida mediante sensores remotos.

Desde un punto de vista ecológico, la identificación de presencia o ausencia de una especie dada a lo largo de distintos sectores del paisaje o distintos pixeles de una imagen puede concebirse como la elaboración de un modelo de distribución. Los modelos de distribución relacionan la presencia y ausencia de una especie con los valores de distintas variables ambientales (Franklin, 2009). Además, y de forma complementaria, las imágenes satelitales permiten la estimación de indicadores de calidad del agua en sistemas límnicos y lóticos someros (Lagos *et al.,* 2008). Estos estimadores espectrales se basan en la reflectancia de las bandas visibles para estimar distintos parámetros. Entre los más estudiados se encuentran la transparencia del agua, la concentración de clorofila (Chander & Markham, 2003; Ahn *et al.,* 2006; Lagos *et al.*, 2008) e indicadores de la cobertura de macrófitas acuáticas (Lagos *et al.*, 2008). De esta forma, la información contenida en las imágenes satelitales permite obtener no sólo estimaciones de la calidad del agua, sino también estimaciones de la presencia o ausencia de una especie dada a lo largo de un área de estudio.

En base a la información de imágenes de sensores remotos e información obtenida en terreno en el presente estudio se entrega una descripción de la variación espacial en parámetros de calidad de agua y la distribución de las macrófitas acuáticas más importantes del HRC. Además, utilizando la información histórica disponible para imágenes Landsat, se generan series de tiempo anuales para el periodo 1986-2015 de la distribución espacial de las macrófitas acuáticas más importantes del HRC y dos parámetros de calidad de agua: transparencia (o turbidez) y cobertura global de macrófitas acuáticas. Se discuten los resultados en relación a la variabilidad espacial y temporal en el área y sus efectos sobre la distribución del Luchecillo.

4.4.2. Objetivos

• Evaluar la variabilidad espacial y temporal en la calidad de agua y cobertura de macrófitas acuáticas en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, mediante indicadores estimados a través de sensores remotos.

Por calidad de agua se entiende el análisis de los siguientes indicadores: i) reflectancia y ii) contenido de clorofila *a* en el agua.

Por cobertura de macrófitas se entiende el análisis de los siguientes indicadores estimados mediante sensores remotos: i) área total de los pixeles con presencia de plantas macrófitas acuáticas sobre el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, y ii) delimitación de los polígonos que describen la presencia de plantas macrófitas acuáticas sobre el área de estudio en distintos sectores de interés.

4.4.3. Material y métodos

4.4.3.1. Obtención de imágenes satelitales

El análisis de imágenes satelitales se realizó usando archivos históricos de imágenes captadas por las misiones satelitales Landsat entre los años 1985 y 2015, a una resolución espacial de 30 m. Las imágenes fueron obtenidas desde el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS; http://earthexplorer.usgs.gov/). A fin de contar con un catálogo de imágenes adecuadas para el análisis propuesto, se examinaron escenas Landsat ubicadas en la combinación 233/88 del Sistema Mundial de Referencia 2 (World Reference System 2; WRS-2). Esta área de estudio tiene como punto central las coordenadas 40°19'20"S, 72°51'00"W. Se revisó el archivo de imágenes buscando seleccionar aquellas fechas para las cuales se contara con una baja cobertura de nubes sobre el área de estudio, definida como una cobertura de nubes inferior al 20% del total de la imagen. La Figura 4.4.1 ilustra la imagen captada por el sensor OLI para el área de estudio el día 28 de enero de 2015.

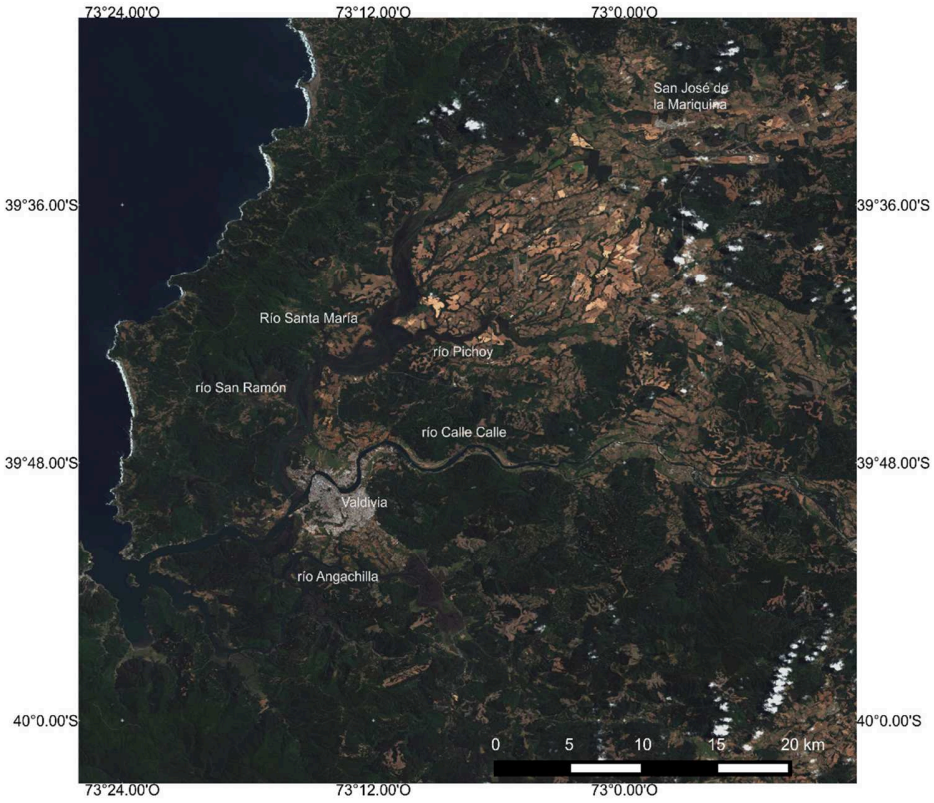


Figura 4.4.1. Área de estudio. Se ilustra una imagen de color verdadero, basada en la combinación de las bandas Rojo, Verde y Azul (bandas 4, 3, 2 de sensor LANDSAT 8). La imagen corresponde al día 28 de enero de 2015. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

Las imágenes analizadas fueron obtenidas por los sensores Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper (ETM+) y Operational Land Imager (OLI), correspondientes a las misiones Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8, respectivamente. Dado que todos estos sensores cuentan con bandas coherentes en sus longitudes de onda, los modelos de distribución calibrados empleando información obtenida por la misión Landsat 8 pueden ser proyectados a los años anteriores. Ello permitió generar estimaciones de la distribución espacial en períodos de tiempo previos para los que se cuente con imágenes satelitales. De igual modo y dado que el interés central del presente estudio es reconstruir la dinámica espacio temporal de las macrófitas acuáticas mas importantes en el HRC - en particular del Luchecillo - se descartó el uso de imágenes híper espectrales captadas por el

sensor híper espectral Hyperion a bordo del satélite EO-1 (Earth Observing 1). Ello debido a que si bien las imágenes híper espectrales entregan una mayor capacidad de resolución espectral, no cuentan con contrapartes equivalentes en el registro histórico de imágenes satelitales, haciendo imposible la proyección retrospectiva de aquellos modelos que se construyan en base a imágenes híper espectrales. Dada la importancia de contar con una reconstrucción histórica del humedal, se descartó la opción de realizar modelos de distribución en base a imágenes híper espectrales, restringiendo la modelación a las imágenes Landsat. Por otra parte, además de utilizar las imágenes obtenidas por las misiones Landsat, se adquirieron dos imágenes captadas por el sensor WorldView2. Estas imágenes son comercializadas por la empresa DigitalGlobe, a través de la empresa ESTI Chile, y tras la solicitud técnica se obtuvieron imágenes para el mes de enero de 2015. La Figura 4.4.2 ilustra la extensión espacial de estas imágenes, que abarcaron un área de 200 km^2, con un tamaño de píxel de 2 m. Ello permitió contar con una la estimación de mayor resolución espacial para la distribución de las principales macrófitas acuáticas del área de estudio.

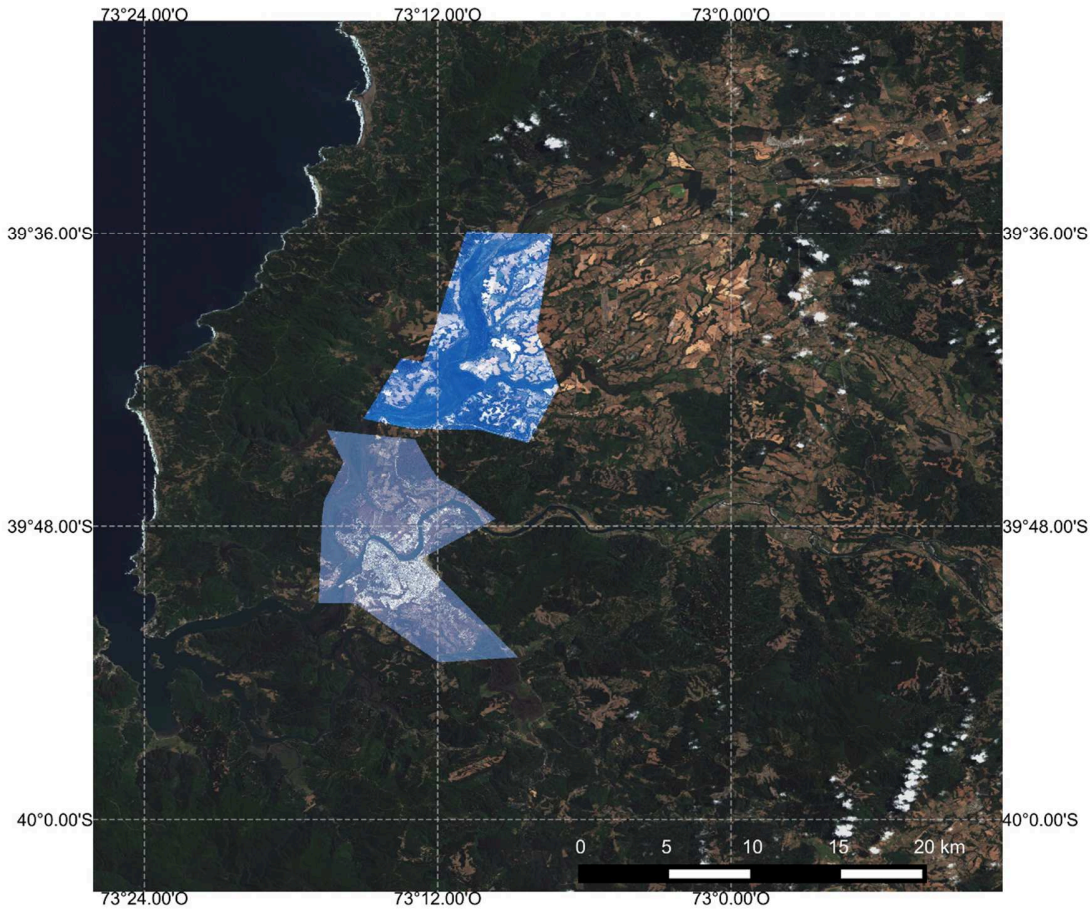


Figura 4.4.2. Área de interés para la toma de imágenes satelitales de alta resolución mediante el sensor Worldview2. Se ilustran los dos polígonos muestreados en contraste claro. La imagen de fondo corresponde a la composición de verdadero color ilustrada en la Figura 4.4.1, proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

4.4.3.2. Procesamiento y corrección de imágenes satelitales

Las imágenes obtenidas mediante los sensores TM, ETM+ y OLI fueron procesadas y calibradas radiométricamente de acuerdo a las ecuaciones y parámetros descritos por Chander & Markham (2003). Este procedimiento consiste en la transformación de los valores de números digitales (DN) presentes en las distintas bandas de datos de cada imagen a valores de irradiancia espectral ($L\lambda$), obteniéndose valores en una escala de unidades $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$. A fin de permitir comparaciones entre imágenes obtenidas en

diferentes fechas, o bien imágenes captadas por diferentes sensores, los valores de irradiancia Lλ son transformados a porcentajes de reflectancia atmosférica superior (R_{TOA}), entregando valores acotados entre 0 y 1. Una vez transformadas, las imágenes satelitales se emplearon para realizar el ajuste de modelos de distribución de las macrófitas acuáticas del área de estudio y para el análisis de indicadores de calidad de agua. Respecto a este último punto, para permitir una mejor estimación de valores de clorofila *a* y turbidez o transparencia del agua, se aplicó una corrección atmosférica para aguas turbias caso-2, mediante el método de *path extraction* (Lagos *et al.*, 2008; Hwan-Ahn *et al.*, 2004). Esta transformación permite dar cuenta de los efectos de la absorción y dispersión sobre la reflectancia del agua. Dichos efectos se deben a la radiación difusiva causada por la dispersión de fotones por las moléculas de aire y aerosoles. Ésta se suma a aquella causada por el reflejo en la superficie del agua por efecto de los sólidos suspendidos totales (SST), clorofila *a* y la materia orgánica disuelta opaca (CDOM). La corrección mediante *path extraction* se centra en la substracción de la irradiancia mínima o path radiance (r_{Path}) de una banda dada todos los pixeles de una imagen. Este método asume que la señal R_{TOA} se reduce a r_{Path} en el caso de las aguas azules claras, debido a que estas presentan valores mínimos de reflectancia (Antoine & Morel, 1999). Esta aproximación se basa en el supuesto operativo de que el valor de r_{Path} es homogéneo a través de la escena Landsat. Para mayores detalles en las ecuaciones correspondientes y parámetros véase Hwan-Ahn *et al.* (2004). Una vez realizadas estas correcciones, se extrajo para cada imagen el valor de reflectancia a partir de las bandas correspondientes al espectro de luz visible e infrarrojo cercano. En el caso de los sensores TM+ y ETM+ (misiones Landsat 5 y 7), estas corresponden a las bandas 1 a 4, mientras que en el caso del sensor OLI (misión Landsat 8) estas corresponden a las bandas 2 a 5. Las primeras tres bandas (bandas 1 a 3 de los sensores TM+ y ETM+ y bandas 2 a 4 de el sensor OLI) corresponden a los rangos de luz visible azul, verde y roja respectivamente (0,42-0,52 μm, 0,52 a 0,60 μm, y 0,63 a 0,69 μm). Por otra parte, la cuarta banda (banda 4 de los sensores TM+ y ETM+ y banda 5 del sensor OLI) corresponde a radiaciones en el espectro infrarrojo cercano (NIR) (0,76- 0,90 μm). Para contar con estimadores de la calidad del agua se

analizaron los perfiles espectrales de reflectancia de estas cuatro bandas a través de distintas imágenes. De igual forma, se calculó la razón entre las primeras dos bandas (razón azul/verde) como indicador sustituto del nivel de clorofila *a* en el agua (Parslow & Harris, 1990; Peñuelas *et al.,* 1993).

4.4.3.3. Obtención de registros de presencia de macrófitas acuáticas

Para obtener registros de presencia actuales para las macrófitas acuáticas presentes en el HRC y sus ríos tributarios, se llevaron a cabo prospecciones para las siguientes especies: *Egeria densa* (Luchecillo), *Potamogeton pusillus* (Huiro), *Potamogeton lucens* (Huiro verde), *Nymphaea alba* (*Loto*), *Scirpus californicus* (*Totora*) y *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua). Estas observaciones se realizaron en diferentes sectores del área de estudio, mediante las siguientes estrategias de muestreo:

4.4.3.3.1 Parches mono específicos

Esta estrategia buscó contar observaciones de presencia a escalas de resolución comparables con las imágenes Landsat (30 m). Para ello, se prospectó el humedal, identificando aquellos sectores en los que se observó presencia de parches mono específicos, con diámetros cercanos o mayores a 30 m, registrando las coordenadas georeferenciadas mediante un sistema de posicionamiento satelital global (GPS). Estas observaciones fueron complementadas mediante la realización de vuelos con sistemas de aeronaves no tripuladas UAV ("Unmanned Aerial Vehicles"); específicamente con una aeronave DJI Phantom, equipada con una cámara Phantom 2 Vision +. Las imágenes obtenidas mediante UAV fueron procesadas usando el software Adobe Lightroom, a fin de corregir deformaciones ópticas propias del lente y la elevación de sobrevuelo. De igual manera, el software Adobe Lightroom permitió la recopilación de las coordenadas asociadas a cada imagen, usando el GPS interno del equipo. Ello permitió su incorporación a la base de datos de presencia. La información de coordenadas fue consolidada mediante planillas Excel (Microsoft Office ©), para luego ser vertida en una base de datos geoespacial en el programa Quantum Gis (QGIS). Todas las coordenadas fueron verificadas y almacenadas en archivos con una proyección WSG84/UTM, utilizando el Huso 18 Sur. A

fin de resumir la información obtenida se definieron polígonos de estudio para el cálculo de cobertura de macrófitas acuáticas y estimación de parámetros de calidad de agua. La Figura 4.4.3 muestra la distribución de dichos polígonos, a la vez que la Figura 4.4.4 muestra los puntos de muestreo de plantas acuáticas y sobrevuelo mediante sistemas UAV.

4.4.3.3.2 Transectos regulares

Dado que el número de parches mono específicos de gran extensión puede ser limitado para algunas especies, se complementó esta estrategia de muestreo con la realización de transectos de estimación de presencia y ausencia de plantas acuáticas a lo largo del humedal. Estos transectos entregaron información acerca de la composición de la flora acuática a intervalos regulares en el humedal. Cabe destacar que los registros de presencia a lo largo de transectos entregaron observaciones en parches de composición multi-específica, independientes de las dimensiones del parche. Por ello, pueden corresponder a parches con extensiones muy por debajo de la escala de resolución espacial de las imágenes Landsat (30 m). Estos transectos permitieron obtener registros tanto para el *Potamogeton lucens* (Huiro Verde), como para complementar las observaciones obtenidas para las demás especies de interés.

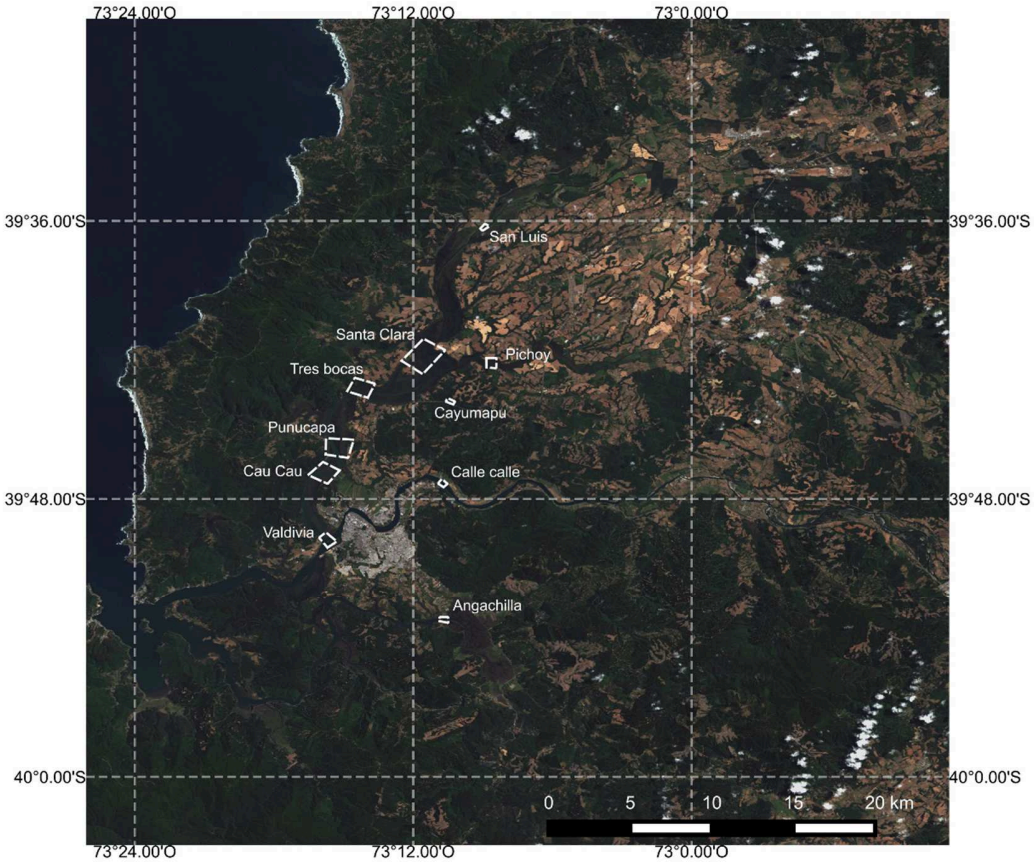


Figura 4.4.3. Polígonos de estudio para el cálculo de cobertura de macrófitas acuáticas y estimación de parámetros de calidad de agua. La imagen de fondo corresponde a la composición de verdadero color ilustrada en la Figura 4.4.1, proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

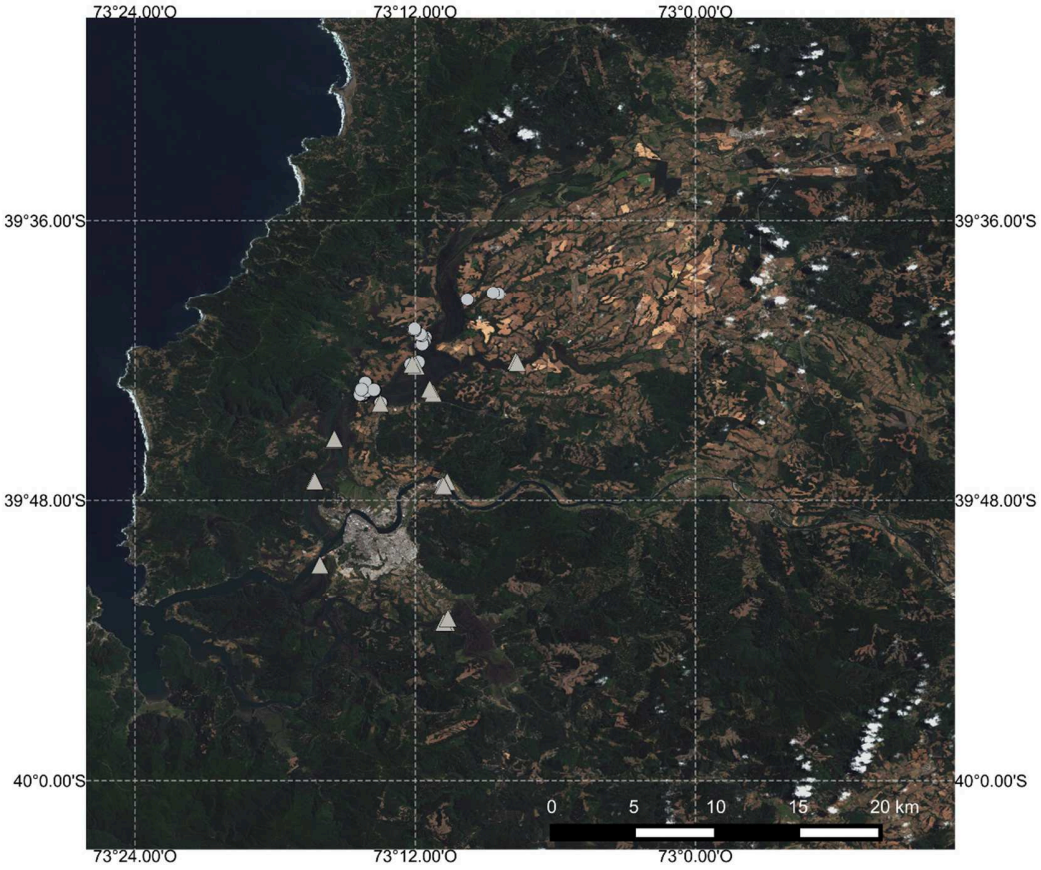


Figura 4.4.4. Puntos de muestro para la distribución de macrófitas acuáticas y sobrevuelo mediante UAV. Se ilustran aquellos puntos en los que se determinó la presencia de plantas acuáticas (círculos grises) y los sectores en los que se realizaron sobrevuelos mediante aeronave no tripulada (triángulos grises). La imagen de fondo corresponde a la composición de verdadero color ilustrada en la Figura 4.4.1, proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur.

4.4.3.4. Obtención de registros de indicadores de calidad de agua

A fin de contar con estimaciones empíricas para la calidad del agua, se realizaron muestras en terreno de temperatura, pH, conductividad, transparencia, sólidos suspendidos totales y concentración de clorofila *a* y feopigmentos. La estimación de transparencia se llevó a cabo utilizando un disco Secchi, mientras que la estimación de sólidos suspendidos totales se basó en el método de Strickland & Parsons (1972) (Lagos *et al.,* 2008). Los sitios de muestro para la estimación de parámetros de calidad del agua superficial del área de estudio fueron los siguientes: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 2. río Nanihue; 3. río Cudico; 4. río Cruces sector Santa María; 5. río Santa María; 6. río

Pichoy; 7. río Cruces, sector Santa Clara; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 10. río Cruces, sector Chorocamayo; 11. río Tambillo; 12. río San Ramón; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla. En todos ellos se midió temperatura, pH, conductividad, transparencia y concentración de sólidos suspendidos totales, mientras que las concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos se analizaron en solo ocho sitios (sitios 1, 8, 9, 13, 14, 15, 16 y 17). En cada uno de los sitios de muestreo se obtuvieron muestras en al menos 8 puntos. La Figura 4.4.5 muestra la distribución espacial de los sitios de muestreo de indicadores de calidad de agua.

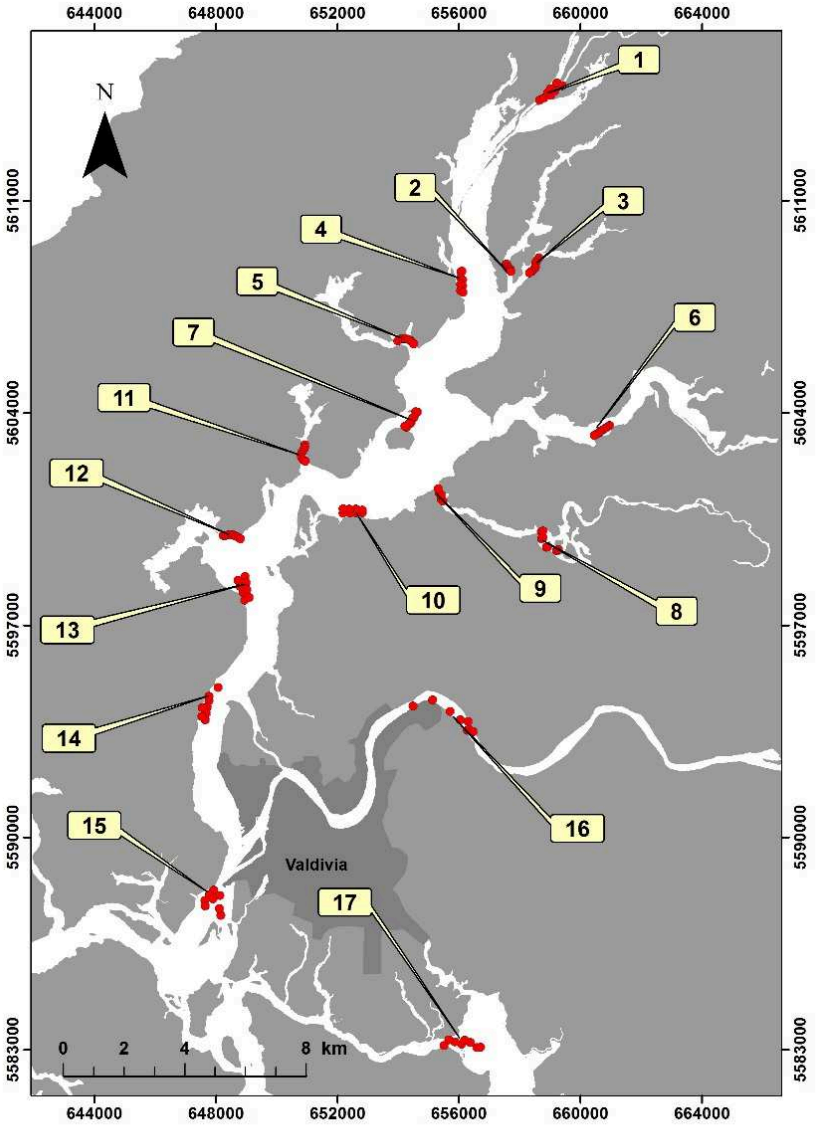


Figura 4.4.5. Sectores de muestro para la estimación de parámetros de calidad del agua superficial del área de estudio: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 2. río Nanihue; 3. río Cudico; 4. río Cruces sector Santa María; 5. río Santa María; 6. río Pichoy; 7. río Cruces, sector Santa Clara; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 10. río Cruces, sector Chorocamayo; 11. río Tambillo; 12. río San Ramón; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla. En todos los sitios se midió temperatura, pH, conductividad, transparencia y concentración de sólidos suspendidos totales, a la vez que las concentraciones de clorofila *a* y feopigmentos se estudiaron en ocho sitios (1, 8, 9, 13, 14, 15, 16 y 17).

4.4.3.5. Modelamiento de distribución de especies

La elaboración de modelos de distribución de especies se basa principalmente en el uso de variables climáticas para las que se cuenta con información espacialmente explicita y geo-referenciada en capas de información geográfica (Franklin, 2009). Ejemplos típicos de estas variables son la temperatura, precipitación y elevación entre otras. En el caso de variables bióticas, las variables usadas pueden incluir categorías de uso de suelo o índices de calidad de la vegetación, como el Índice Normalizado de Vegetación (NVDI). En el caso de fuentes de información geográfica como las imágenes satelitales, las distintas bandas captadas por los sensores permiten contar con información espacialmente explícita de la radiación que es reflejada por los elementos presentes en el paisaje, sean éstos estructuras inertes como el suelo o construcciones o bien cobertura vegetacional. Por ello, es posible utilizar dichas bandas en conjunto con datos de presencia (y eventualmente ausencia) de determinadas especies para construir modelos de distribución de las mismas (Franklin, 2009; Lahoz-Monfort *et al.*, 2010). Estos modelos pueden ser generados empleando una amplia variedad de métodos que abarcan desde modelos de regresión a modelos elaborados en base a algoritmos de aprendizaje de máquina ("machine learning"). Estudios recientes han demostrado que los algoritmos de clasificación basados en métodos de aprendizaje de máquinas permiten la elaboración de modelos más robustos cuando solo se cuenta con datos de presencia para una especie dada (Elith *et al.*, 2006; Elith & Leathwick, 2009; Elith *et al*., 2011). Estos métodos incluyen algoritmos como la máxima entropía (MAXENT), "support vector machines" (SVMs), "random forests" (RF) o árboles de regresión y clasificación (CART) (Elith *et al.*, 2006; Elith & Leathwick, 2009; Elith *et al*., 2011). En particular, el modelamiento de distribución basado en máxima entropía se destaca por modelar distribución de densidad de probabilidad de la ocurrencia de una especie, sujeta a las restricciones estadísticas de las variables ambientales para las que se cuenta con información espacialmente explicita (Phillips *et al.*, 2006; Phillips & Dudik, 2008; Elith *et al.*, 2011). Distintos estudios han determinado que MAXENT presenta un mejor desempeño en relación a métodos similares de máquina (véase por ejemplo, Elith *et al*., 2006; Ortega-Huerta & Peterson, 2008),

siendo particularmente eficaz incluso en situaciones en que el tamaño muestral es pequeño (Hernández *et al*., 2006; Pearson *et al*., 2007; Papes & Gaubert, 2007; Wisz *et al*., 2008).

Por ello, el modelamiento se llevó a cabo utilizando el software MAXENT versión 3.3.3. MAXENT utiliza los datos de presencia de especies en conjunto con variable ambientales disponibles como capas de sistema de información geográfica (SIG), sean estas variables cuantitativas o categóricas. De esta forma, el modelo MAXENT realiza un algoritmo de aprendizaje de máquina para optimizar la ganancia en entropía, que es una medida de la capacidad de explicar la distribución observada dadas las restricciones de información en las capas geográficas. El resultado de este proceso es un modelo que entrega como resultado una variable indicadora que mide la densidad de probabilidad de observar la especie en un paisaje dado, lo que ha sido interpretado como una medida de la idoneidad del hábitat (Phillips *et al.*, 2006; Phillips & Dudik, 2008; Elith *et al.*, 2011).

Para construir los modelos se emplearon datos de presencia para las especies de interés, construyéndose modelos de distribución en base a dos conjuntos de variables. El primero (Modelo 1) consideró las bandas 1 a 8,disponibles en la imagen Landsat 8 ilustrada en la Figura 4.4.1, al igual que el índice de vegetación normalizada (NVDI) y el índice de vegetación mejorado (EVI). De igual manera, se construyó una máscara para restringir el dominio de modelación a los cursos de agua principales en el área de estudio. Para ello, se calculó el índice mejorado de agua (MNDWI) propuesto por Hu (2006). Para poder generalizar a otras imágenes de años previos, se ajustó un segundo modelo en base a las bandas 2 a 7 del sensor OLI, que se corresponden con las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7 de los sensores TM y ETM+ (Modelo 2). Además, se calcularon e incluyeron los indicadores EVI, NVDI y la razón entre el espectro en las bandas azul y verde (bandas 1 y 2 de los sensores TM y ETM+). Este último corresponde a un estimador de la concentración de clorofila *a* en el agua. En base a estas capas, se elaboró un nuevo modelo de distribución de las especies, el que se proyectó posteriormente a los distintos años para los que se

contó con información adecuada (ver más adelante). Por otra parte, se generaron modelos de distribución en base a las capas 1 a 8 de las imágenes WorldView 2 usando nuevamente una máscara para restringir el dominio de modelación a los cursos de agua principales en el área de estudio (Modelo 3).

En todos los tres casos, el modelo se generó a partir de los datos de presencia observados, junto con un subset de pseudo ausencias generadas al azar dentro del dominio de estudio. Los modelos resultantes fueron evaluados utilizando la curva característica operador receptor (ROC). La curva ROC corresponde al gráfico de la proporción de falsos positivos (1-especificidad) *versus* la proporción de verdaderos positivos (sensibilidad) (Phillips & Dudik, 2008). Se empleó como estadístico de evaluación el área bajo la curva ROC (AUC). El índice de AUC mide la probabilidad o capacidad de un modelo para discriminar entre los sitios de presencia frente a sitios de pseudo ausencias. Los modelos para cada especie se construyeron mediante un proceso de validación cruzada, donde el subconjunto de datos de presencia se divide en n subconjuntos o "folds". Para cada uno de estos subconjuntos, se ajustó un modelo usándolo como set de prueba y todos los restantes como set de entrenamiento. Ello permite contar con una mayor robustez en la estimación, particularmente cuando el tamaño muestral no es alto (Elith *et al.,* 2011). En base a ello, se obtuvo el modelo promedio de todos los subconjuntos de validación cruzada, entregando capa de probabilidad como medida de la idoneidad del hábitat, tomando valores entre 0 y 1. A fin de determinar aquellos pixeles en los que cada especie si se encontraba presente, se consideraron como pixeles sin presencia de la especie los que presentaron valores por debajo de un umbral correspondiente a la máxima especificidad y sensibilidad en el subconjunto de prueba (Phillips *et al.,* 2006; Phillips & Dudik, 2008). De esta forma, se pudo representar la distribución de cada especie, junto con una medida de la idoneidad del hábitat en cada píxel.

4.4.3.6. Modelamiento de distribución histórica de especies de macrófitas acuáticas en el área de estudio

Para proyectar la variación temporal y espacial en cobertura de las principales especies de macrófitas acuáticas en área de estudio, se utilizó el modelo ajustado en base a un sub conjunto de bandas de la misión Landsat 8 (Modelo 2), proyectando dicho modelo en conjunto con las capas disponibles para los distintos años en que se cuenta con imágenes Landsat adecuadas (ver. Tabla 4.4.1).

4.4.4. Resultados

4.4.4.1. Obtención de imágenes, procesamiento y corrección radiométrica

Dada las fechas de obtención de registros de presencia de macrófitas acuáticas y de mediciones en terreno de parámetros de calidad de agua, se seleccionó una imagen de la misión Landsat 8, con fecha del 28 de enero de 2015. Esta permitió contar con un registro libre de nubes que correspondiese a la situación actual del área de estudio para el verano 2014-2015. De igual forma, la revisión del registro histórico de imágenes Landsat permitió obtener un conjunto de 19 imágenes en el intervalo de tiempo entre 1986 y 2014. Se consideraron apropiadas aquellas imágenes que no presentan una cobertura de nubes superior al 20% del área cubierta por el satélite, y que no presentaran cobertura de nubes sobre el área del HRC. Cabe señalar que en el caso de las imágenes obtenidas por el satélite WorldView2, si el área de cobertura del satélite presenta con una cobertura de nubes mayor a 20%, no se realiza ninguna toma de imagen. De esta forma, se seleccionó un total de 20 imágenes satelitales Landsat, las cuales abarcan el intervalo de tiempo entre 1986 y el 28 de enero de 2015, y dos imágenes satelitales WorldView 2, correspondientes al mes de Enero 2015.

La Tabla 4.4.1 entrega el detalle de las imágenes Landsat empleadas para cada año. Todas estas imágenes cuentan con una resolución espacial de 30 m de tamaño de píxel, permitiendo la evaluación de parámetros a escala regional o del paisaje. Se realizó la consulta a la empresa distribuidora, para determinar la existencia de archivos históricos

de imágenes de mayor resolución espacial para años previos en el área de estudio. Frente a esta consulta, el personal de la empresa señaló que no existían imágenes disponibles.

Tabla 4.4.1. Listado de imágenes satelitales analizadas para proyectar la distribución histórica de las macrófitas acuáticas dominantes en el área de estudio. Se indica para cada año el sensor y misión satelital empleado, al igual que el código identificador de cada escena Landsat.

año	sensor/misión	imagen	fecha
1985		No disponible	
1986		LT52330881986268XXX03	25/9/1986
1987		no disponible	
1988		LT42330881988266XXX01	22/9/1988
1989		no disponible	
1990		no disponible	
1991		no disponible	
1992		no disponible	
1993		no disponible	
1994		no disponible	
1995		no disponible	
1996		no disponible	
1997		no disponible	
1998	TM / Landsat 5	LT52330881998045COA00	14/2/1998
1999		LT52330881998365COA00	31/12/1998
2000		LT52330881999320COA00	16/11/1999
2001		LT52330882001069COA00	10/3/2001
2002		LT52330882001357COA00	23/12/2001
2003		LT52330882003283COA00	10/10/2003
2004		LT52330882004046COA00	15/2/2004
2005		LT52330882005256COA00	13/9/2005
2006		LT52330882006307COA00	19/11/2006
2007		LT52330882007006COA00	6/1/2007
2008		LT52330882008057COA00	26/2/2008
2009		LT52330882009011COA01	11/1/2009
2010		LT52330882010014COA00	14/1/2010
2011		LT52330882011001COA00	1/1/2011
2012	ETM+ / Landsat 7	LE72330882012332EDC00	27/11/2012
2013		LE72330882013126EDC00	06/05/2013
2014	OLI / Landsat 8	LC82330882013358LGN00	24/12/2013
2015		LC82330882015028LGN00	28/01/2015

Tal como se aprecia en la Tabla 4.4.1, el grueso de estas imágenes ha sido obtenido a partir del sensor Landsat Thematic Mapper (Landsat 5, TM) a fin de evitar artefactos asociados a la falla en el sensor ETM+ posteriores al año 2003. Cabe destacar que el catálogo de imágenes del sensor Landsat 5 / TM no cuenta con escenas adecuadas disponibles para varios años (entre 1989 y 1997). En el caso particular de la imagen correspondiente al año 2012, se observó que el efecto de bandeo generado por la falla del sensor ETM+ no permite contar con una cobertura adecuada de los distintos sectores del área de estudio. De igual manera, al examinar la variación en valores de reflectancia, fue posible apreciar que los pixeles observados para esta imagen se caracterizaron por entregar como valores anómalos para todas las bandas y todos los sectores analizados. Debido a estos valores extremos, y al efecto de bandeo característico de las imágenes entregadas por este sensor, este año no fue considerado en los análisis de reflectancia ni para estimar la distribución de las especies estudiadas.

Estudios previos han mostrado que las aguas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios pueden clasificarse en zonas con distintos niveles de variabilidad en la calidad del agua (Mulsow & Grandjean, 2006; Lagos *et al.,* 2008). En particular, Lagos *et al.* (2008) distinguieron tres zonas correspondientes a las secciones norte, centro y sur de la zona del humedal del río Cruces con una longitud espacial de 15, 8 y 6 Km., respectivamente. En el presente estudio se repitió el análisis de reflectancia, empleando polígonos de mayor resolución, los que se ilustran en la Figura 4.4.3. A fin de determinar diferencias en calidad de agua entre distintos años para cada una de estas zonas, se procedió a evaluar diferencias en los perfiles de reflectancia espectral obtenidos mediante imágenes Landsat. Para ello se extrajo el valor de reflectancia atmosférica superior, R_{TOA} para las bandas Landsat 5/TM 1 a 4. Las bandas 1 a 3 corresponden a los rangos de luz visible (0,42-0,52 μm, 0,52 a 0,60 μm, y 0,63 a 0,69 μm), mientras que la banda 4 corresponde a la gama del infrarrojo cercano (NIR) (0.76- 0,90 μm). Tal como se mencionó en la metodología, estas cuatro bandas se corresponden a las bandas 2 a 5 de las imágenes Landsat 8 /OLI.

4.4.4.2. Obtención de registros de presencia de macrófitas acuáticas

La primera estrategia de muestreo en terreno permitió documentar un conjunto de parches mono específicos o con dominancia de las especies más importantes de macrófitas acuáticas. Estos registros de ocurrencia en parches dominantes y de gran extensión (cercanos o mayores a 30 metros de diámetro) fueron generados a partir de observaciones en terreno y mediante imágenes captadas con UAV, como la que se ejemplifica en la Figura 4.4.6.

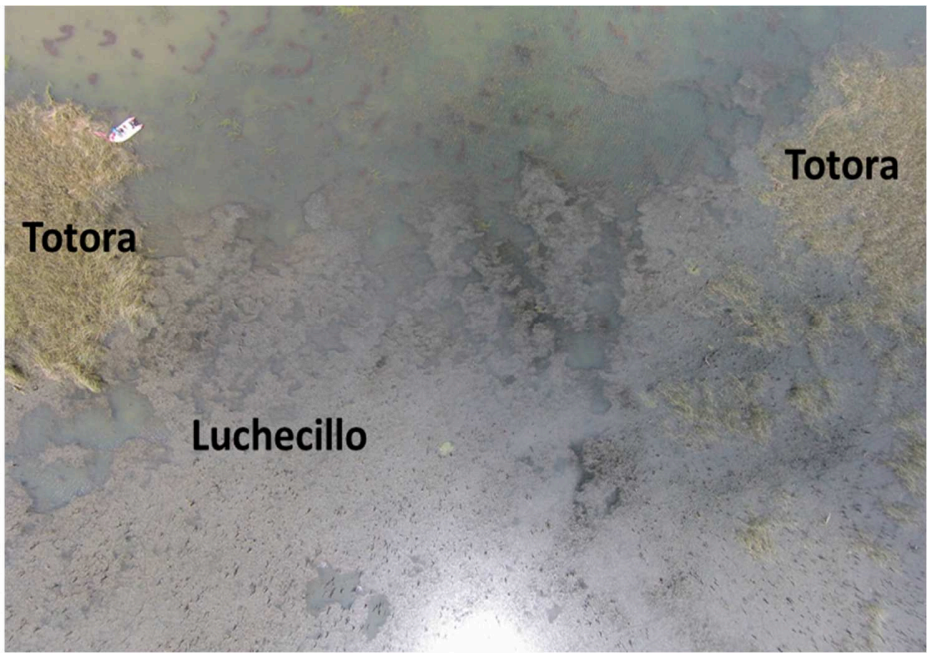


Figura 4.4.6. Fotografía aérea captada mediante UAV. Se ilustra la cobertura de Luchecillo y Totora en el punto 126; fotografía obtenida a 60 metros de elevación.

Se observaron 26 puntos de presencia en parches mono específicos o dominantes de Luchecillo. A su vez, se documentaron 28 parches de Totora, 11 parches de Huiro, 10 parches de Loto y 13 parches de Flecha de agua. A su vez, en el caso del Huiro verde, no se observaron parches dominantes de diámetro cercano o mayor a 30 m. Por otra parte, la realización de transectos multi específicos, correspondiente a la segunda estrategia de muestreo, permitió la obtención de 269 registros de presencia georeferenciada para esta

especie. La disparidad en el tamaño muestral refleja las restricciones de muestro impuestas en el primer diseño. No obstante, debido a que no se registraron parches mono específicos de Huiro verde, y dada su importancia para el Cisne de cuello negro se procedió a utilizar esta información para poder contar con modelos de distribución para esta especie.

4.4.4.3. Obtención de registros indicadores de calidad de agua

La toma de muestras de indicadores de calidad de agua permitió contar con registros en terreno de temperatura, conductividad, pH, transparencia y concentración de sólidos suspendidos totales, clorofila *a* y feopigmentos.

En la Figura 4.4.7 se ilustra el patrón espacial observado para la temperatura del agua superficial del área de estudio. Se aprecia una variación unimodal, con mayores temperaturas en los sectores medios del humedal y diferencias significativas entre los distintos sectores de estudio (ANDEVA de una vía, g.l. 16,116; $F=415.4$, $p<0.0001$).

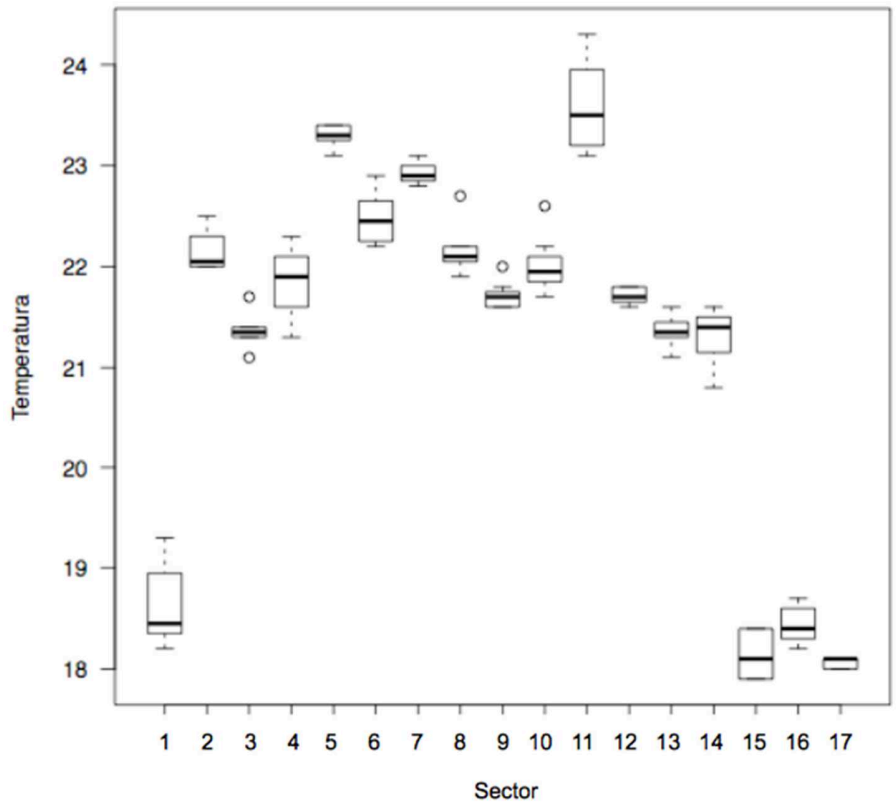


Figura 4.4.7. Variación espacial en la temperatura del agua superficial en el área de estudio. Se ilustran los sectores en un gradiente Norte-Sur (sectores 1 a 17). Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 2. río Nanihue; 3. río Cudico; 4. río Cruces sector Santa María; 5. río Santa María; 6. río Pichoy; 7. río Cruces, sector Santa Clara; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 10. río Cruces, sector Chorocamayo; 11. río Tambillo; 12. río San Ramón; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla.

Como se aprecia en la Figura 4.4.8, la variación espacial en el pH del agua superficial, muestra una mayor heterogeneidad espacial. Pese a la ausencia de un patrón claro, se evidencian diferencias significativas (ANDEVA de una vía, g.l. 16,116; F=51,75, p<0,0001), con valores más bajos en el sector medio del río Cayumapu así como en el sector Torobayo del río Valdivia

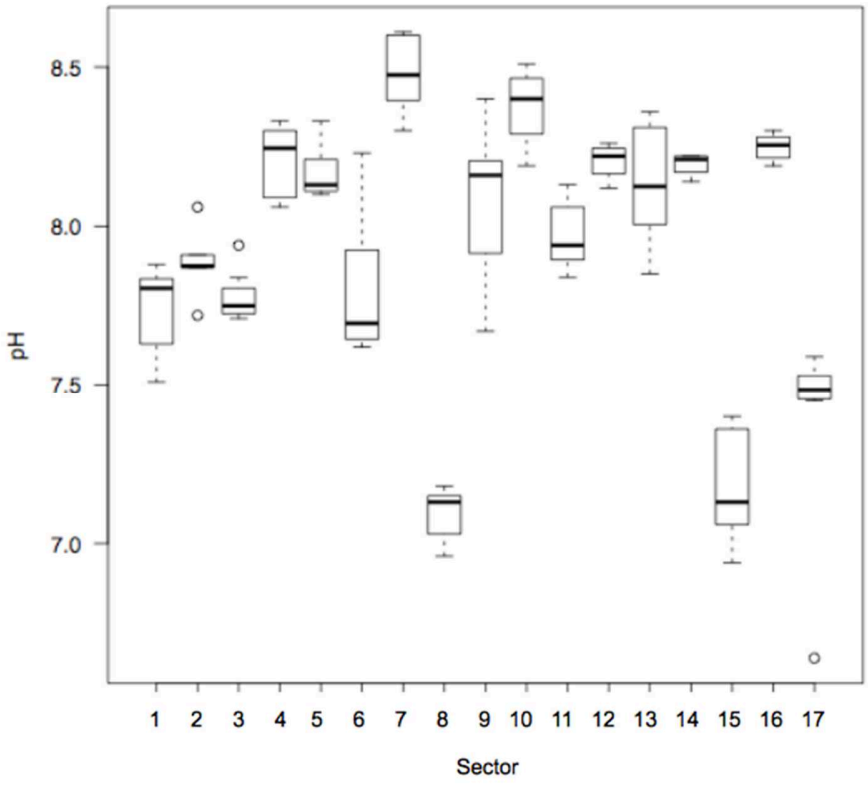


Figura 4.4.8. Variación espacial en el pH del agua superficial en el área de estudio. Se ilustran los sectores en un gradiente Norte-Sur, desde San Luis a Angachilla (sectores 1 a 17). Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 2. río Nanihue; 3. río Cudico; 4. río Cruces sector Santa María; 5. río Santa María; 6. río Pichoy; 7. río Cruces, sector Santa Clara; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 10. río Cruces, sector Chorocamayo; 11. río Tambillo; 12. río San Ramón; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla.

Por otra parte, la conductividad del agua superficial se caracterizó por una menor variabilidad a lo largo del curso del humedal, para aumentar en el río Cruces, sector Isla Teja, río Valdivia, sector Torobayo y río Angachilla (Fig. 4.4.9), reflejando el efecto significativo de la presencia de aguas salobres en el sector sur del área de estudio, producto de la influencia de la marea (ANDEVA de una vía, g.l. 16,116; $F=1758$, $p<0,0001$).

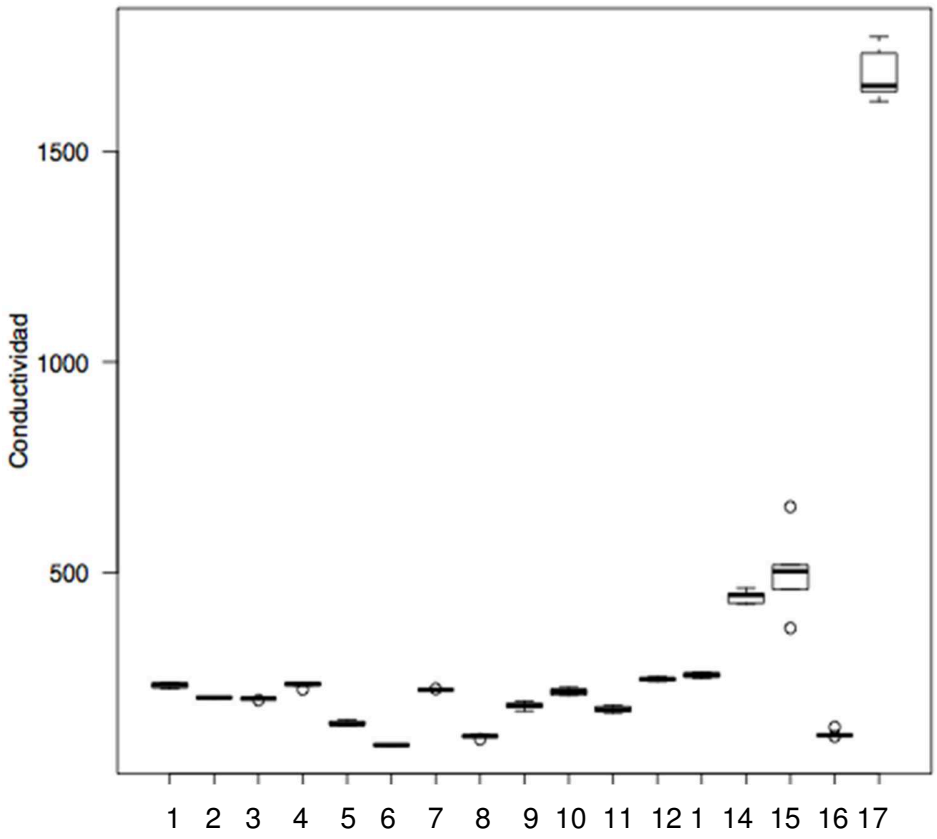


Figura 4.4.9. Variación espacial en la conductividad del agua superficial en el área de estudio. Se ilustran los sectores en un gradiente Norte-Sur (sectores 1 a 17). Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 2. río Nanihue; 3. río Cudico; 4. río Cruces sector Santa María; 5. río Santa María; 6. río Pichoy; 7. río Cruces, sector Santa Clara; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 10. río Cruces, sector Chorocamayo; 11. río Tambillo; 12. río San Ramón; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla.

La transparencia del agua superficial en el área de estudio tuvo los valores más altos (correspondientes a aguas más claras) en los sectores 1, 2, 3, 15, 16 y 17 (Fig. 4.4.10), a la vez que los sectores medios del HRC y sus ríos tributarios (sectores 4 a 12) presentaron valores comparables y más bajos de transparencia (es decir aguas más turbias) (Fig. 4.4.10). El análisis de varianza indicó que estas variaciones espaciales son significativas (ANDEVA de una vía, g.l. 16,116; F=425,7, p<0,0001).

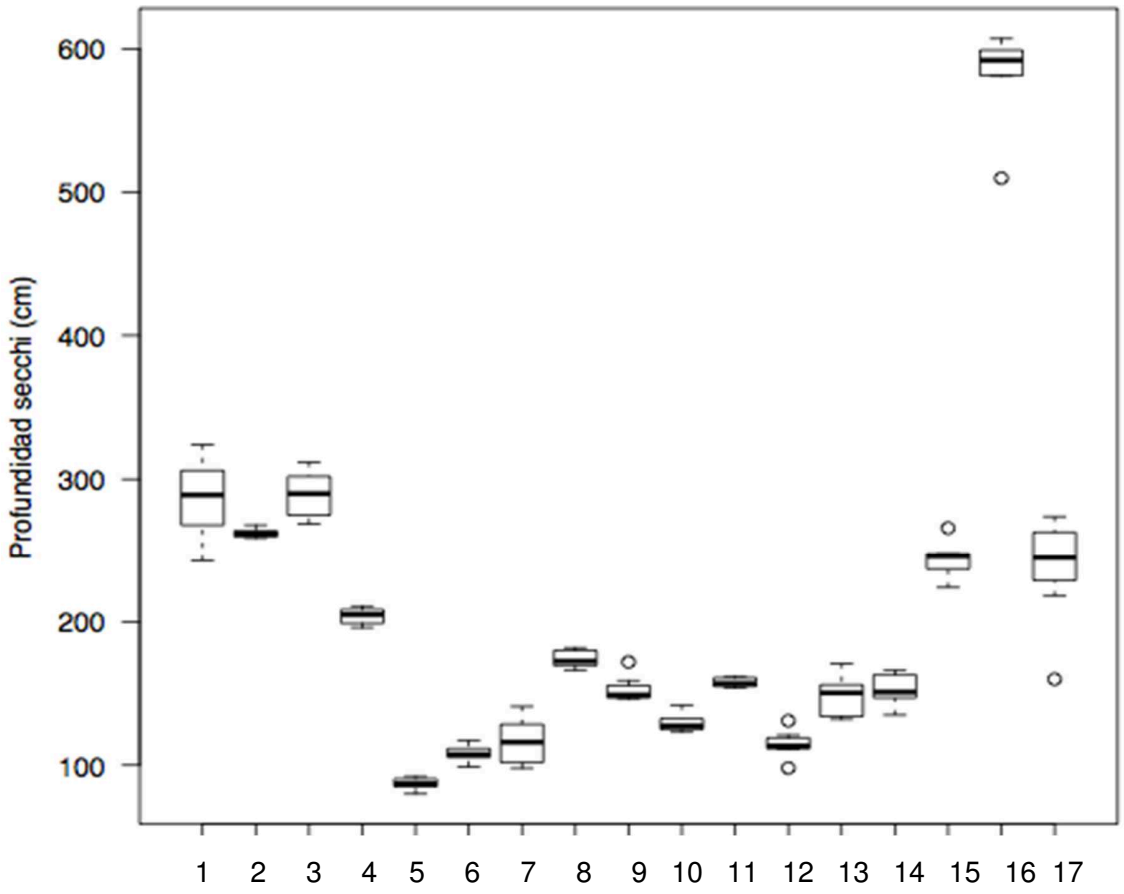


Figura 4.4.10. Variación espacial en la transparencia (profundidad de Disco Secchi) del agua superficial en el área de estudio. Se ilustran los sectores en un gradiente Norte-Sur (sectores 1 a 17). Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 2. río Nanihue; 3. río Cudico; 4. río Cruces sector Santa María; 5. río Santa María; 6. río Pichoy; 7. río Cruces, sector Santa Clara; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 10. río Cruces, sector Chorocamayo; 11. río Tambillo; 12. río San Ramón; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla.

La variación espacial en la transparencia del agua se vio acompañada de un patrón no lineal en la cantidad de sólidos suspendidos totales, los que alcanzan valores máximos en el sector medio del humedal (Fig. 4.4.11). Al igual que en las variables anteriores, estas diferencias fueron significativas (ANDEVA de una vía, g.l. 16,116; F=55,12, p<0,0001).

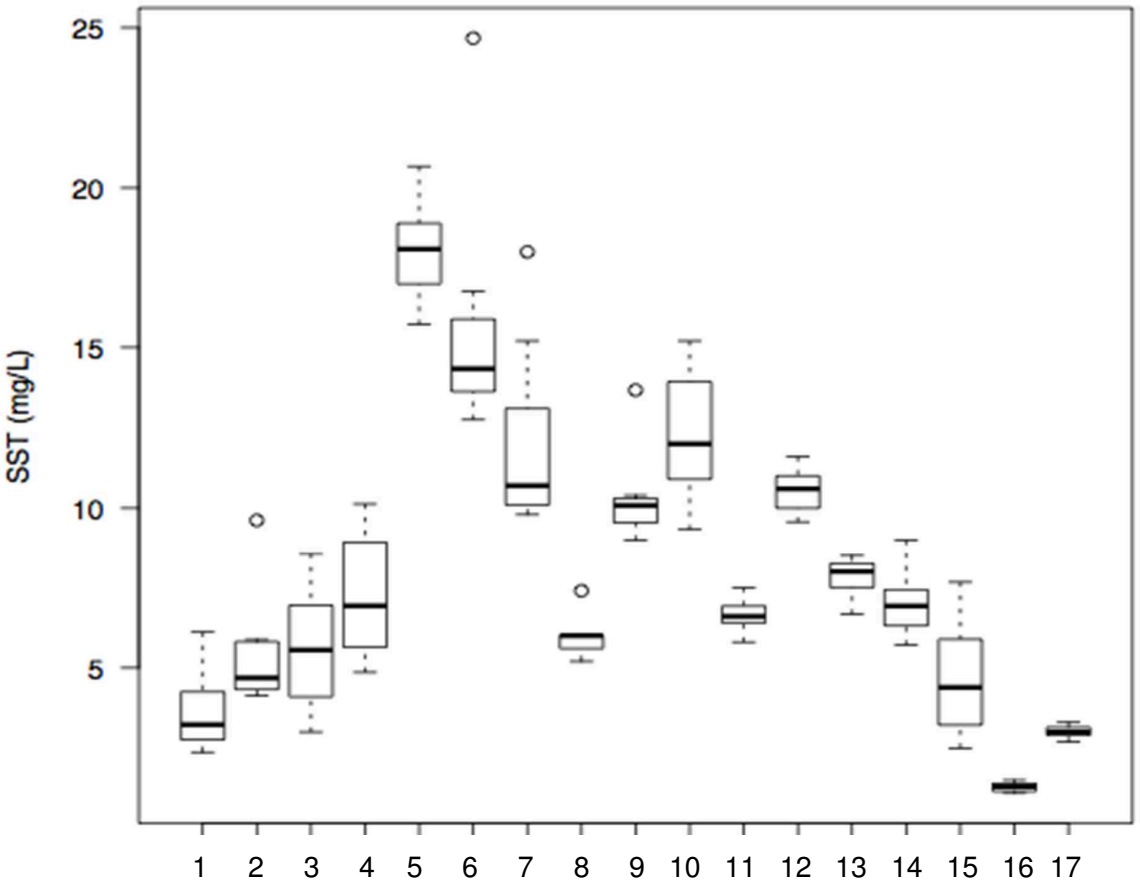


Figura 4.4.11. Variación espacial en la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) del agua superficial en el área de estudio. Se ilustran los sectores en un gradiente Norte-Sur (sectores 1 a 17). Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 2. río Nanihue; 3. río Cudico; 4. río Cruces sector Santa María; 5. río Santa María; 6. río Pichoy; 7. río Cruces, sector Santa Clara; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 10. río Cruces, sector Chorocamayo; 11. río Tambillo; 12. río San Ramón; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla.

La variación espacial en concentración de clorofila *a* y feopigmentos, muestra valores máximos en los sectores medios del área de estudio y valores más bajos en los extremos de la misma (Figs. 4.4.12 y 4.4.13). El análisis de varianza indicó variaciones significativas en los estimadores empíricos de clorofila *a* (ANDEVA de una vía, g.l. 7,56; F=15,83, p<0,0001) y feopigmentos (ANDEVA de una vía, g.l. 7,56; F=15,51, p<0,0001). Cabe destacar, tal como se señaló anteriormente, que el muestreo de clorofila y feopigmentos no abarcó la totalidad de los sectores de muestreo, realizándose solamente en los sectores 1, 8 , 9 y 13 a 17.

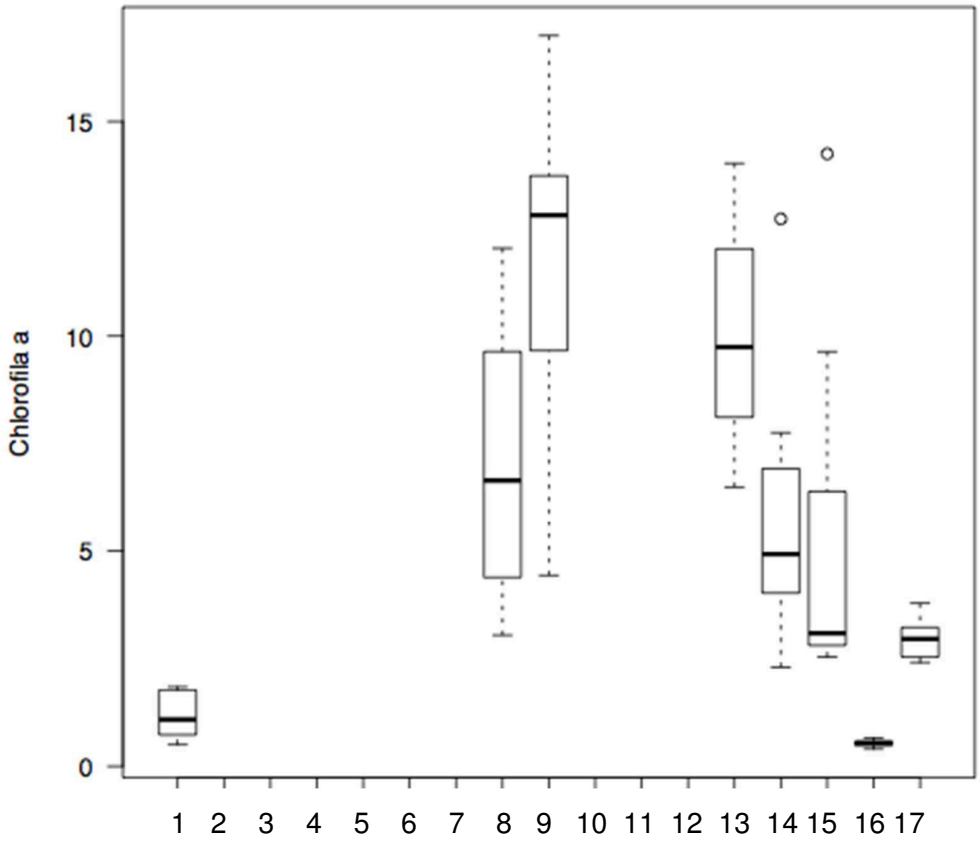


Figura 4.4.12. Variación espacial en la concentración de clorofila *a* del agua superficial en el área de estudio. Se ilustran los sectores en un gradiente Norte-Sur (sectores 1 a 17). Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla.

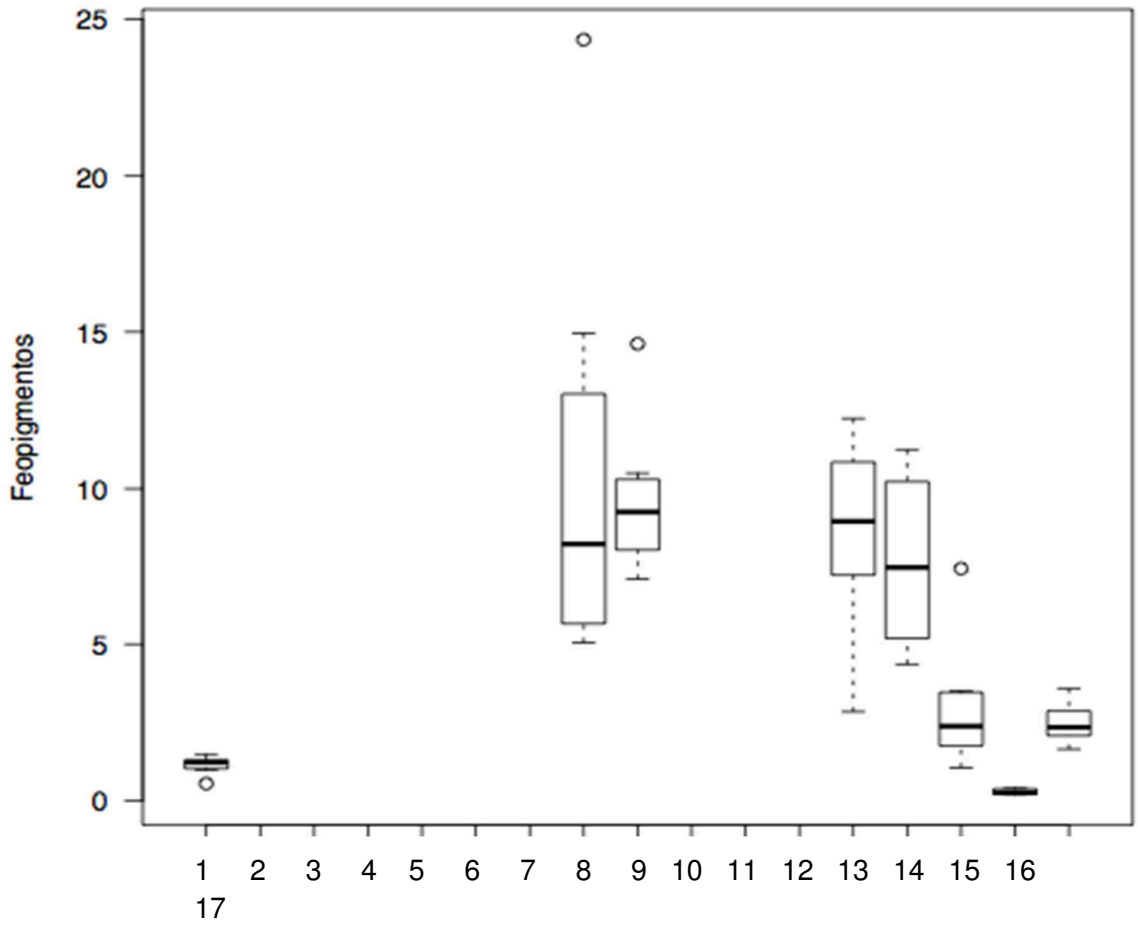


Figura 4.4.13. Variación espacial en la concentración de feopigmentos del agua superficial en el área de estudio. Se ilustran los sectores en un gradiente Norte-Sur (sectores 1 a 17). Los sectores de estudio corresponden a: 1. río Cruces, sector Fuerte San Luis; 8. río Cayumapu, sector medio; 9. río Cayumapu, desembocadura; 13. río Cruces, sector Punucapa; 14. río Cruces, sector Isla Teja; 15. río Valdivia, sector Torobayo; 16. río Calle Calle; 17. río Angachilla.

4.4.4.4. Modelamiento de distribución de especies

Se ajustaron modelos de distribución para las cinco macrófitas acuáticas de especial interés. Tal como se señaló anteriormente, la bondad de ajuste de los modelos utilizados se evaluó mediante el uso del estadístico correspondiente al área bajo la curva característica operativa del receptor ("Receiver Operating Characteristic curve" o ROC). La estadística del área bajo la curva ROC ("Area under the Curve", AUC) corresponde a la estimación del área bajo la curva de Sensitividad (1-Tasa de Omisión) *versus* (1-Especificidad) o la proporción de área predicha por el modelo. En el caso del modelo construido para la escena LANDSAT del 25 de enero de 2015 en las distintas especies modeladas, se pudo observar valores de AUC promedio bastante altos (Fig. 4.4.14 a 4.4.19).

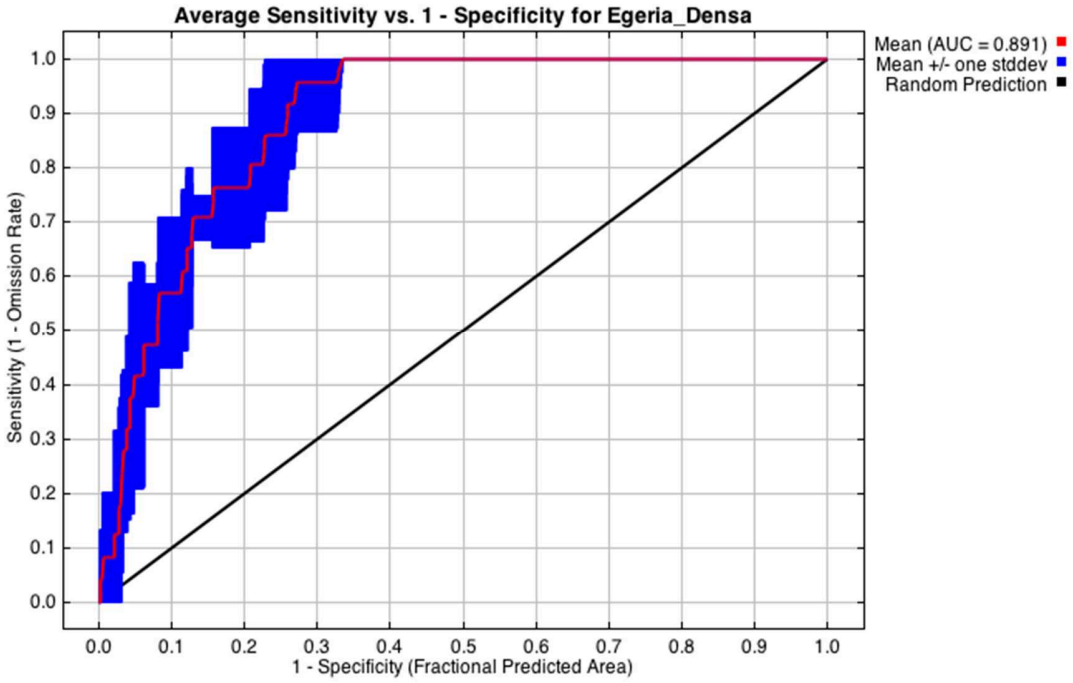


Figura 4.4.14. Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Egeria densa* (Luchecillo). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja y la desviación estándar en el área azul para el subconjunto de sitios de evaluación, promediada a través de las 6 validaciones cruzadas.

Este modelo (Modelo 1) se caracterizó por un valor de AUC máximo en el caso del Loto (0,947), seguido del Huiro (0,919), el Luchecillo (0,891), la Totora (0,880), la Flecha de Agua (0,809) y el Huiro verde (0,663). En todos estos casos, los valores de AUC se vieron acompañados de curvas ROC relativamente homogéneas a través de las 6 validaciones cruzadas, con excepción de la Flecha de agua, tal como se aprecia en las Figuras 4.4.14 a 4.4.19.

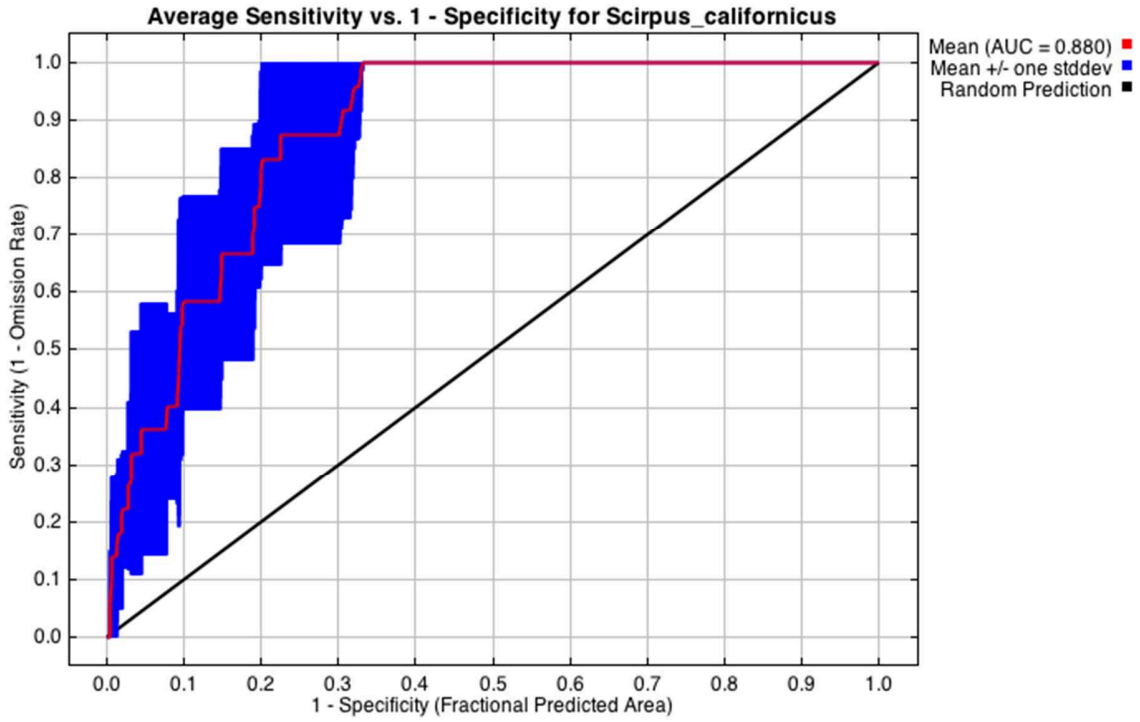


Figura 4.4.15. Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Scirpus californicus (*Totora). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja y la desviación estándar en el área azul para el subconjunto de sitios de evaluación, promediada a través de las 6 validaciones cruzadas.

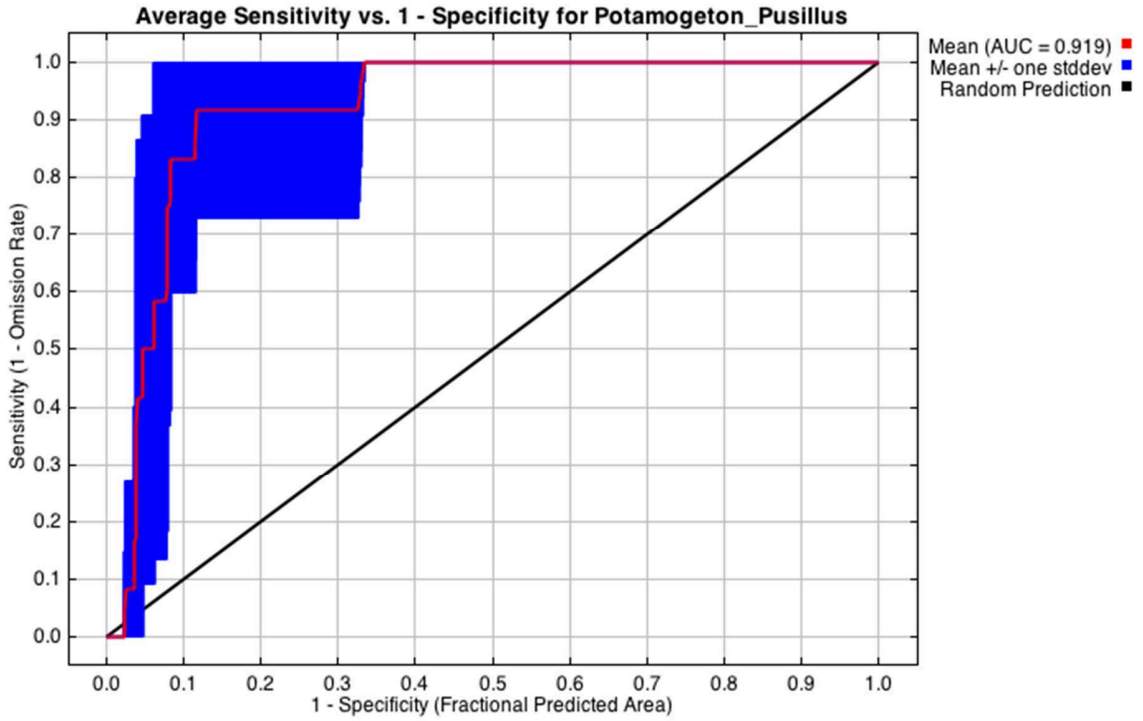


Figura 4.4.16. Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Potamogeton pusillus* (Huiro). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja y la desviación estándar en el área azul para el subconjunto de sitios de evaluación, promediada a través de las 6 validaciones cruzadas.

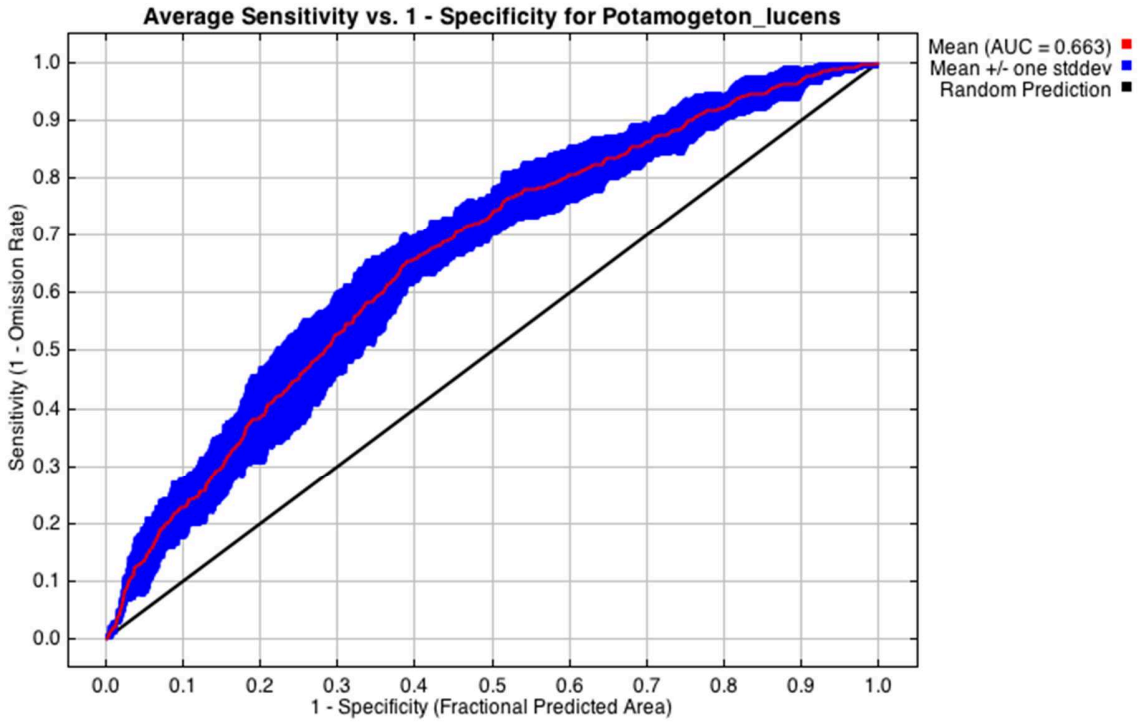


Figura 4.4.17. Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Potamogeton lucens* (Huiro verde). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja y la desviación estándar en el área azul para el subconjunto de sitios de evaluación, promediada a través de las 6 validaciones cruzadas.

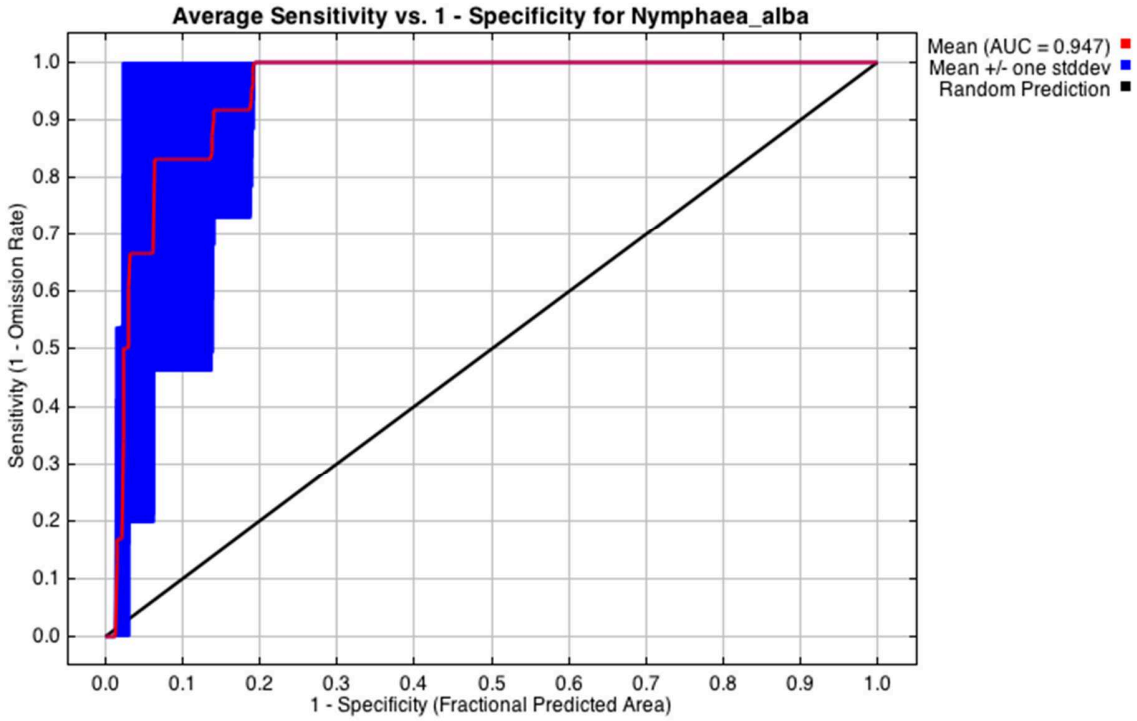


Figura 4.4.18. Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Nymphaea alba* (Loto). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja y la desviación estándar en el área azul para el subconjunto de sitios de evaluación, a través de las 6 validaciones cruzadas.

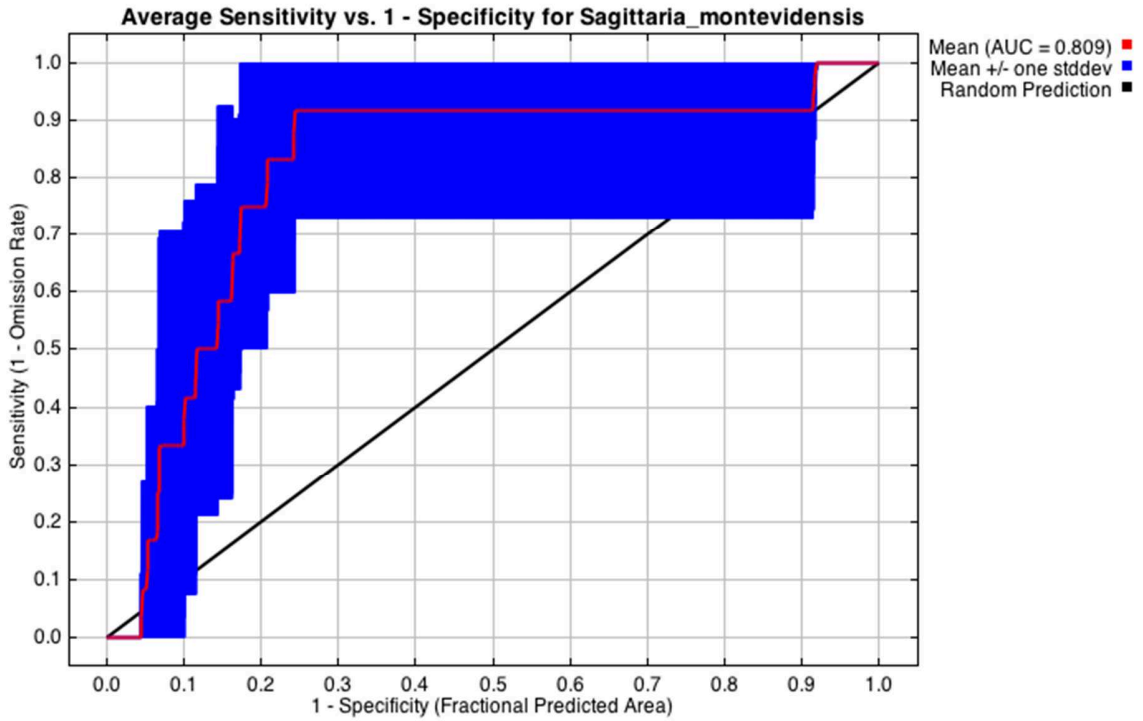


Figura 4.4.19. Curva característica Operador-Receptor (ROC) para el modelamiento de distribución de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua). La Figura ilustra la curva ROC promedio en una línea roja y la desviación estándar en el área azul para el subconjunto de sitios de evaluación, promediada a través de las 6 validaciones cruzadas.

Posterior al ajuste del primer modelo utilizando todas las capas del sensor OLI (Misión Landsat 8), se realizó un segundo modelo (Modelo 2) con un subconjunto reducido de bandas del sensor OLI y las capas derivadas (EVI, NVDI, indicador de concentración de clorofila *a*). Este modelo reducido considera solamente aquellas bandas y capas que pueden ser empleadas para su proyección a través del archivo de imágenes Landsat. Finalmente, se generaron modelos de distribución para las especies de macrófitas acuáticas usando el subconjunto reducido de capas pero empleando imágenes provenientes del sensor WorldView2 (Modelo 3). En general, los modelos ajustados se caracterizan por presentar valores altos de AUC (Tabla 4.4.2), lo que apoya su validez como herramientas para describir la distribución actual de las macrófitas acuáticas. Además, el grado de ajuste observado para el Modelo 2 indica que este es un buen modelo, apoyando su uso para generar proyecciones retrospectivas de la distribución de estas plantas. Las Figuras 4.4.20 a 4.4.25 muestran los mapas de distribución actual ajustadas por el Modelo 2 para las especies estudiadas.

Tabla 4.4.2. Valores de AUC observados para los distintos modelos. Se indican los valores de AUC observados para los modelos de distribución elaborados en base a las imágenes satelitales entregados por las misiones LANDSAT 8 y WorldView2. En el caso de los modelos construidos para LANDSAT 8, se ilustran los valores observados al emplear todas las bandas disponibles (Modelo con subset completo) y un modelo reducido, que contiene solo aquellas bandas disponibles a través de todas las misiones LANDSAT. Con excepción de *Potamogeton lucens*, todos los modelos fueron elaborados en base a observaciones de presencias en parches mono específicos de gran extensión. Para *Potamogeton lucens,* se muestran los resultados generados en base a observaciones de presencias en transectos que consideraron parches multi específicos o mono específicos, de distintas dimensiones espaciales.

	LANDSAT 8		**WorldView2**
Especie	**Modelo 1:** Set completo de bandas. Presencias de parches mono-específicos	**Modelo 2:** Set reducido de bandas. Presencias de parches mono-específicos	**Modelo 3:** Set reducido de bandas. Presencias de parches mono-específicos
Egeria densa (Luchecillo)	0.948	0.889	0.981
Potamogeton pusillus (Huiro)	0.972	0.915	0.984
Potamogeton lucens (Huiro verde)	0.663	0.775	0.622
Scirpus californicus (Totora)	0.957	0.878	0.974
Nymphaea alba (Loto)	0.868	0.956	0.775
Sagittaria montevidensis (Flecha de agua)	0.963	0.841	0.967

Al examinar el patrón espacial predicho por los modelos, se aprecia que el Luchecillo, el Huiro y el Huiro verde presentaron un patrón de distribución heterogéneo a través de todo el humedal, con mayores probabilidades de ocurrencia en sectores menos profundos y estando ausentes en sectores más profundos en el centro del cauce (Fig. 4.4.20 a 4.4.22). Por otra parte y para el caso de la Totora, el Loto y la Flecha de agua, los

modelos generados en base a las imágenes Landsat 8 y las presencias de parches mono específicos generaron distribuciones muy extensas, con muy pocos sectores presentando ausencias (Fig. 4.4.23 a 4.4.25). La distribución ajustada para el Loto, además, se caracterizó por ser muy homogénea, presentando muy poca variación espacial en la probabilidad de ocurrencia (Fig. 4.4.24), mientras que la Totora (Fig. 4.4.23) y la Flecha de agua (Fig. 4.4.25) presentaron un mayor grado de heterogeneidad espacial en la probabilidad de ocurrencia. Sin embargo, existe la posibilidad de que la distribución espacial amplia para la Totora, el Loto y la Flecha de agua pudiera deberse eventualmente a un modelo sesgado por el bajo tamaño muestral.

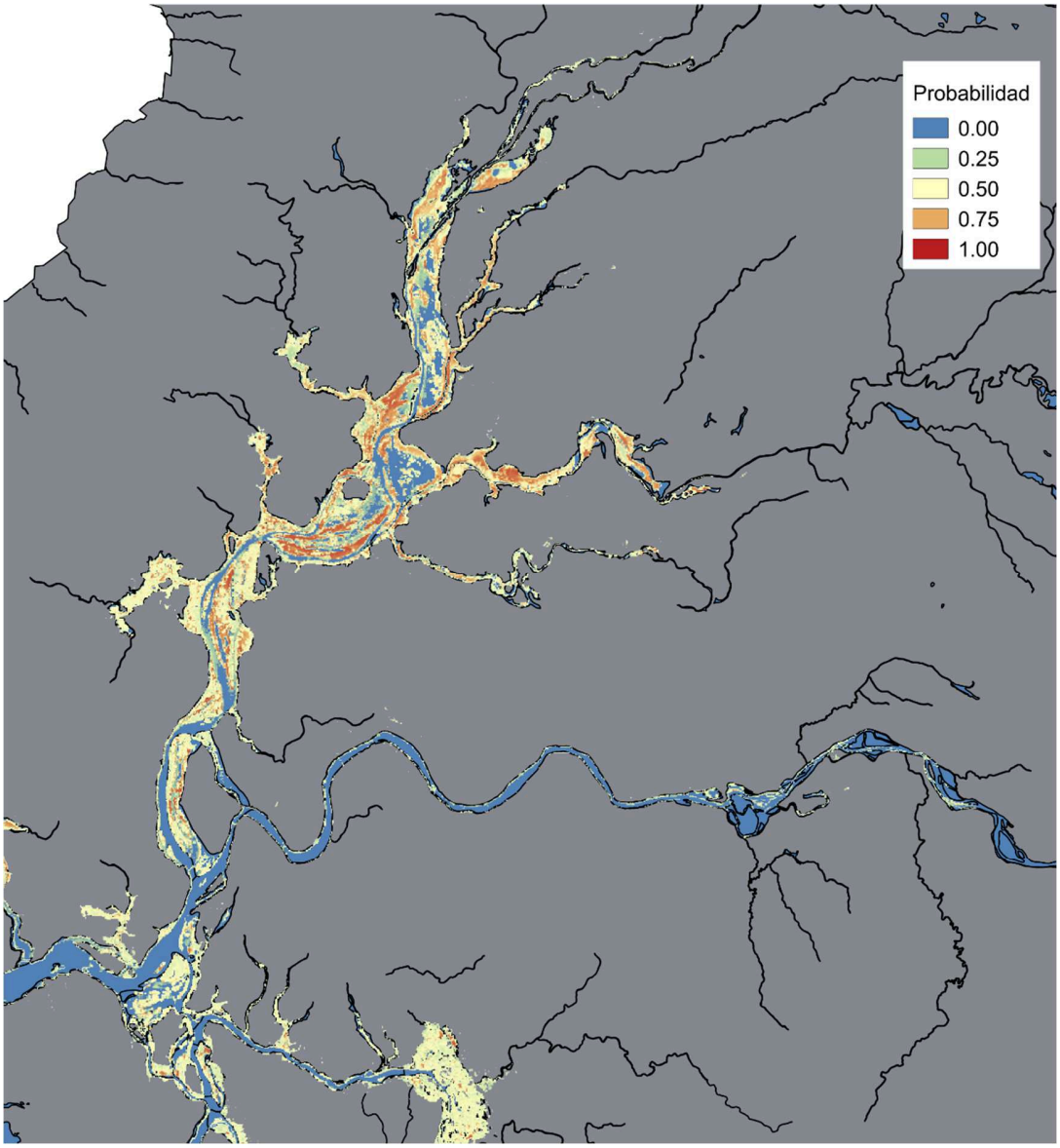


Figura 4.4.20. Distribución de *Egeria densa* (Luchecillo). La Figura ilustra la presencia del Luchecillo en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

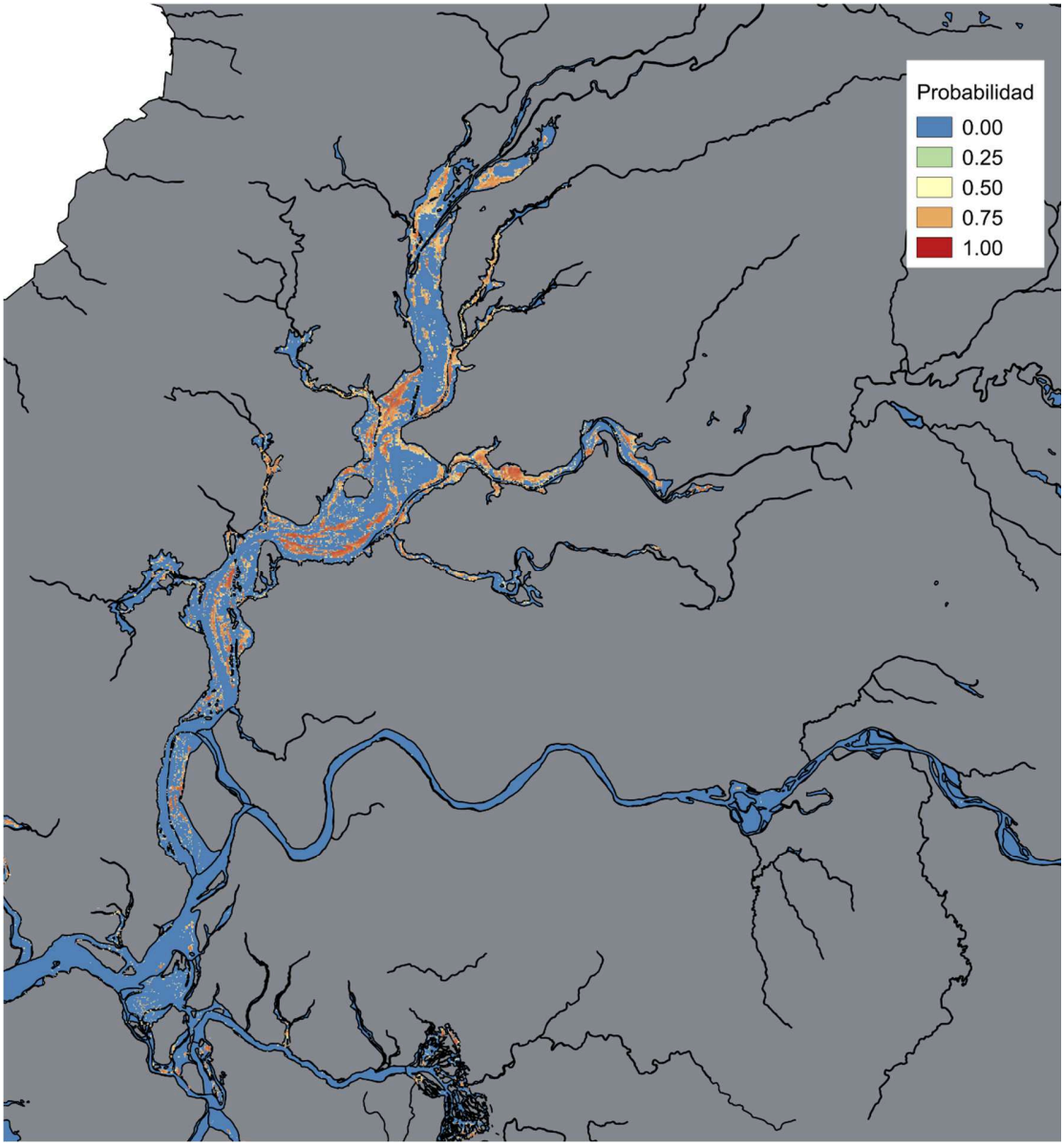


Figura 4.4.21. Distribución de *Potamogeton pusillus* (Huiro). La Figura ilustra la presencia del Huiro en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

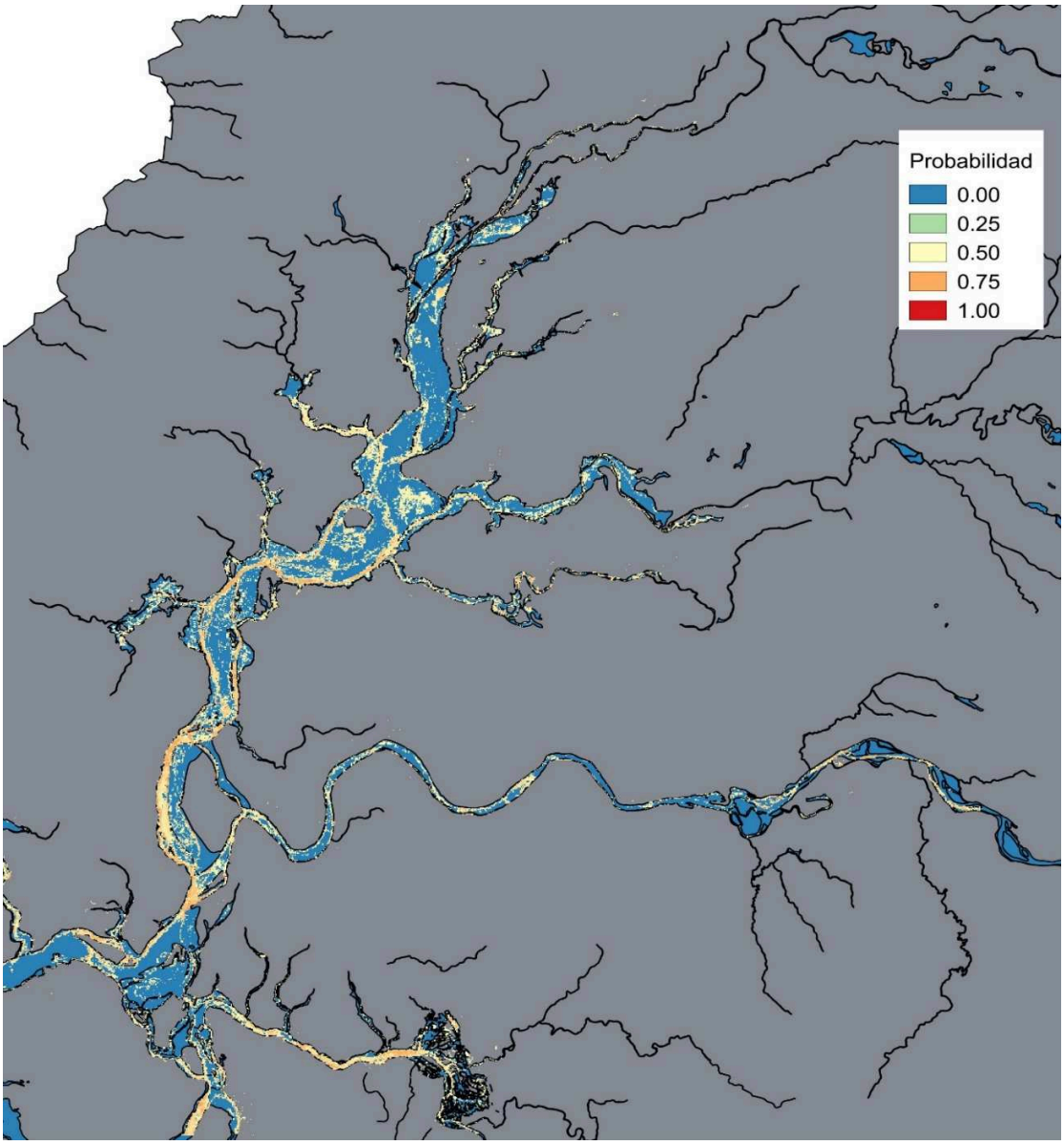


Figura 4.4.22. Distribución de *Potamogeton lucens* (Huiro verde). La Figura ilustra la presencia del Huiro verde en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

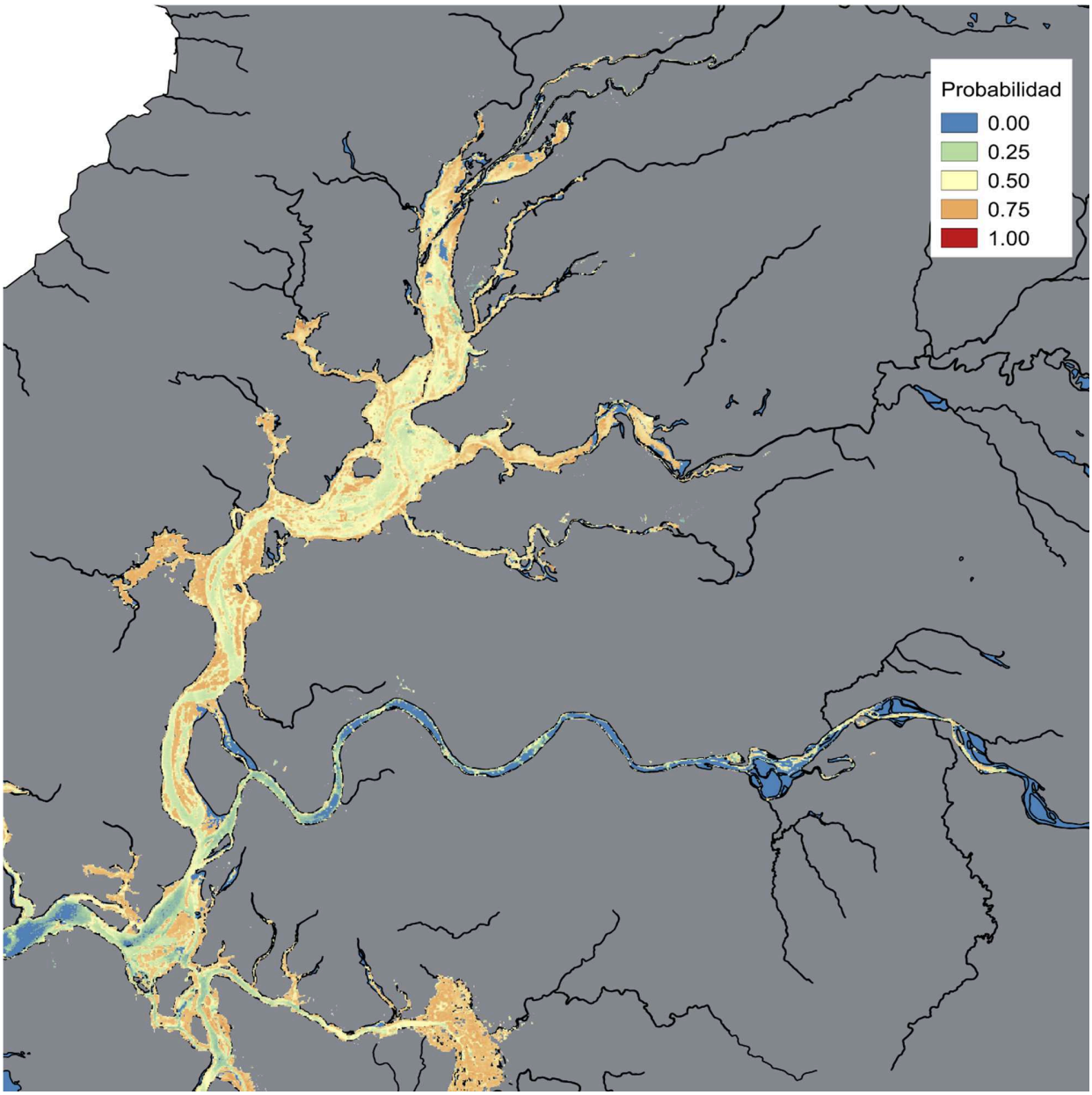


Figura 4.4.23. Distribución de *Scirpus californicus* (Totora). La Figura ilustra la presencia de la Totora en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

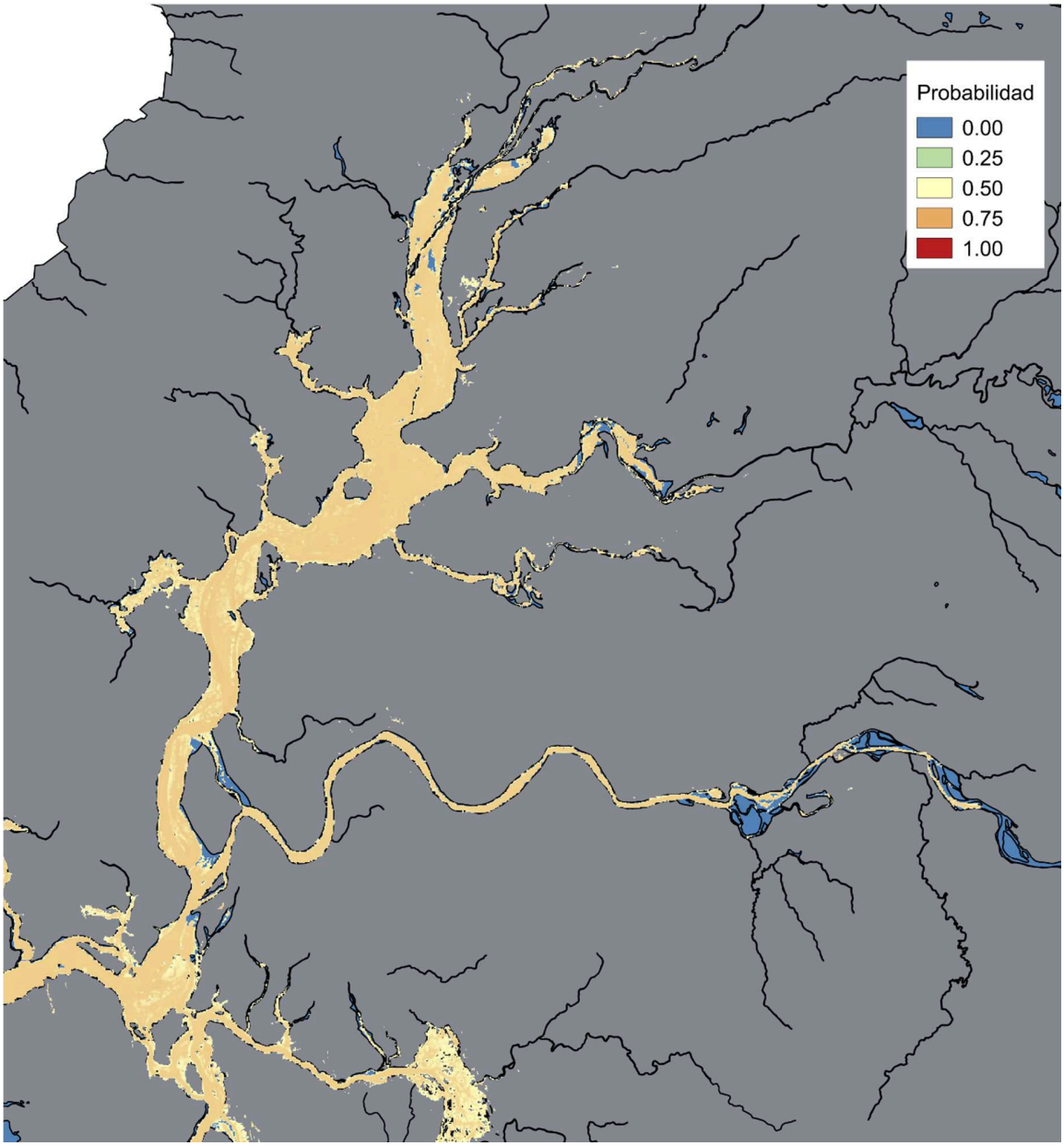


Figura 4.4.24. Distribución de *Nymphaea alba* (Loto). La Figura ilustra la presencia del Loto en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

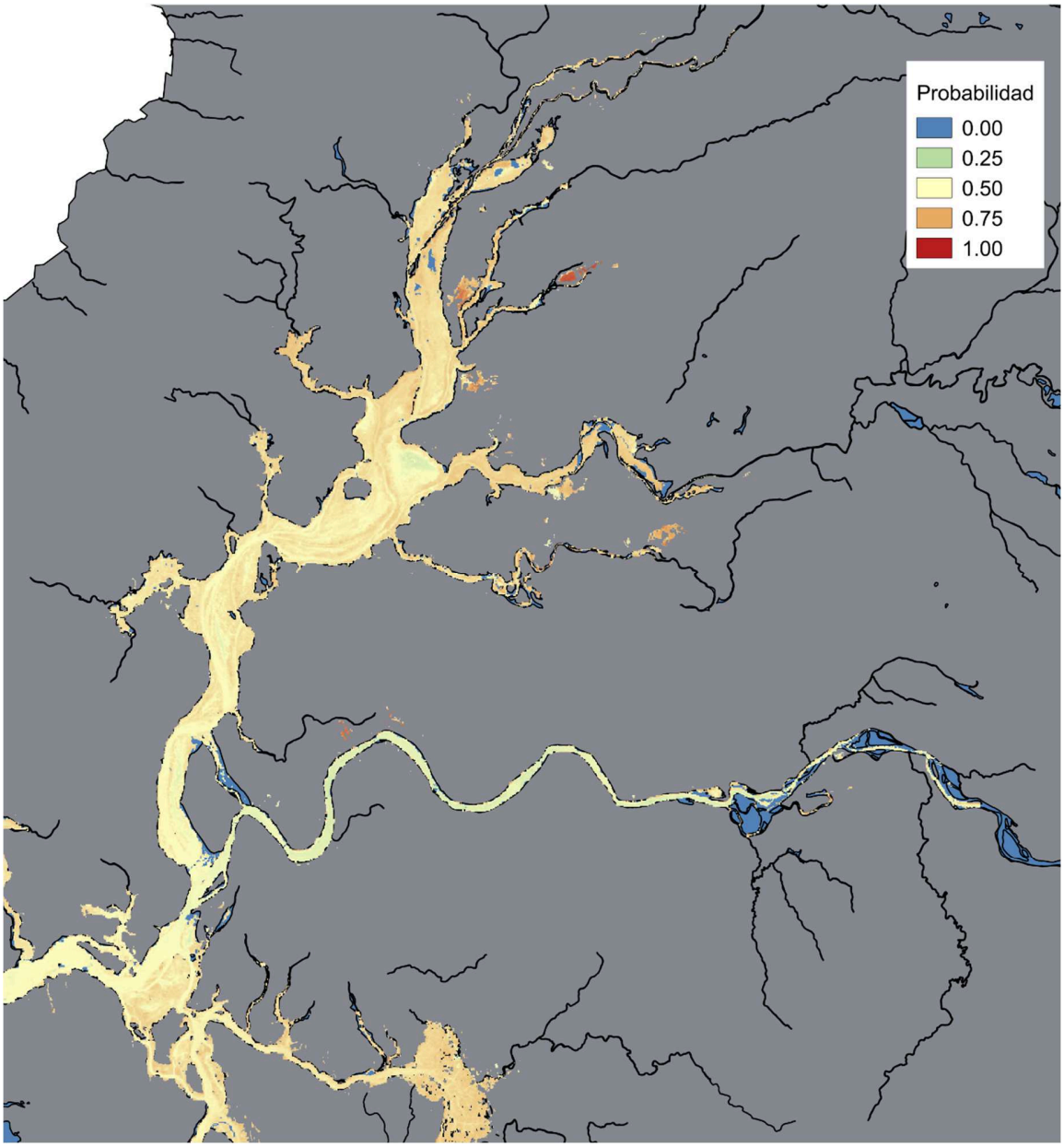


Figura 4.4.25. Distribución de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua). La Figura ilustra la presencia de la Flecha de agua en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

A fin de evaluar si el bajo número de registros de parches mono específicos efectivamente resulta en sesgos en la distribución espacial predicha, se consideraron dos estrategias. Primero, se contrastaron los resultados del Modelo 2 con aquellos generados por el Modelo 3. Cabe recordar que el Modelo 3 emplea imágenes de mayor resolución espacial, generadas por el satélite WorldView 2, lo que resulta en un mayor número de puntos independientes para la calibración y ajuste del modelo de distribución. Como estrategia alternativa, se ajustaron modelos usando la totalidad de presencias georeferenciadas en la base de datos, vale decir, usando tanto las presencias de parches mono específicos como las presencias en puntos de muestreo en transectos multi específicos. A continuación se detallan los resultados observados

Tal como se ha señalado, la primera alternativa, correspondiente a los resultados del Modelo 3, se caracteriza por valores de AUC altos. Los mapas de distribución generados a partir de los muestreos de parches mono específicos y las imágenes WorldView 2 se ilustran en las Figuras 4.4.26 a 4.4.31. Para el Luchecillo, el Huiro y el Huiro verde, se observa una concordancia tanto la distribución espacial observada a lo largo del humedal como con los resultados obtenidos en el Modelo 2, mostrando una distribución acotada y parchosa, aunque en algunos casos se caracterizan por estar algo más acotadas espacialmente (Fig. 4.4.26 a 4.4.28). En el caso del Loto, el modelo generado a partir de las imágenes WorldView 2 (Modelo 3) presenta una menor cobertura espacial, con un mayor grado de heterogeneidad que la distribución homogénea generada por el modelo Landsat 8 (Modelo 2). Por otra parte, para la Totora y la Flecha de agua, tanto el modelo basado en imágenes WorldView2 como el modelo basado en imágenes Landsat 8 concuerdan en entregar una distribución amplia y densa para estas especies, indicando que la distribución ajustada no es producto de un artefacto de la resolución espacial empleada o del número de datos de presencia disponibles.

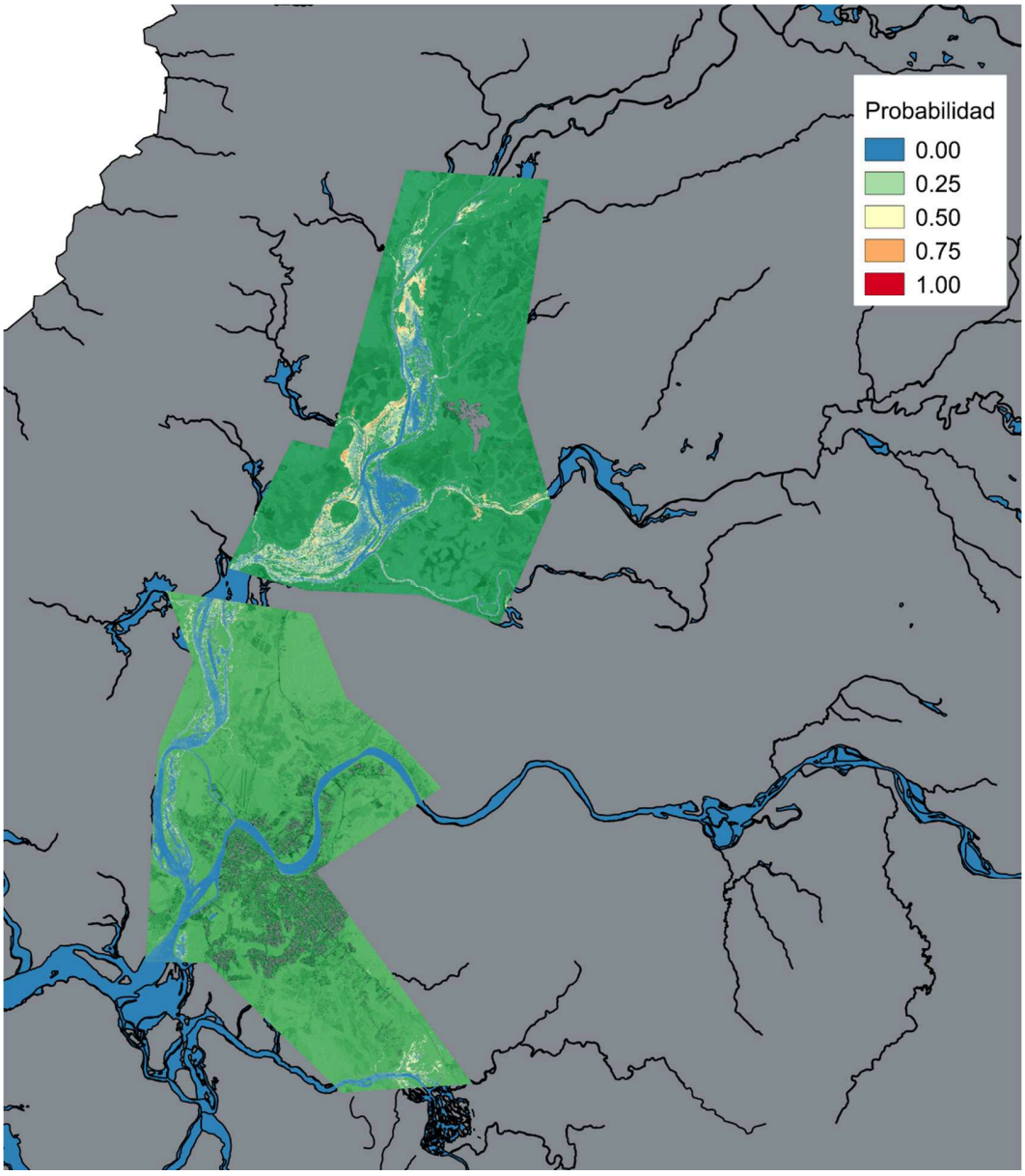


Figura 4.4.26. Distribución de *Egeria densa* (Luchecillo). La Figura ilustra la presencia del Luchecillo en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes del sensor WorldView 2. Los polígonos verdes representan las áreas de cobertura de las imágenes del sensor WorldView2.

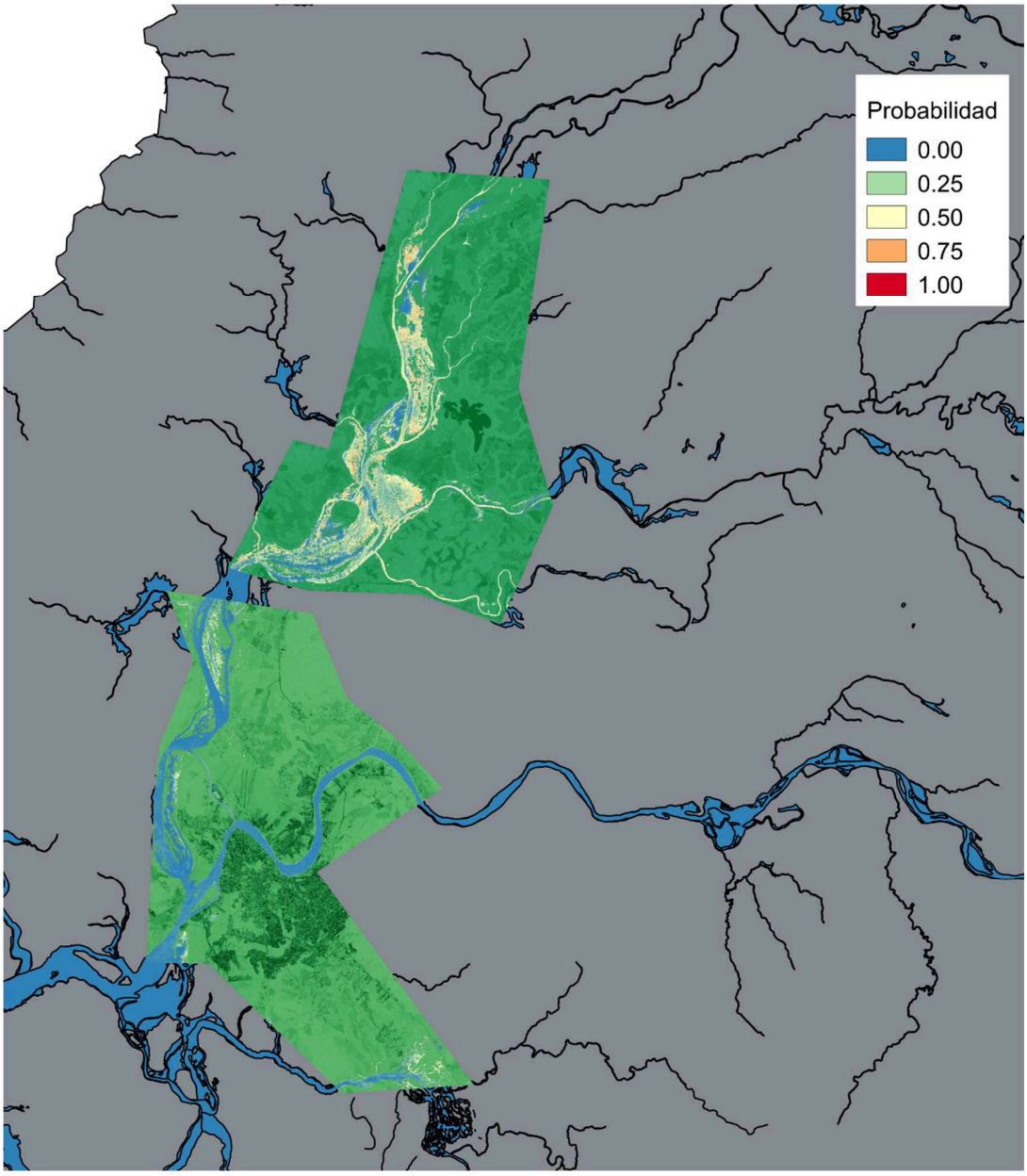


Figura 4.4.27. Distribución de *Potamogeton pusillus* (Huiro). La Figura ilustra la presencia del Huiro en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes del sensor WorldView 2. Los polígonos verdes representan las áreas de cobertura de las imágenes del sensor WorldView2.

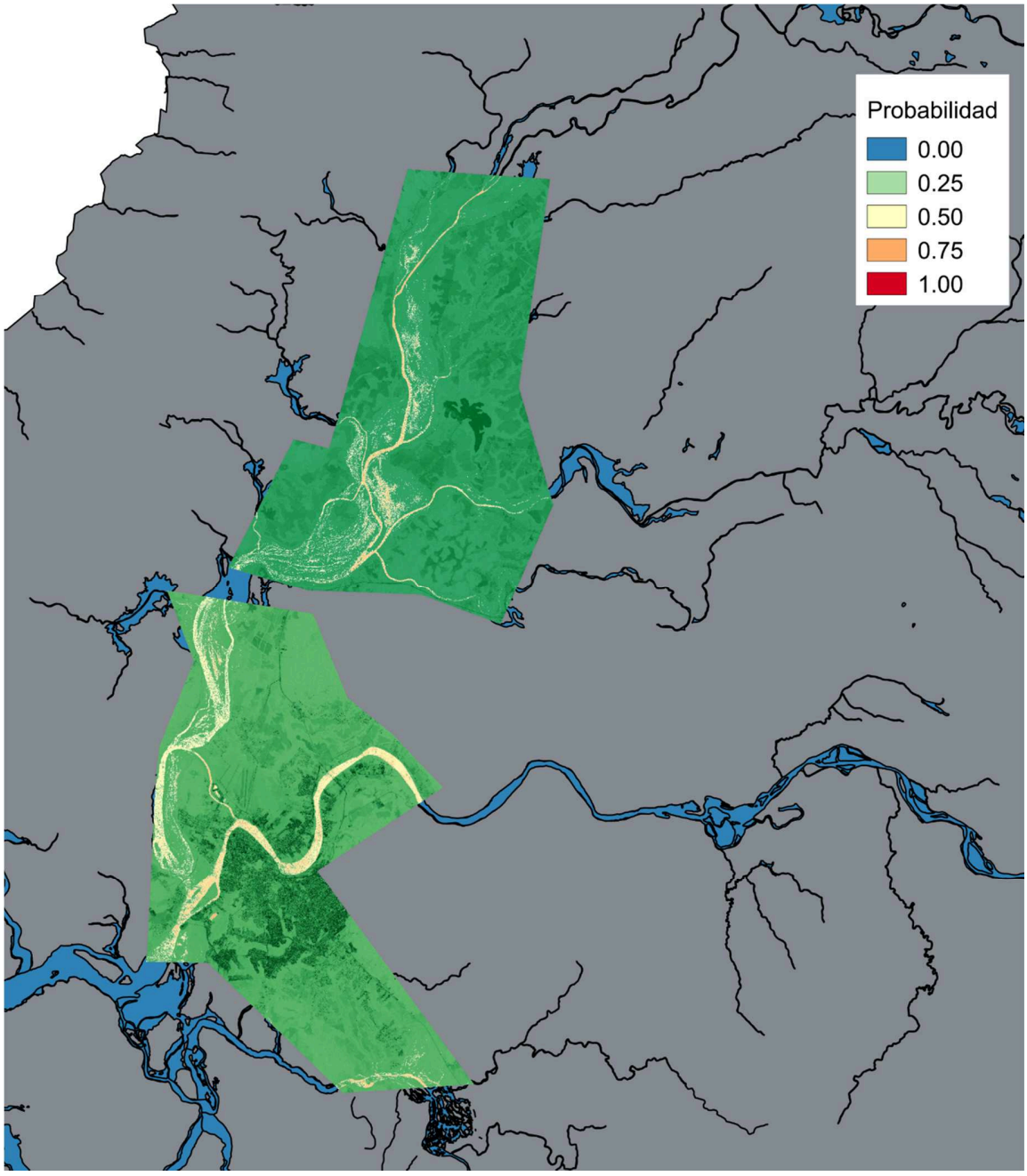


Figura 4.4.28. Distribución de *Potamogeton lucens* (Huiro verde). La Figura ilustra la presencia del Huiro verde en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches multi específicos e imágenes del sensor WorldView 2. Los polígonos verdes representan las áreas de cobertura de las imágenes del sensor WorldView2.

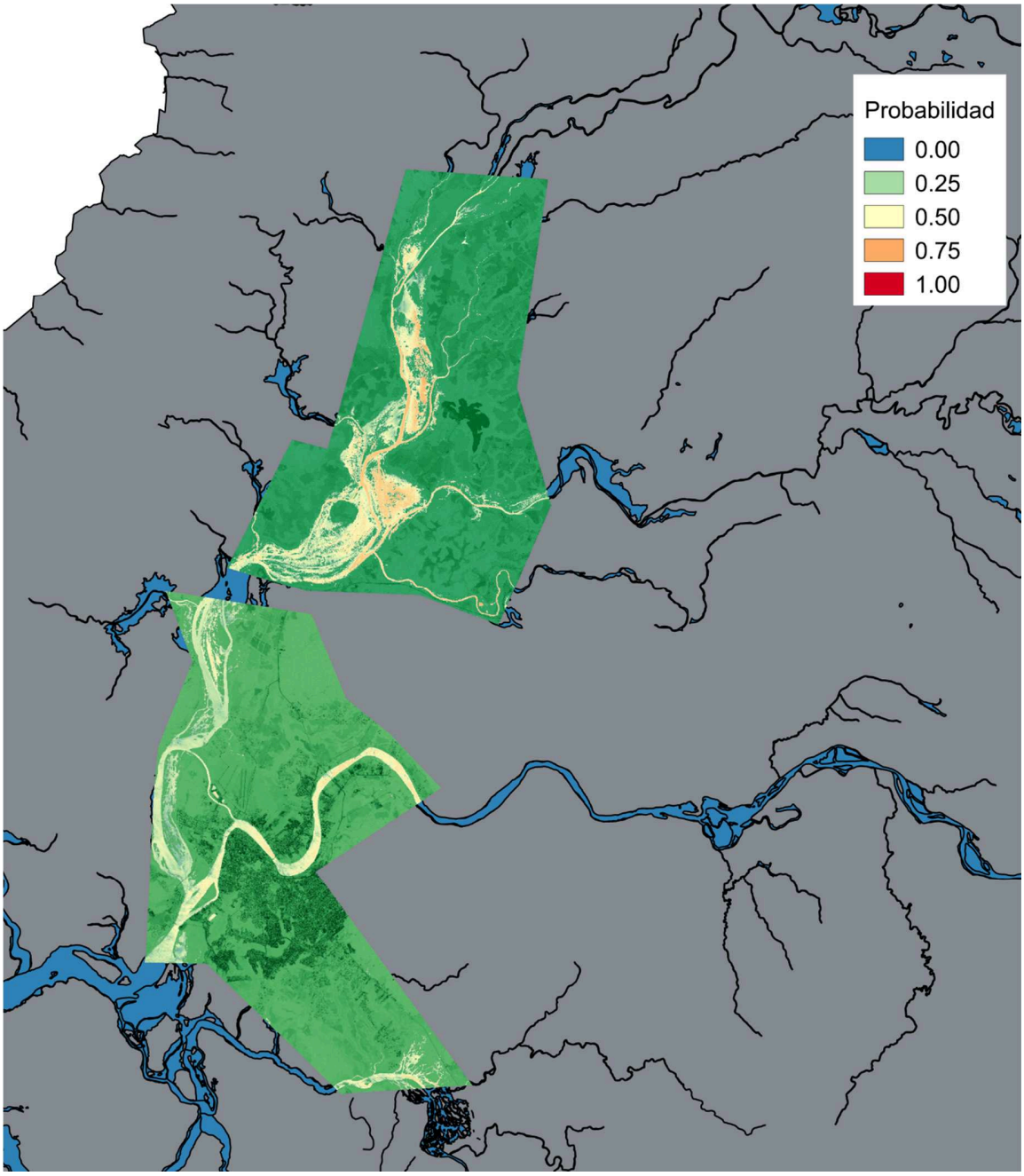


Figura 4.4.29. Distribución de *Scirpus californicus* (Totora). La Figura ilustra la presencia de la Totora en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes del sensor WorldView 2. Los polígonos verdes representan las áreas de cobertura de las imágenes del sensor WorldView2.

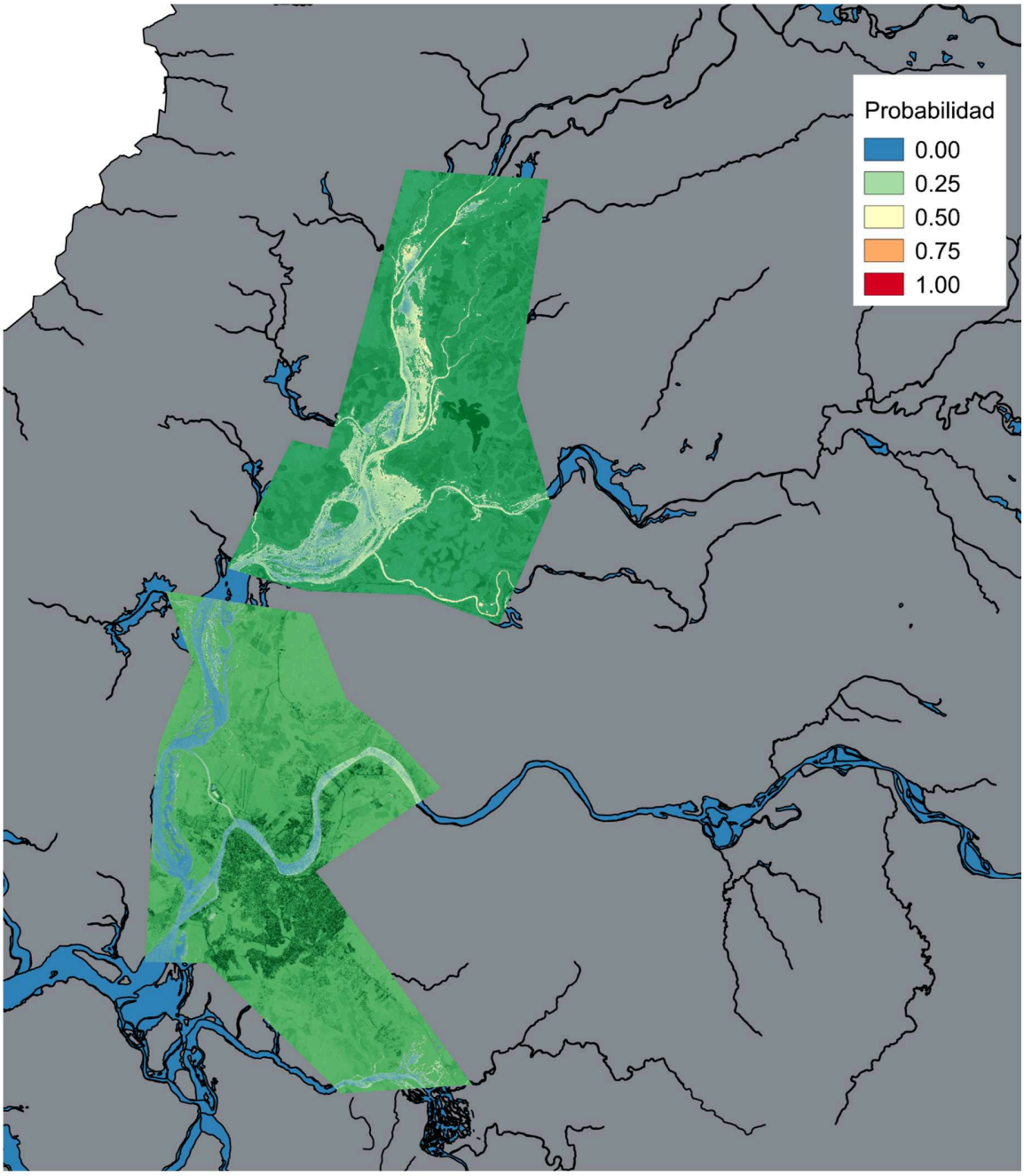


Figura 4.4.30. Distribución de *Nymphaea alba* (Loto). La Figura ilustra la presencia del Loto en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes del sensor WorldView 2. Los polígonos verdes representan las áreas de cobertura de las imágenes del sensor WorldView2.

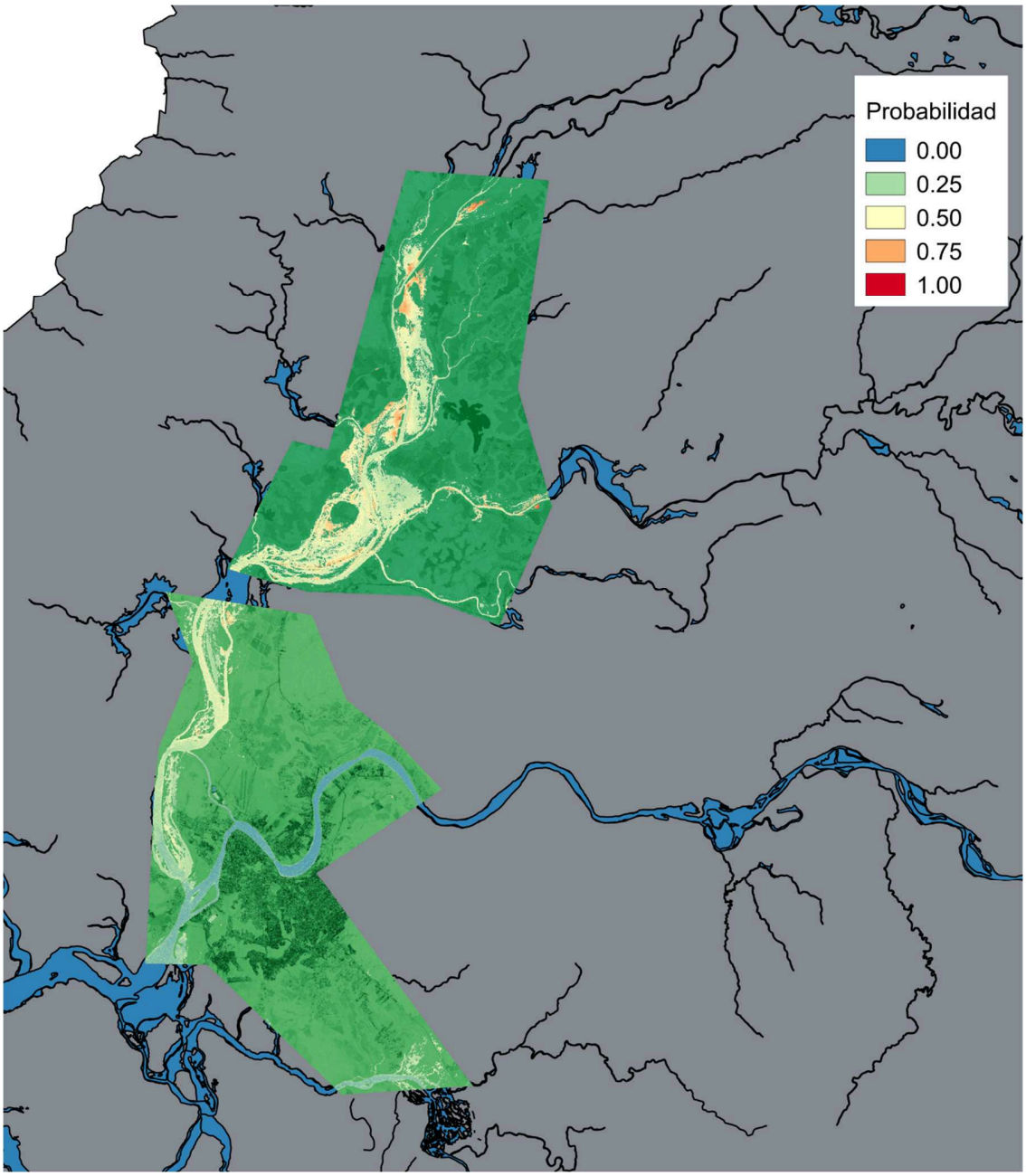


Figura 4.4.31. Distribución de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua). La Figura ilustra la presencia de la Flecha de agua en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches mono específicos e imágenes del sensor WorldView 2. Los polígonos verdes representan las áreas de cobertura de las imágenes del sensor WorldView2.

Finalmente, se evaluó el efecto de aumentar el número de presencias en conjunto con usar un subset reducido de bandas de imágenes LANDSAT. Para ello, se realizó el modelamiento para aquellas plantas con mayor número de presencias en la base de datos generada mediante transectos en el humedal, generando modelos similares a los ajustados para *Potamogeton lucens*. Este cuarto modelo (Modelo 4) consideró la base de datos de datos de parches mono específicos en conjunto con la base de datos de presencia en transectos multi específicos, generando una base común o consolidada de datos. En general, los modelos obtenidos se caracterizaron por valores algo menores de AUC, los que oscilan alrededor de 0,75. En las Figuras 4.4.32 a 4.4.37, se ilustran los modelos generados a partir de los muestreos de parches mono específicos y transectos a lo largo del HRC. Al observar las distribuciones del Luchecillo, el Huiro y el Huiro verde, se aprecia un patrón heterogéneo, con parches asociados a sectores ribereños o aparentemente de profundidades someras. Por otra parte, para la Totora, el Loto y la Flecha de agua, los resultados indican una distribución amplia, con coberturas algo mayores que las especies restantes, pero discontinuas a lo largo del humedal. Tanto el valor del estadístico de bondad de ajuste (AUC), como la coherencia espacial de las distribuciones ajustadas corroboran el mejor desempeño de los modelos ajustados en base a la totalidad de observaciones. Una consecuencia del mejor desempeño es la mayor heterogeneidad o estructura espacial de las distribuciones ajustadas, a diferencia de los modelos ajustados en base a la totalidad de las capas y muestreos de presencia en parches mono específicos (*cf.* Fig. 4.4.20 - 4.4.25). Estos resultados validan la estrategia de modelamiento en base a la totalidad de observaciones y un subconjunto reducido de capas del sensor Landsat (Modelo 4).

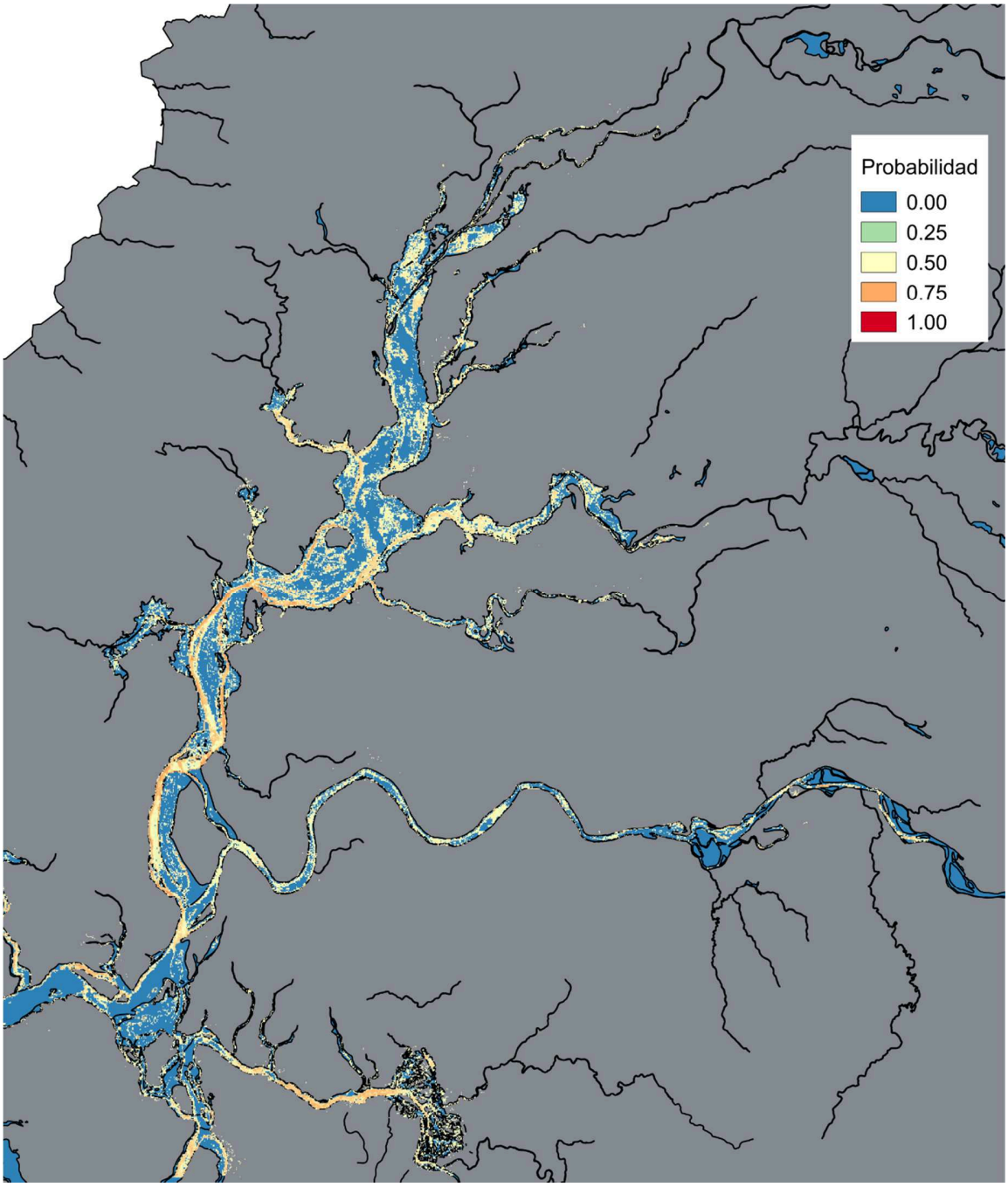


Figura 4.4.32. Distribución de *Egeria densa* (Luchecillo). La Figura ilustra la presencia del Luchecillo en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes del sensor OLI 8 (Satélite LANDSAT 8).

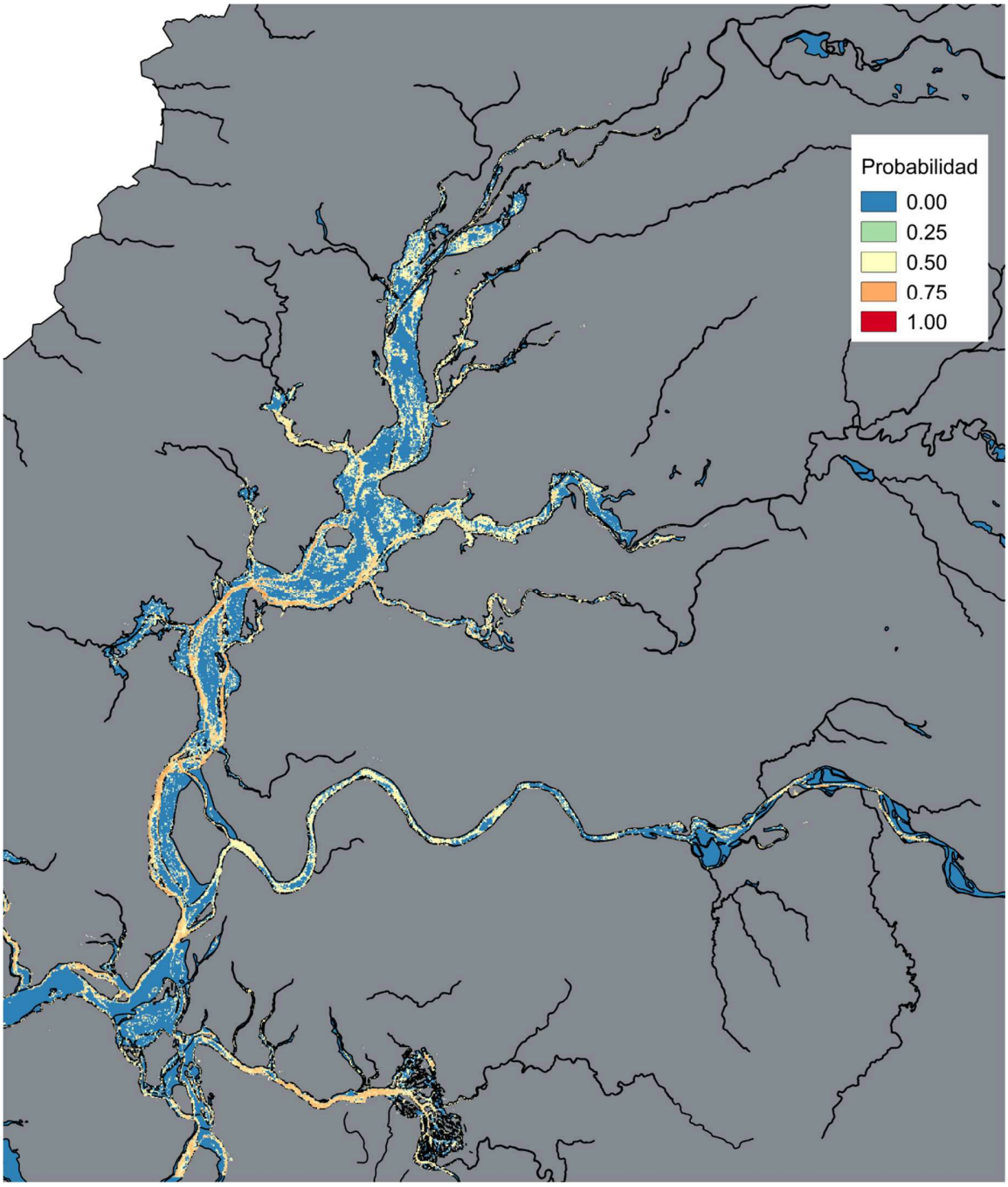


Figura 4.4.33. Distribución de *Potamogeton pusillus* (Huiro) La Figura ilustra la presencia del Huiro en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes del sensor OLI 8 (Satélite LANDSAT 8).

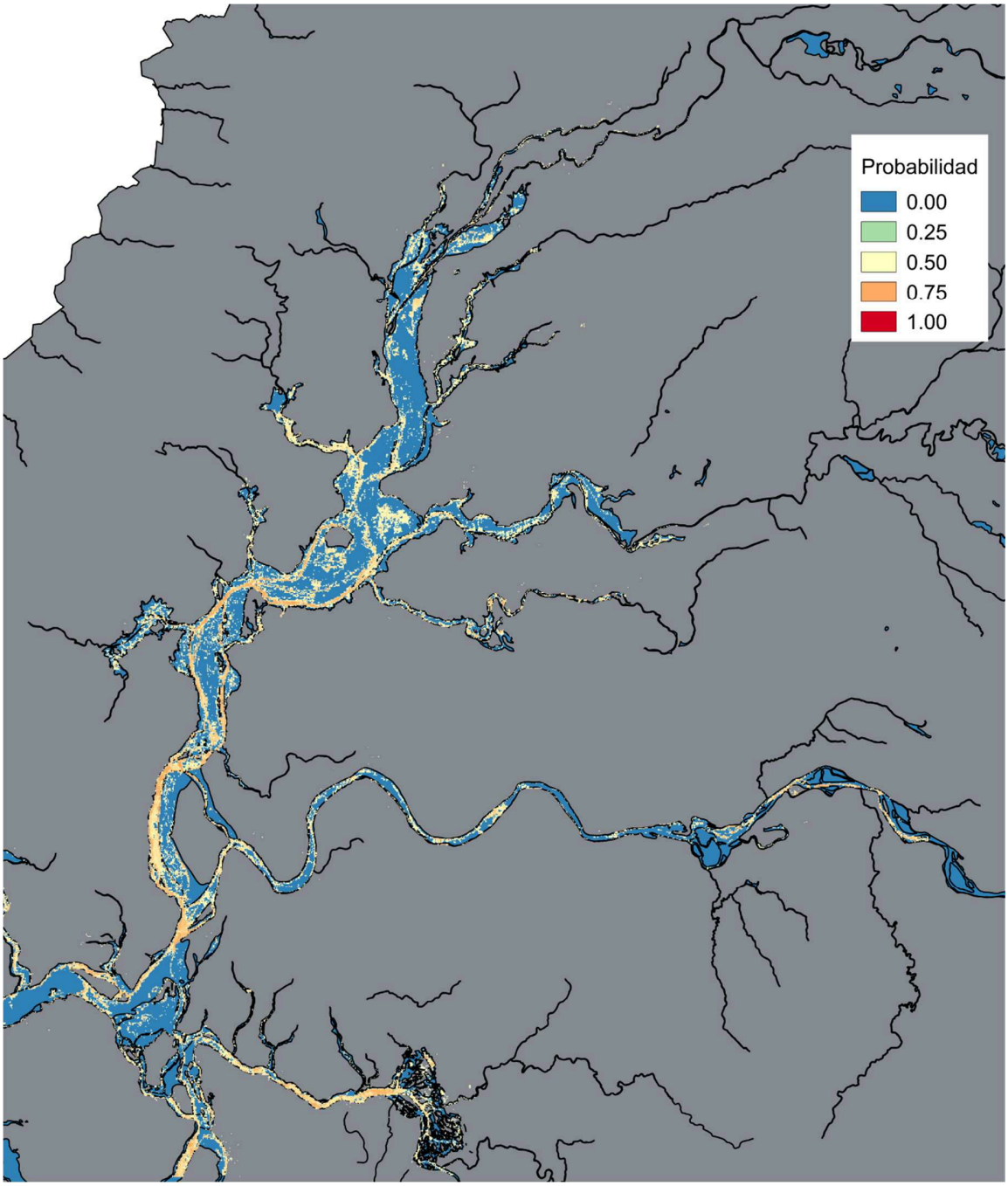


Figura 4.4.34. Distribución de *Potamogeton lucens* (Huiro verde). La Figura ilustra la presencia del Huiro verde en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes del sensor OLI 8 (Satélite LANDSAT 8).

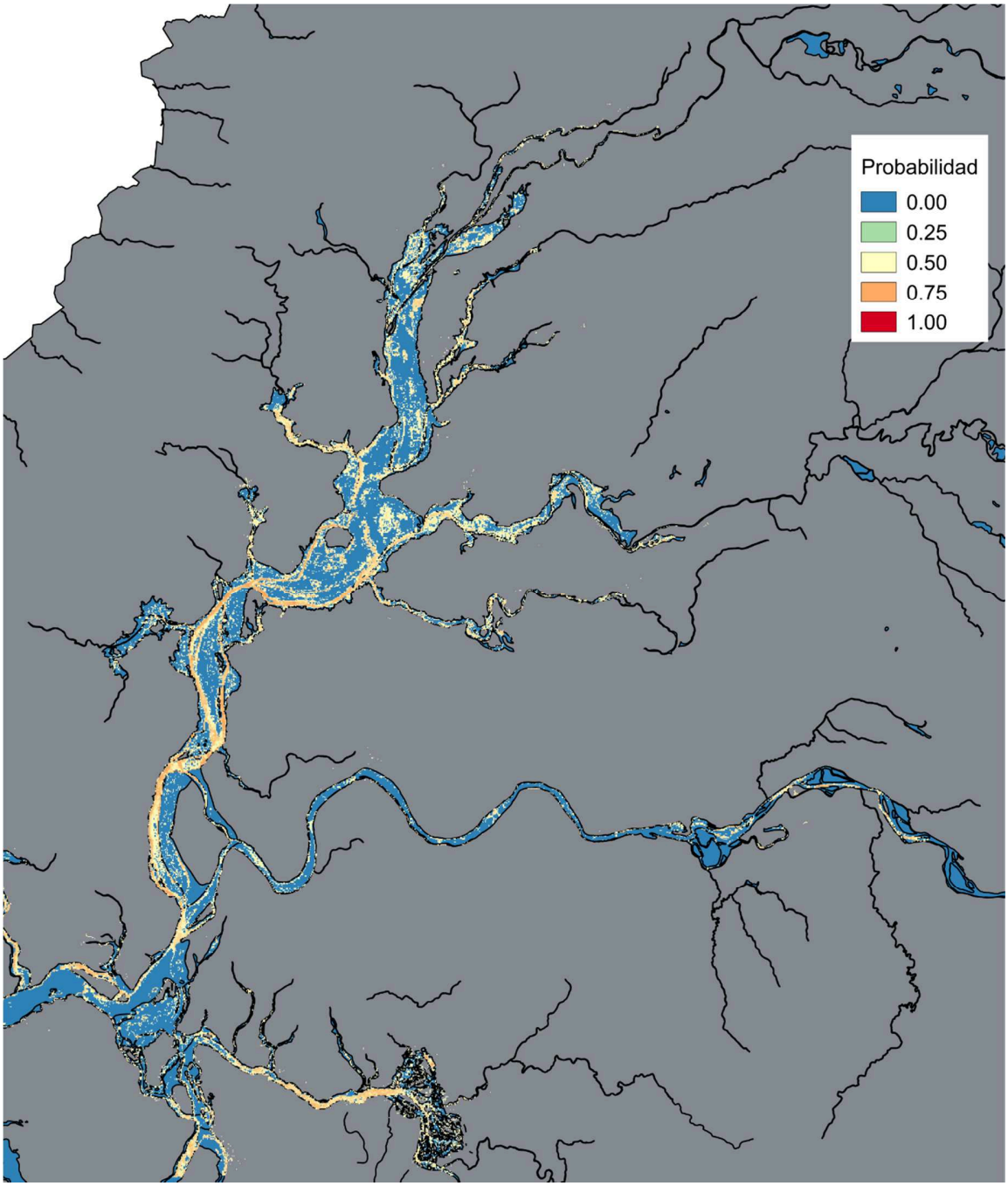


Figura 4.4.35. Distribución de *Scirpus californicus* (Totora) La Figura ilustra la presencia de la Totora en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes del sensor OLI 8 (Satélite LANDSAT 8).

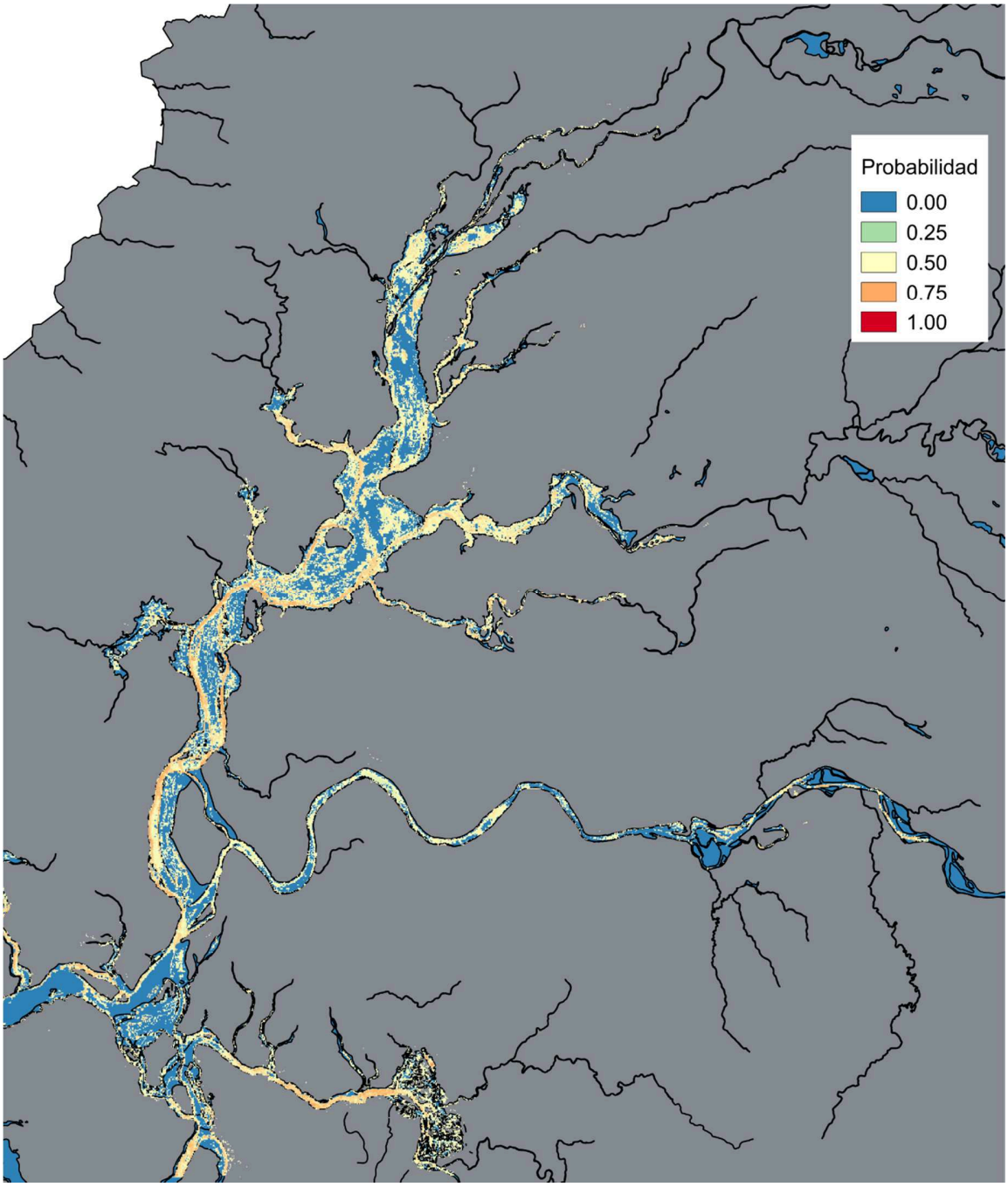


Figura 4.4.36. Distribución de *Nymphaea alba (Loto).* La Figura ilustra la presencia del Loto en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes del sensor OLI 8 (Satélite LANDSAT 8).

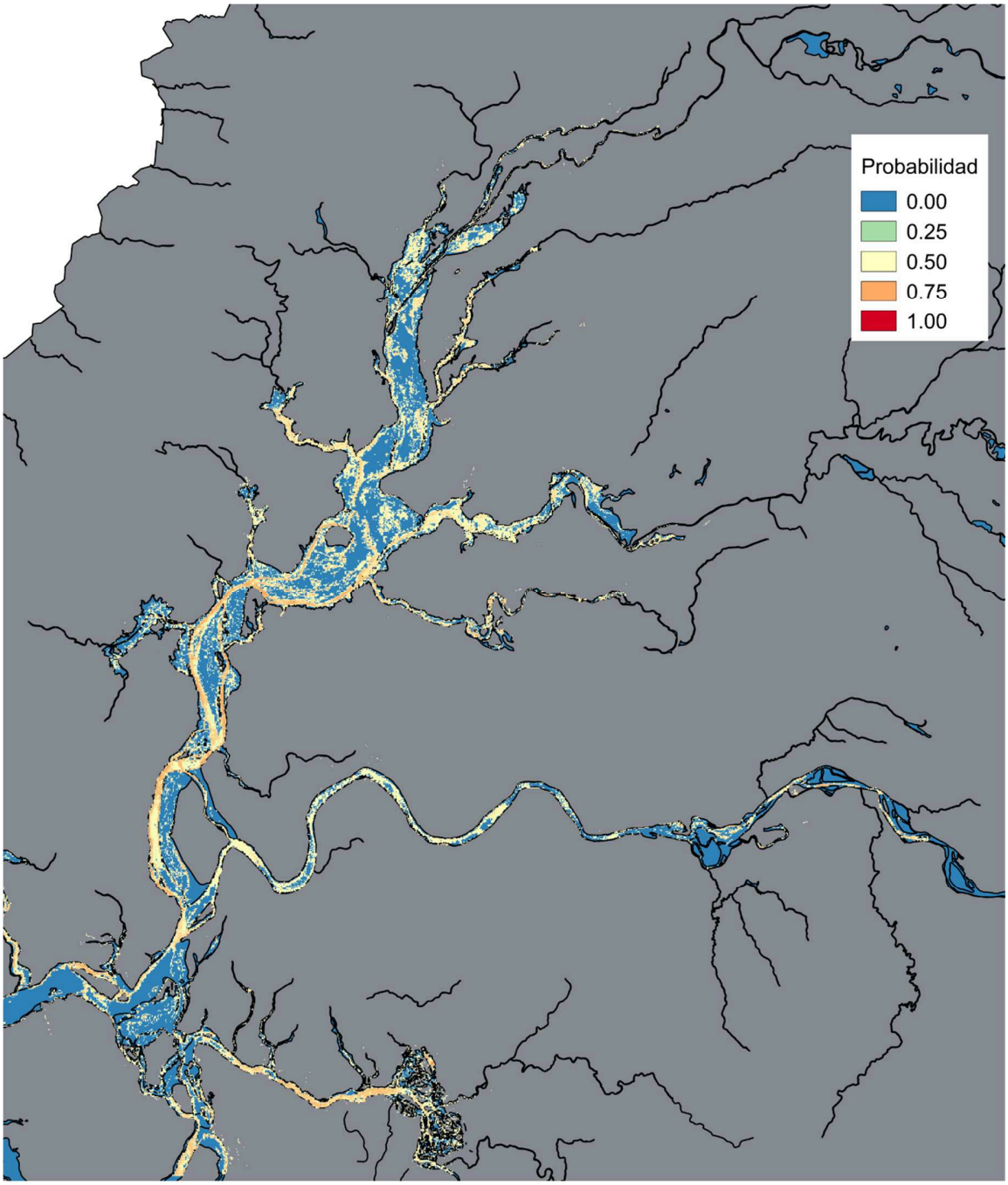


Figura 4.4.37. Distribución de *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua). La Figura ilustra la presencia de la Flecha de agua en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando mayor idoneidad de hábitat. Se ilustra el mapa de distribución promediado a través de las 6 validaciones cruzadas. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes del sensor OLI 8 (Satélite LANDSAT 8).

4.4.4.5. Modelamiento de distribución histórica de especies de macrófitas acuáticas en el área de estudio

Para evaluar la variación temporal la cobertura de las especies estudiadas se utilizó el Modelo 4. Este fue ajustado usando imagen Landsat 8 en conjunto con la base de datos consolidada, que incluye presencias en parches mono específicos y en transectos regulares a lo largo del humedal. Se procedió a proyectar la distribución de las especies de interés a través de distintos años, empleando los modelos de distribución ilustrados en las Figuras 4.4.32 a 4.4.37. En el ANEXO de este estudio se entrega el detalle de las distribuciones modeladas para las especies estudiadas, para todos los años estudiados en el archivo Landsat. Al examinar la variación espacial y temporal de la presencia y ausencia de las distintas especies estudiadas, se pudo apreciar que las diferencias se relacionan principalmente a la variación inter anual, no habiendo diferencias significativas entre las distintas áreas de estudio ilustradas en la Figura 4.4.3 para ninguna de las especies estudiadas.

De esta manera en el caso del Luchecillo, un análisis logístico indicó que no se observaron diferencias significativas entre las distintas zonas estudiadas, pero sí se evidenciaron diferencias significativas entre años (modelo lineal general, GLM logit, deviance Nula = 24009, deviance residual = 20659; g.l. = 192259; 192259; $p<0,0001$). Para el Huiro y el Huiro verde, se observaron resultados similares, donde sólo la variación temporal fue significativa (GLM logit, deviance Nula = 24009, deviance residual = 20659; g.l. = 192259; 192256; $p<0,0001$ y GLM logit, deviance Nula = 24009, deviance residual = 20659; g.l. = 192259; 192257; $p<0,0001$, respectivamente). En particular, el periodo previo al año 2001 presenta diferencias importantes con los años posteriores al 2005 (ver sección 4.4.28 para una discusión más detallada de estos resultados).

Para el caso de la Totora, tampoco se observaron diferencias significativas entre zonas espaciales, mientras que la variación temporal sí fue significativa (GLM logit, deviance Nula = 24009, deviance residual = 20659; g.l. = 192259; 192258; $p<0,0001$). En el

caso del Loto y la Flecha de agua, se observaron valores similares de desviación para la prueba de modelo lineal general con función de enlace logit, indicando que existen diferencias significativas en la cobertura a lo largo del tiempo.

4.4.4.6. Variación espacio-temporal en los indicadores de sensores remotos para la calidad de agua

Además de la medición *in situ* de parámetros de calidad de agua, se examinó la variación espacio temporal para la reflectancia en distintos sectores del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; específicamente en aquellos sectores delimitados por los polígonos de estudio ilustrados en la Figura 4.4.3.

Las Figuras 4.4.38 a 4.4.45, ilustran la variación inter anual en los valores de reflectancia en diferentes sectores del área de estudio y correspondientes a las bandas 1 a 4 del sensor TM (Satélites Landsat 4 y 5). Las bandas 1 a 3 corresponden al espectro de luz visible (luz azul, verde y roja), mientras que la banda 4 corresponde a la información correspondiente al espectro infrarrojo cercano (NIR). Las bandas 1 a 3 permiten evaluar cambios inter anuales en la reflectancia que se asocian a cambios en la transparencia del agua. Así, valores mayores de reflectancia en estas bandas corresponden a una mayor presencia de sólidos suspendidos en la columna de agua, resultando en una mayor turbiedad o menor transparencia (Lagos *et al.,* 2008). A su vez, la banda 4 permite determinar cambios inter anuales en la reflectancia asociada a cambios en la cobertura de macrófitas acuáticas sumergidas (Lagos *et al.,* 2008). Para el río Cruces, sector Fuerte San Luis (Fig. 4.4.38), la reflectancia de las bandas del espectro visible (bandas 1 a 3) se caracteriza por presentar valores máximos en los años 2003 y 2004, seguidos de una disminución en el año 2005 (Fig. 4.4.38 a-c). En el caso de la banda 4, esta indica un aumento sostenido en la cobertura de macrófitas sumergidas, desde el año 1998, con disminuciones importantes en los años 2005, 2007 y 2011.

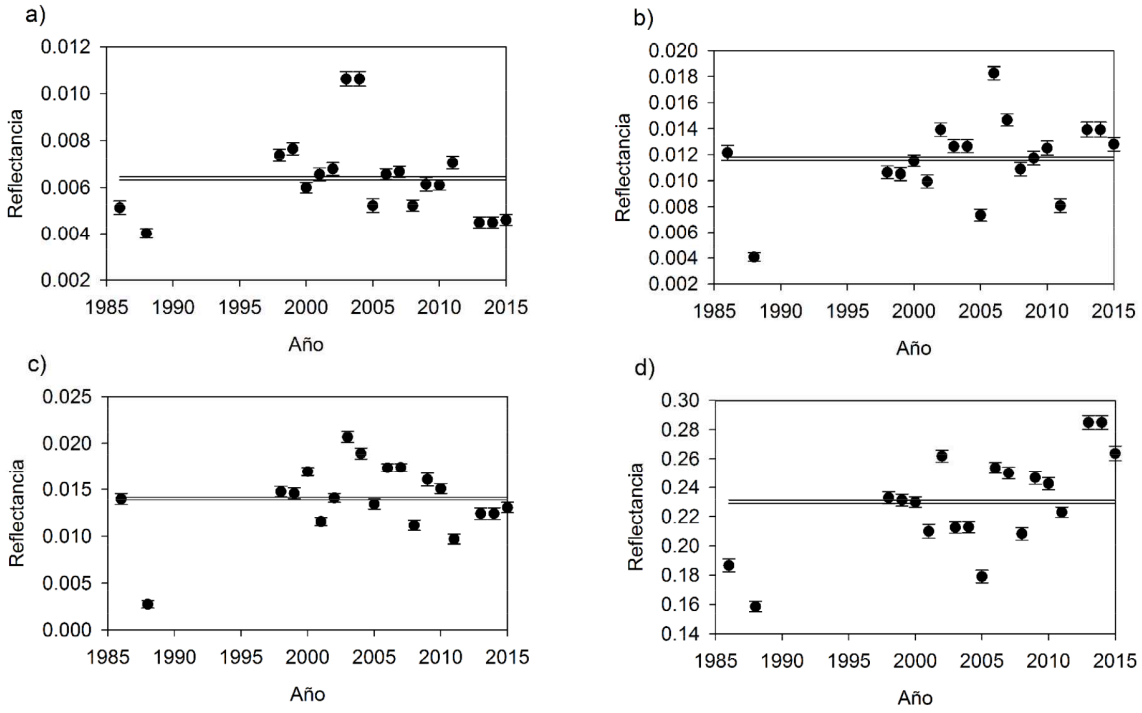


Figura 4.4.38. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en sector Fuerte San Luis. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Fuerte San Luis. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

Para el río Pichoy (Fig. 4.4.39), se observa un aumento paulatino de la turbidez, tal como lo indica el aumento en la reflectancia de las bandas 1 a 3, que presentan una alta correlación entre sí (0.79±0,09; coeficiente promedio de correlación de Pearson ±1,96e.e.). En particular, los aumentos mas marcados se observan con posterioridad al año 2005 (Fig. 4.4.39 a-c). Por otra parte, la cobertura de macrófitas presentó una disminución entre los años 2003 y 2005, aumentando posteriormente de manera sostenida en el tiempo hasta alcanzar un valor máximo entre los años 2013 y 2015 (Fig. 4.4.39 d).

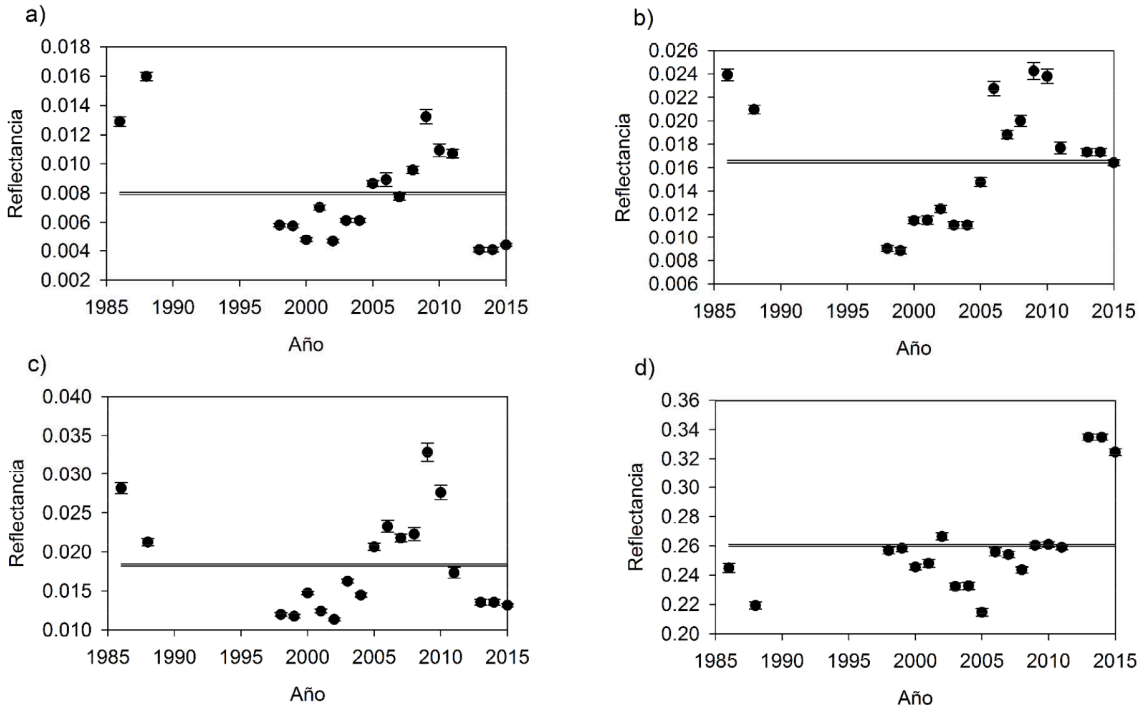


Figura 4.4.39. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en sector Pichoy. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Pichoy. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

Para el río Cruces, sector Santa Clara (Fig. 4.4.40), se observan leves fluctuaciones en la turbiedad, con coeficientes de variación que indican una variación homogénea, con valores entre 13% y 22%. En particular, la reflectancia de las bandas del espectro visible (bandas 1 a 3) disminuye con posterioridad al año 1999, aumentando nuevamente hacia el año 2008 (Fig. 4.4.40 a-c). Por otra parte, la banda 4 se caracterizó por presentar oscilaciones irregulares, sin ninguna tendencia clara en la cobertura global de macrófitas acuáticas, pero con disminuciones en los años 1998, 1999, 2005 y 2008 (Fig. 4.4.40 d).

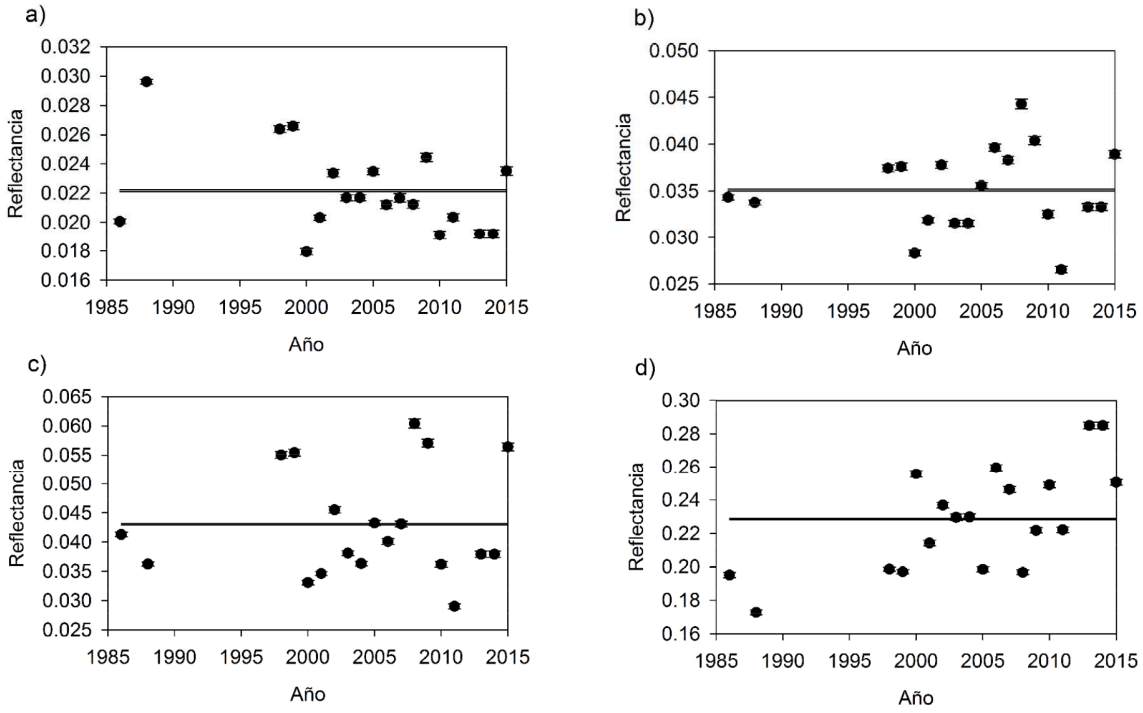


Figura 4.4.40. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en sector Santa Clara. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Santa Clara. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

Al examinar la variación temporal en el río Cruces, sector Cayumapu, se observa un aumento en la turbidez para las bandas 1 a 3 entre los años 2000 y 2004, para luego disminuir a en el año 2005 (Fig. 4.4.41 a-c). Posteriormente, mientras las bandas 1 y 3 muestran una tendencia a una mayor disminución de la turbidez, la banda 2 muestra un alza el año 2006, para luego disminuir y estabilizarse alrededor de la media observada para el periodo completo de estudio (Fig. 4.4.41 a-c). Por el contrario, la cobertura global de macrófitas acuáticas en este sector se caracteriza por un aumento paulatino, con disminuciones marcadas en el año 2001 y 2005 (Fig. 4.4.41 d).

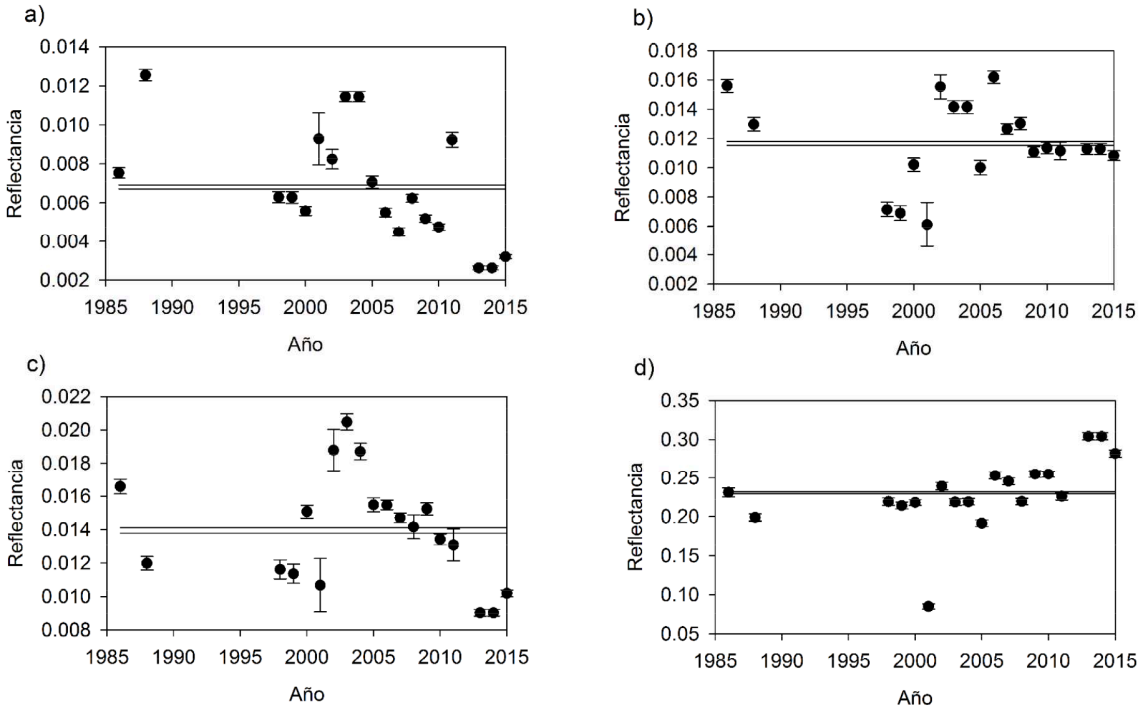


Figura 4.4.41. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en sector Cayumapu. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Cayumapu. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

En el río Cruces, sector Tres Bocas, se observa una tendencia a la disminución en la reflectancia de las bandas 1 a 3 entre los años 2001 y 2015, mientras que la cobertura global de macrófitas tiende a aumentar (Fig. 4.4.42). En particular, se observan eventos de máxima turbidez en los años 1998, 1999 y 2001 (Fig. 4.4.42 a-c). A su vez, la señal de la banda 4 indica que la cobertura global de macrófitas presenta eventos con valores mínimos en los años 2005 y 2008 (Fig. 4.4.42 d).

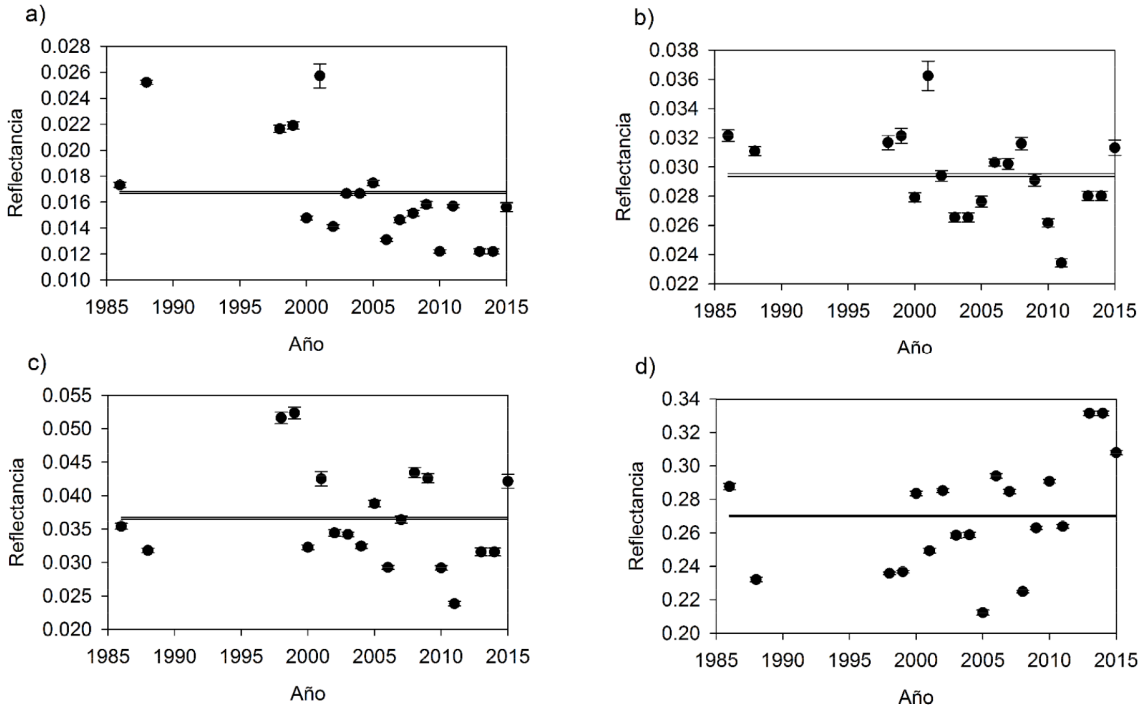


Figura 4.4.42. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en sector Tres Bocas. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Tres bocas. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

Al examinar la señal de turbidez en el sector Punucapa del río Cruces, se aprecia que esta se ve marcada por el máximo observado el año 1988 para todas las bandas del espectro visible (Fig. 4.4.43). Sin embargo, la dinámica de las bandas difiere en el periodo posterior al año 1988. En el caso de la banda 1, la tendencia a disminuir se ve interrumpida por alzas en los años 2005-2006 y 2011. Por el contrario, las bandas 2 y 3 muestran una muy leve tendencia al aumento en la turbidez, con un máximo pronunciado el año 2006 (Fig. 4.4.43 a-c). En el caso de la banda 4, la tendencia al alza en la señal de cobertura global de macrófitas se ve interrumpida por la disminución entre el año 2003 y 2005 (Fig. 4.4.43 d).

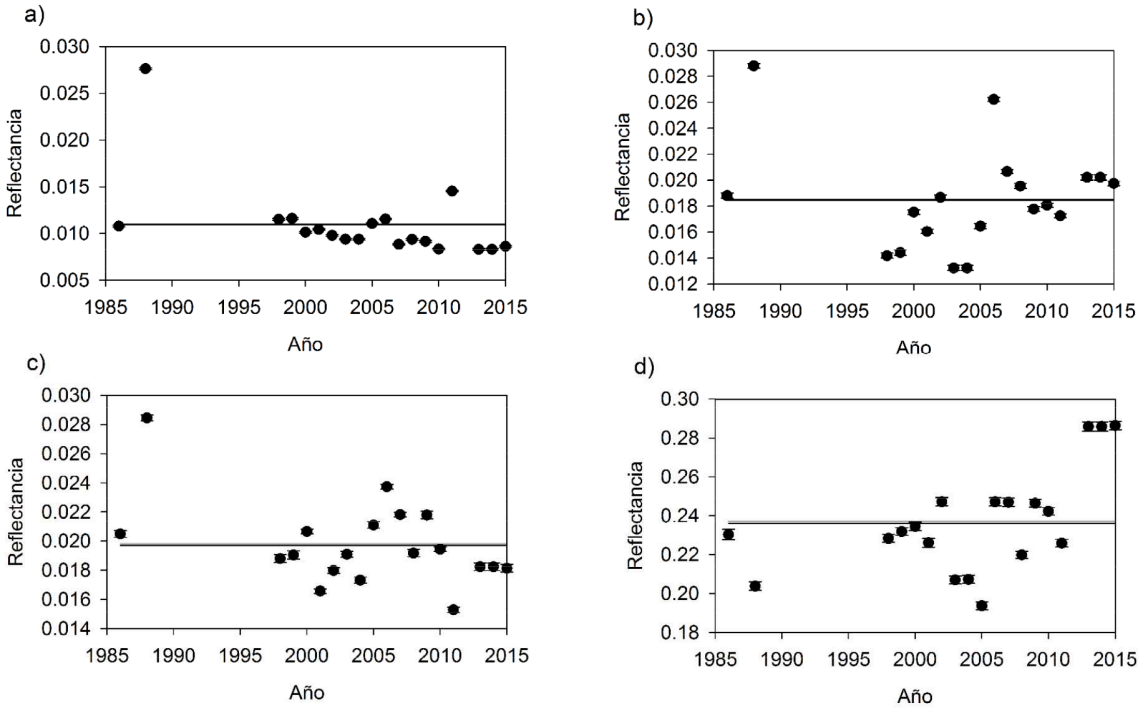


Figura 4.4.43. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en sector Punucapa. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Punucapa. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

En el sector Cruces - Cau Cau del río Cruces, se aprecia que la serie de tiempo muestra un evento extremo en el año 2006, coincidente en las cuatro bandas analizadas (Fig. 4.4.44). Si no se considera este punto, las señales de turbiedad en las bandas 1 a 3 no muestran ninguna tendencia de cambio, mientras que la señal de cobertura global de macrófitas de la banda 4 muestra una tendencia con interrupciones en los años 2003-2005, 2008 y 2011 (Fig. 4.4.44 d).

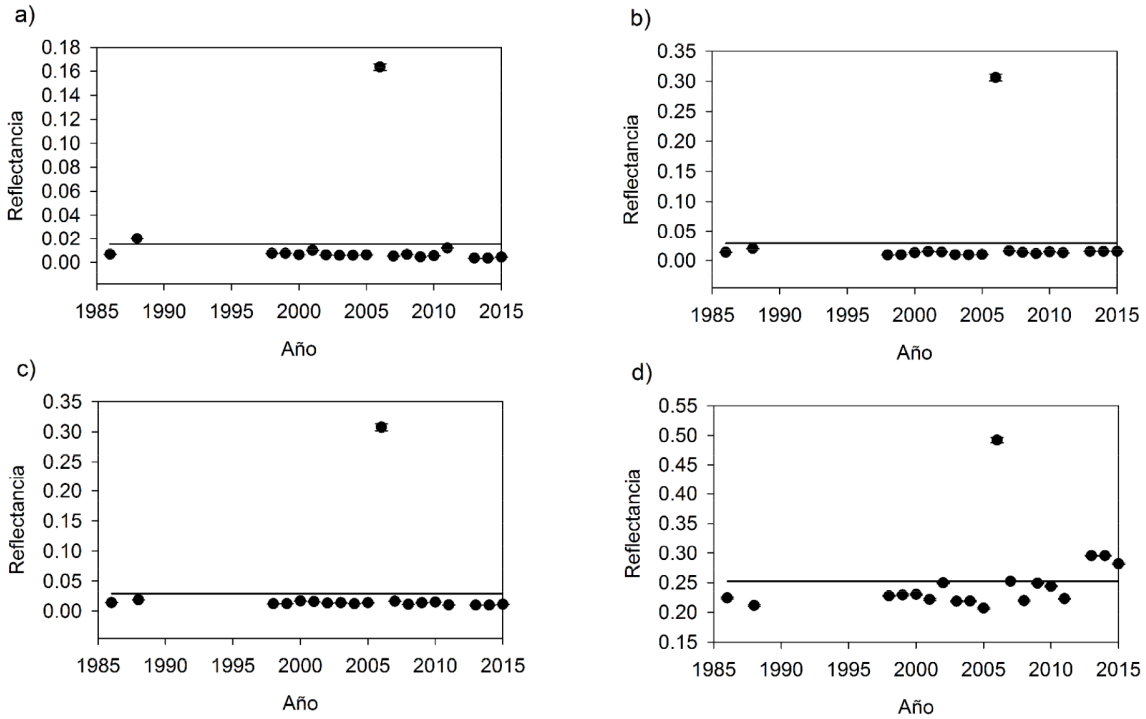


Figura 4.4.44. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en sector Cruces - Cau Cau. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Cau Cau. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

Por otra parte, el río Calle Calle se caracteriza por presentar una tendencia al aumento en la turbidez, con oscilaciones irregulares alrededor de esta tendencia (Fig. 4.4.45 a-c). Este patrón es muy similar para las tres primeras bandas, mostrando una alta correlación entre sí (0.95±0,02; coeficiente promedio de correlación de Pearson ±1,96 e.e.). Por el contrario, la señal de cobertura global de macrófitas (banda 4) no presenta una tendencia marcada, observándose disminuciones importantes en los años 2001 y 2005 (Fig. 4.4.45 d).

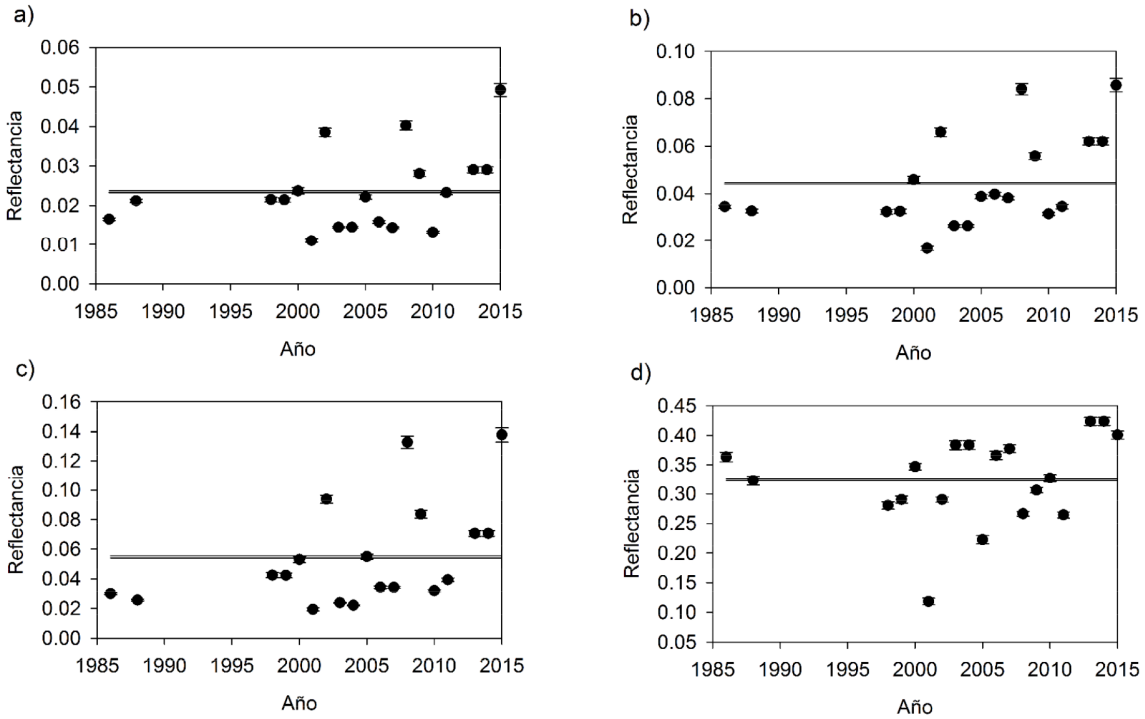


Figura 4.4.45. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en sector Calle Calle. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Calle Calle. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

El patrón observado en el río Valdivia es muy similar al descrito anteriormente para el sector Cruces - Cau Cau, con un evento extremo en el año 2006, coincidente en las cuatro bandas analizadas (Figs. 4.4.44 y 4.4.46), pero en este caso, si no se considera este punto, no se aprecian tendencias de cambio en ninguna de las cuatro bandas (Fig. 4.4.46). Este patrón es consistente para las tres primeras bandas, mostrando una alta correlación entre sí (0.95±0,02; coeficiente promedio de correlación de Pearson ±1,96 e.e.).

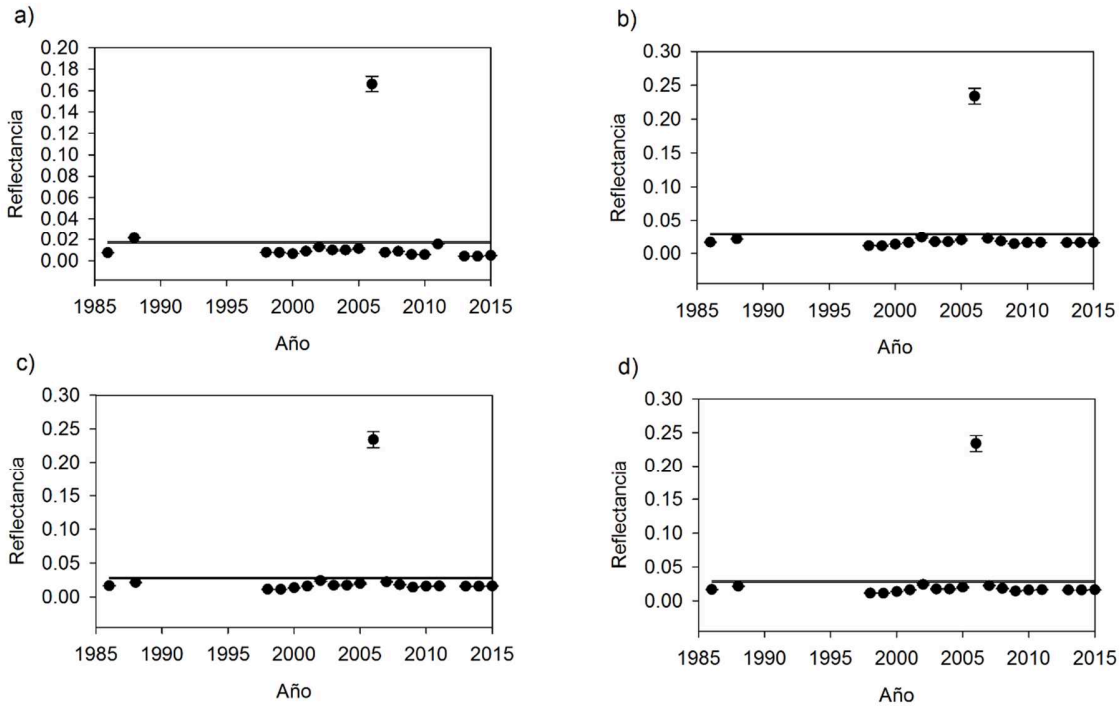


Figura 4.4.46. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en el río Valdivia. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Cruces, sector Valdivia. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

Finalmente, en el sector del río Angachilla se pudo apreciar un aumento importante en la turbidez del agua, conforme a lo indicado por las bandas 1 a 3, con un máximo en el año 2001, disminuyendo posteriormente hasta el periodo 2010-2011 (Fig. 4.4.47). Estas series se caracterizan por una alta heterogeneidad, con coeficientes de variación entre 43% y 46%, mientras que la banda 4 se caracterizó por una menor heterogeneidad, con un coeficiente de variación de 12%. De igual manera, las primeras tres bandas presentan una alta correlación temporal entre sí, un coeficiente de correlación de Pearson promedio de 0.82±0,12 (media±1,96e.e.), presentando una menor correlación con la banda 4 es mucho menor (coeficiente de Pearson: 0.21±0,29). La banda 4 por otra parte, muestra una tendencia a aumentar de la señal de cobertura global de

macrófitas acuáticas, con descensos importantes en los años 2001, 2003-2005, 2008 y 2011.

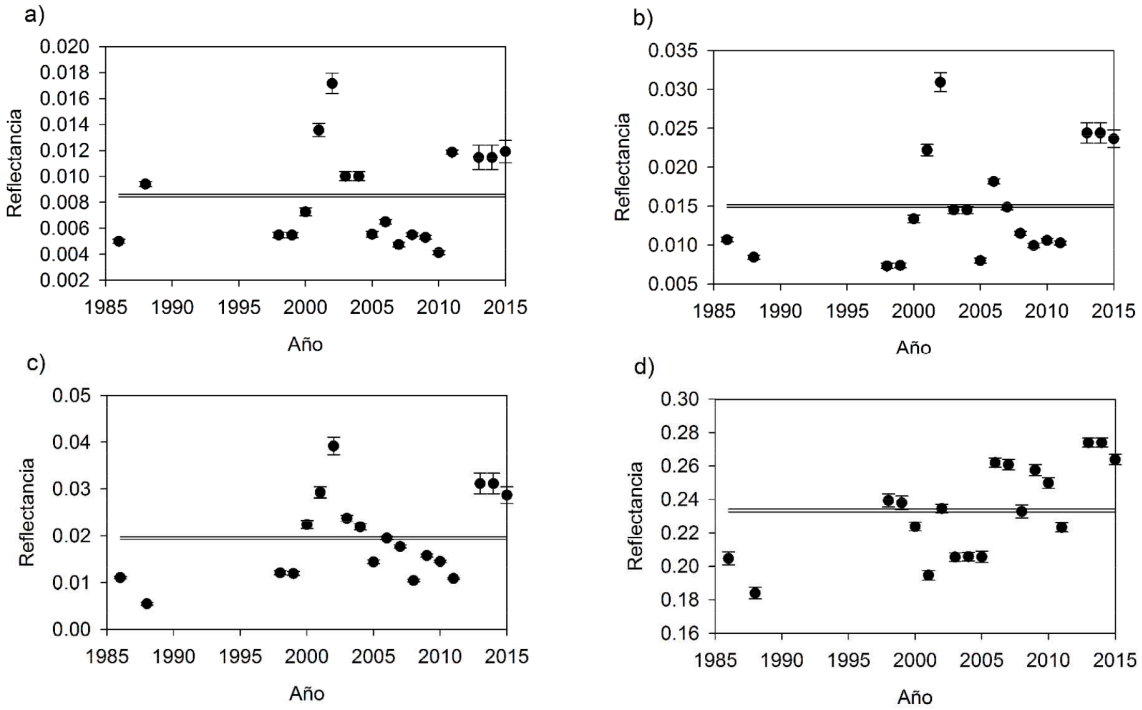


Figura 4.4.47. Variación inter anual en el valor de reflectancia para las primeras 4 bandas del sensor TM (Satélites 4 y 5 LANDSAT) en el río Angachilla. Se ilustran los valores medios para todos los píxeles presentes en el río Angachilla. La Figura muestra en círculos negros la variación en: a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95% alrededor de la media. Finalmente, se indica mediante líneas continuas el intervalo de confianza de 95% alrededor de la media global para el periodo de estudio (1986-2015).

De esta forma, el análisis temporal de las series de reflectancia permitió identificar algunas semejanzas y diferencias entre los distintos sectores (Fig. 4.4.38 a 4.4.47). Para poder resumir estas semejanzas, se realizó un análisis de aglomeración o clusters, enfocándose en la dinámica observada en periodo disponible después del año 1998. Para realizar éste análisis se contempló la información de cada banda por separado. Para cada

una de ellas, se elaboró una matriz de coeficientes correlación de Pearson entre los diez sectores estudiados, usando como información las series de tiempo de reflectancia en el periodo 1998-2015. Estas matrices de correlación fueron utilizadas entonces para generar un árbol de aglomeración en base a la distancia euclidiana entre cada par de sectores, empleando un algoritmo de enlace en base a la media grupal sin ponderar (UPGMA, unweigthed paired mean group average). Se determinó el grado de discriminación en base al estadístico de Dunn. La figura 4.4.48 muestra los resultados obtenidos, que muestran que la información contenida en las distintas bandas entrega distintos patrones de agrupación. Para la banda 1, correspondiente al espectro visible cercano al color azul, se identificaron tres grupos. El primero corresponde al río Valdivia y el río Angachilla, del sector sur del área de estudio. El segundo grupo corresponde al sector central, abarcando desde el río Calle Calle hasta el sector Pichoy en el río Cruces. Finalmente, un tercer grupo está compuesto por el sector de Fuerte San Luis y el sector Cruces - Cau Cau (Fig. 4.4.48 a). Al considerar la banda 2, correspondiente al espectro visible cercano al color verde, esta no genera un patrón de segregación espacial tan claro. Sin embargo, se logran discriminar cuatro grupos, el primero formado por los sectores de Cayumapu y el río Calle Calle, mientras que el segundo grupo reúne los sectores de Punucapa y Tres Bocas. El tercer grupo de sectores incluye sectores ubicados más al sur (Valdivia y Angachilla) junto con sectores más al norte (Santa Clara y Pichoy). El cuarto grupo finalmente clasifica nuevamente el sector de Fuerte San Luis junto con el sector Cruces - Cau Cau (Fig. 4.4.48 b). Al considerar la banda 3, correspondiente al espectro visible cercano al color rojo, la agrupación es más heterogénea, desapareciendo la semejanza del río Angachilla con Valdivia. Este último sector es agrupado junto con los sectores de Santa Clara y Pichoy. A su vez, se forma un gran grupo que abarca los sectores entre Calle Calle y Cayumapu, incluyendo al Fuerte San Luis junto con el sector Cruces - Cau Cau (Fig. 4.4.48 c). Finalmente, al examinar el patrón de agrupación para la banda 4, se observa una clara agrupación del sector de San Luis junto con el sector Cruces - Cau Cau. El segundo grupo está conformado por los sectores ubicados entre Punucapa y el río Pichoy junto con el río

Angachilla, mientras que el tercer grupo está conformado por el sector río Valdivia y el río Calle Calle (Fig. 4.4.48 d).

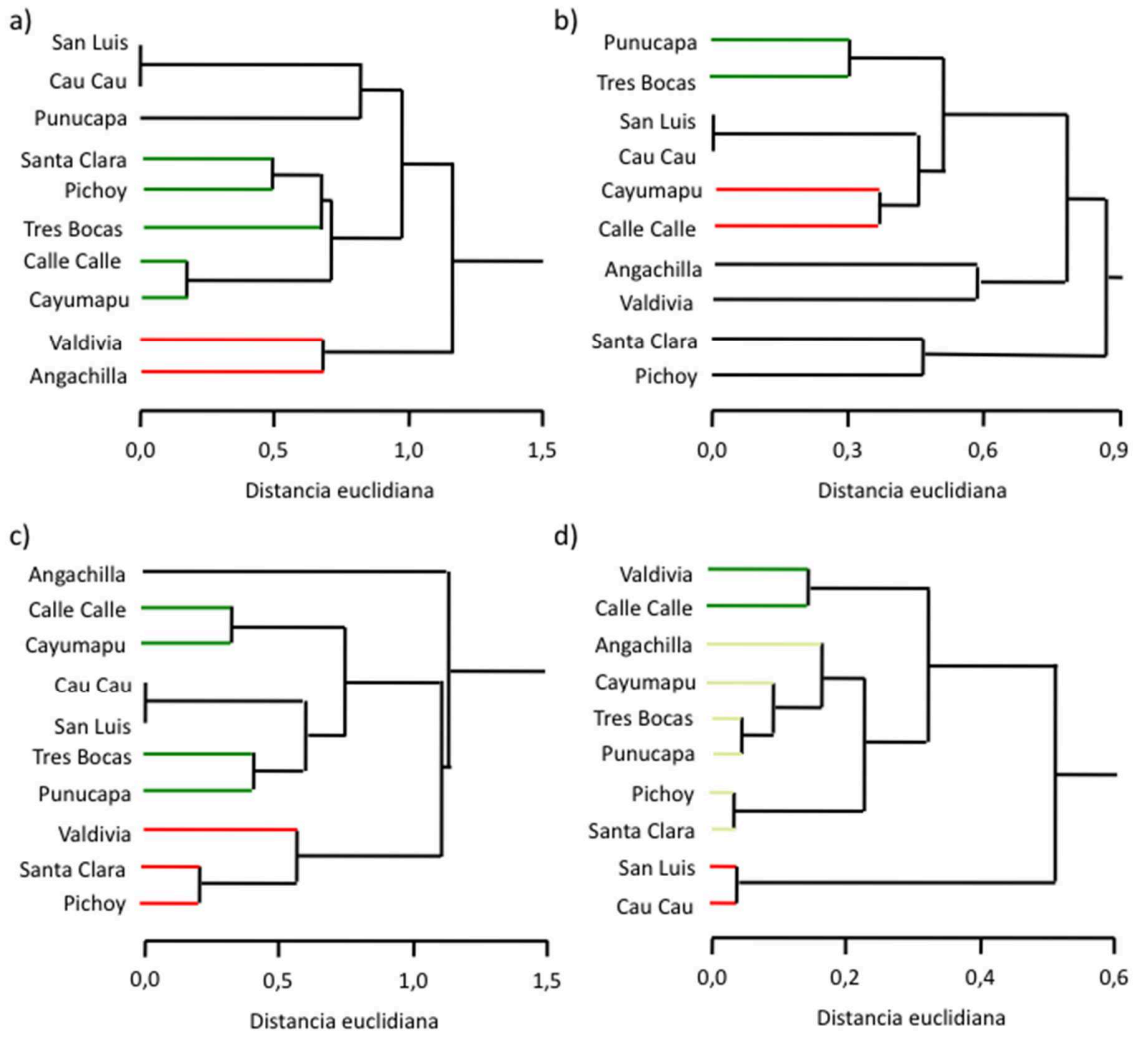


Figura 4.4.48. Análisis de similitud de los sectores. La Figura muestra un análisis de aglomeración o cluster para la dinámica de reflectancia en los 10 sectores estudiados. Se muestra el análisis realizado en base a las series temporales de a) Banda 1 (azul, 0,45 a 0,52 µm), b) Banda 2 (verde, 0,52 a 0,60 µm), c) Banda 3 (rojo, 0,63 a 0,69 µm) y d) Banda 4 (infrarrojo cercano, 0,76- 0,90 µm). Colores más cálidos corresponden a grupos con mayor poder de discriminación en base al estadístico de Dunn.

El análisis de reflectancia indica que las diferentes bandas del espectro visible pueden presentar distintas respuestas en un sector dado, o bien, mostrar oscilaciones más o menos sincrónicas a lo largo del humedal. Se observaron fluctuaciones sincrónicas o correlacionadas entre las tres primeras bandas para los sectores de Angachilla, Valdivia, Calle Calle, Cau Cau, Punucapa y río Pichoy, con valores promedio del coeficiente de correlación de Pearson tomando valores entre 0,63 y 0,99. Por otra parte, los sectores de Tres Bocas, Cayumapu, Santa Clara y San Luis presentaron fluctuaciones con poca sincronía entre las bandas 1 a 3, con los valores promedio del coeficiente de correlación de Pearson tomando valores entre 0,44 y 0,58. Esto sugiere que podrían haber diferencias en la dinámica de los sectores norte y sur, con este último siendo más expuesto al forzamiento por la dinámica de mareas. En particular, los efectos de aumento en la turbiedad en el periodo 2004-2005 son más notorios en el sector San Luis, no siendo tan apreciables en la mayoría de los sectores del sur del Humedal.

4.4.4.7. Variación espacio-temporal en la cobertura de macrófitas acuáticas

Los modelos ajustados en base a imágenes del sensor OLI (misión LANDSAT 8) y la base de datos consolidada permitieron la proyección de la distribución de las macrófitas acuáticas hacia los años pasados en que se cuenta con imágenes satelitales de archivo. Las Figuras 4.4.49 a 4.4.52 muestran la variación temporal en la cobertura proyectada para las especies de macrófitas acuáticas más comunes en el área, indicando los cambios en la superficie estimada y proporción del hábitat ocupado por la especie de acuerdo a las proyecciones ajustadas. En estos cambios, destaca la disminución en la ocupación para los años 2003 y 2004, que se aprecia de forma más marcada para el Luchecillo (Fig. 4.4.49), el Huiro (Fig. 4.4.50), el Huiro verde (Fig. 4.4.51) y la Totora (Fig. 4.4.52).

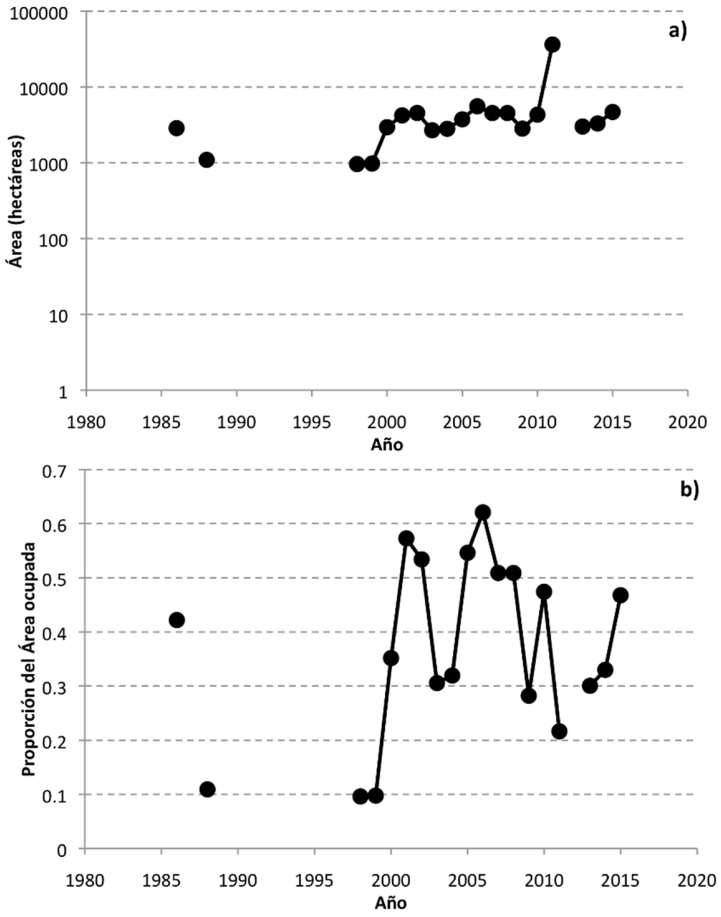


Figura 4.4.49. Variación inter anual en la cobertura proyectada para *Egeria densa* (Luchecillo) durante el periodo estudiado. La Figura ilustra la oscilación en superficie estimada (a) y proporción del hábitat ocupado por la especie de acuerdo a las proyecciones ajustadas (b).

En el caso del Luchecillo, se aprecia un aumento importante en área ocupada para el año 2011, de aproximadamente un orden de magnitud. Posteriormente, en el año 2013, se observan valores comparables a lo observado en el año 2010. Sin embargo, al considerar la proporción del área ocupada, esta no presenta aumentos similares. En el caso del Huiro, el patrón observado es cualitativamente similar al presentado en el Luchecillo, pero con valores de proporción de ocupación menores (Fig. 4.4.50). A su vez, la distribución ajustada para el Huiro verde en el año 2011 indica un aumento importante tanto en área como en cobertura, seguido de un descenso a niveles previos, siendo mucho

más marcado que lo observado en las otras especies (Fig. 4.4.51). Finalmente la Totora presenta un patrón de variación cualitativamente similar al del Luchecillo y el Huiro (Fig. 4.4.52).

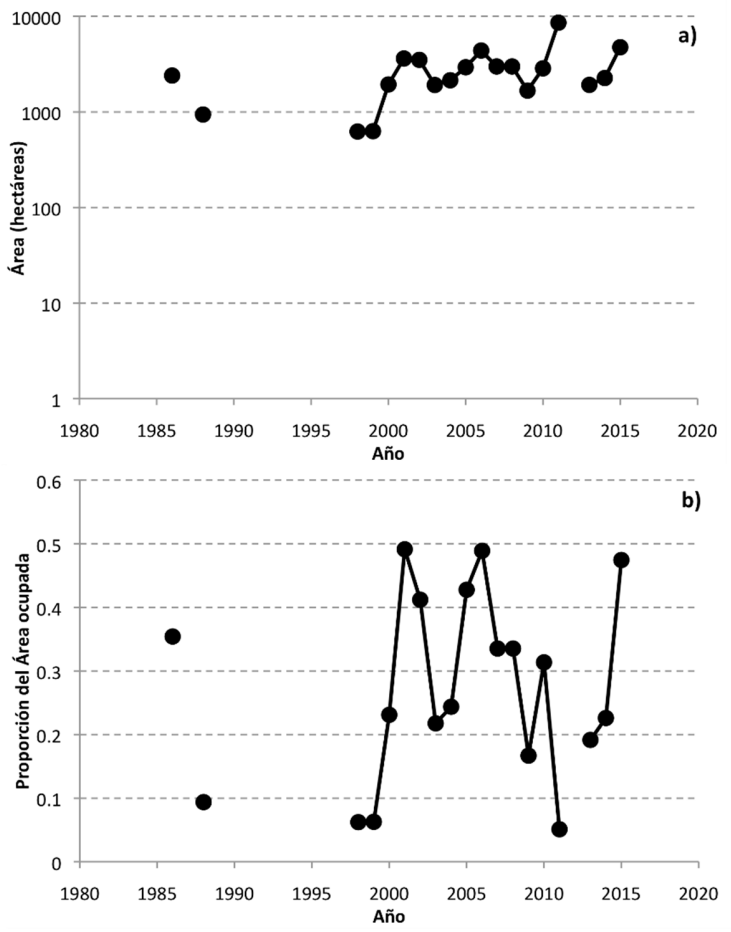


Figura 4.4.50. Variación inter anual en la cobertura proyectada para *Potamogeton pusillus* (Huiro) durante el periodo estudiado. La Figura ilustra la oscilación en superficie estimada (a) y proporción del hábitat ocupado por la especie de acuerdo a las proyecciones ajustadas (b).

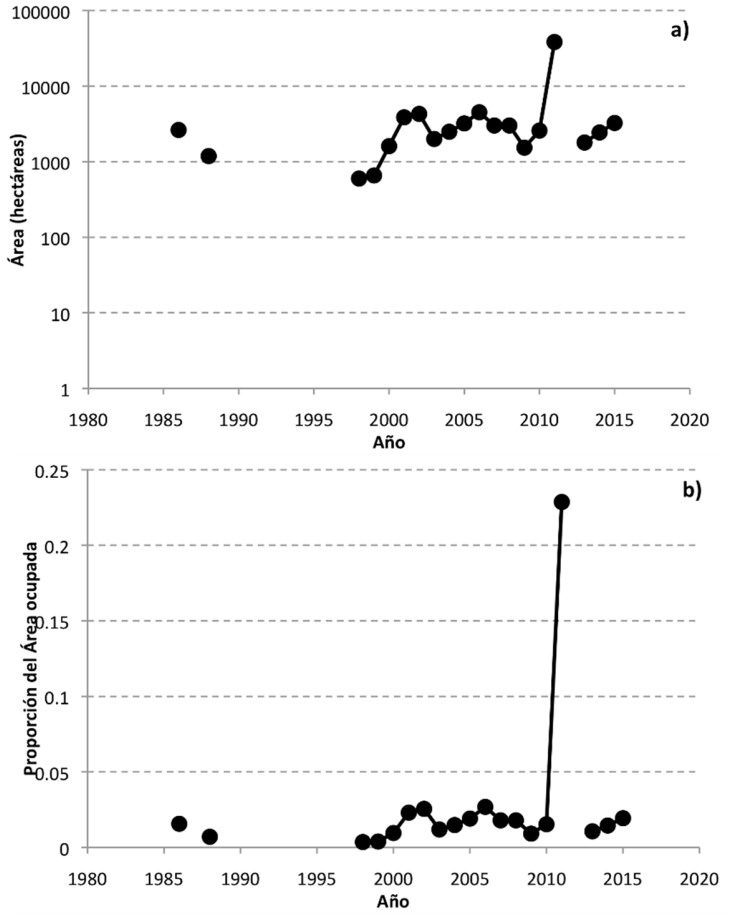


Figura 4.4.51. Variación inter anual en la cobertura proyectada para *Potamogeton lucens* (Huiro verde) durante el periodo estudiado. La Figura ilustra la oscilación en superficie estimada (a) y proporción del hábitat ocupado por la especie de acuerdo a las proyecciones ajustadas (b).

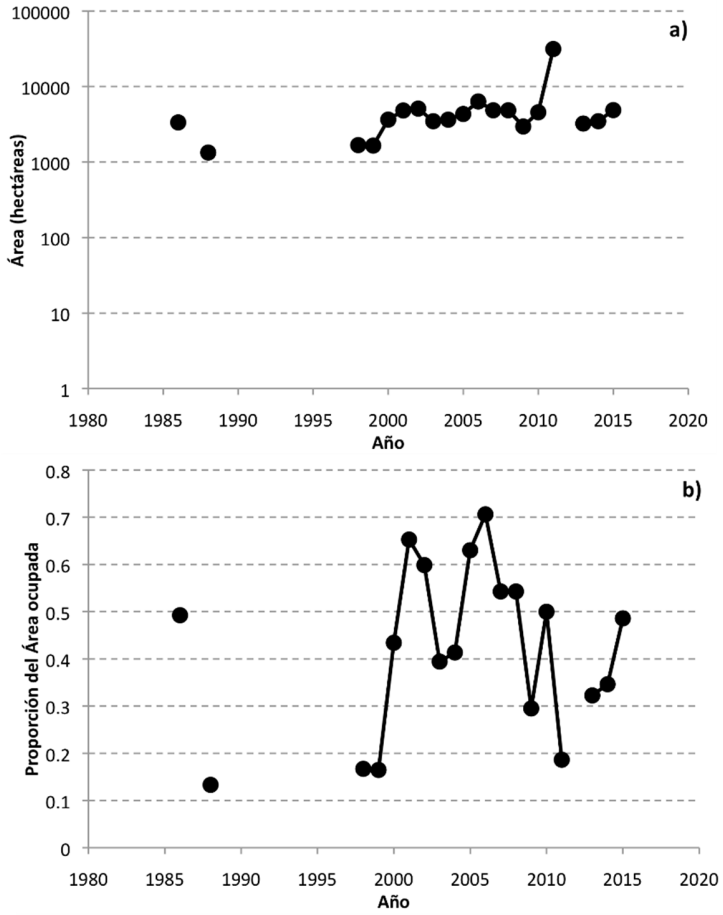


Figura 4.4.52. Variación inter anual en la cobertura proyectada para *Scirpus californicus* (Totora) durante el periodo estudiado. La Figura ilustra la oscilación en superficie estimada (a) y proporción del hábitat ocupado por la especie de acuerdo a las proyecciones ajustadas (b).

Sumado a la disminución en cobertura observada en el año 2003-2004, las series de tiempo muestran disminuciones en el periodo entre 2008-2010, indicando una disminución en el número de pixeles idóneos para varias de las especies de importancia para el HRC.

4.4.4.7.1 Variación espacio-temporal en la distribución de Luchecillo

Los modelos ajustados en base a imágenes del sensor OLI (misión LANDSAT 8) los datos de presencia en terreno permitieron la reconstrucción de una serie de tiempo espacialmente explícita para las especies más importantes de macrófitas acuáticas. De

igual manera, el análisis de reflectancia en la banda correspondiente al infrarrojo cercano entrega un indicador de cobertura global de macrófitas (Lagos *et al.*, 2008). En conjunto, estas series de tiempo espaciales permiten identificar los siguientes regímenes temporales:

i) Años 1986 - 1999: período caracterizado por una baja cobertura de macrófitas acuáticas, al igual que una menor cobertura de las especies más importantes, particularmente en 1998-1999. Cabe destacar la tendencia a observar valores más altos de cobertura en 1986-1988, pero la falta de imágenes en el periodo intermedio no permite distinguir claramente el patrón de cambio en esa década. Aunque el valor más bajo de cobertura en 1998-1999 podría interpretarse como una baja disponibilidad de estas plantas en el ambiente, es posible que la superposición de todas estas distribuciones habría aportado una mayor oferta de alimento para la avifauna herbívora del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

ii) Años 2000 - 2015: periodo caracterizado por aumento en la cobertura de todas las macrófitas estudiadas, con oscilaciones inter anuales. En particular, se observan disminuciones en la cobertura tanto en términos de área como de ocupación en el periodo 2003-2004, al igual que en la señal de cobertura global de macrófitas acuáticas (banda infrarroja cercana). Si bien estas disminuciones no se reflejan en una ausencia completa de especies como el Luchecillo de acuerdo al modelo de distribución proyectado, cabe señalar sin embargo, que los modelos de distribución ajustados proyectan la variación en la idoneidad ambiental dados los valores de las variables ambientales. Sin embargo, estos modelos no contemplan efectos de migración o mortalidad por otros factores que no hayan sido incluidos en el modelo. Así, la ausencia del Luchecillo podría deberse entonces a la presencia de factores que no son captados por un sensor satelital, como por ejemplo la presencia o concentración elevada de distintos elementos o compuestos químicos en el cauce hídrico o en los sedimentos. Otra alternativa es que un píxel, área o hábitat efectivamente sea idóneo pero no haya sido

recolonizado o recibido migrantes con posterioridad a una perturbación. En ese sentido, el supuesto central de la proyección de estos modelos hacia periodos de tiempo distintos, es que la escala de tiempo empleada permite que la población alcance el equilibrio. Esto, evidentemente no podría cumplirse en una escala de algunos años posterior al año 2004. Sin embargo, es posible mostrar que los modelos ajustados capturan la disminución en idoneidad de hábitat posterior al año 2004.

Esto puede ilustrarse examinando la tasa de cambio en idoneidad de hábitat para cada píxel: r(P(X=1)), o la tasa de cambio en la probabilidad de que un píxel dado esté ocupado, lo que puede definirse como:

$$r\,(P\,(X=1), i) = [P(X=1, t=i+\tau) - P\,(X=1, t=i)] / \tau$$

Donde r (P (X=1), i) es la tasa de cambio en probabilidad de ocupación para el intervalo de tiempo i, τ es la magnitud del intervalo de tiempo entre ambos muestreos (medida en años). Este indicador toma valores cercanos a cero si no existe ningún cambio en idoneidad del hábitat (o probabilidad de ocupación), o bien valores menores a cero si la idoneidad del hábitat disminuye. Por último r (P(X=1), i) es mayor a 0 si la idoneidad del hábitat (o probabilidad de ocupación) aumenta. Usando esta aproximación, se analiza a continuación la variabilidad temporal de largo plazo del Luchecillo.

En la Figura 4.4.53 se ilustra la tasa de cambio observada para el Luchecillo en los años 1986 a 1988. En esta figura se aprecian amplias áreas que presentan aumento o mantención de la idoneidad ambiental o probabilidad de ocurrencia del Luchecillo. En particular, las zonas con mayor disminución en idoneidad de hábitat son los afluentes del este y el humedal de Angachilla, mientras que los sectores centrales ubicados entre Punucapa y Tres bocas, al igual que algunos sectores del río Calle Calle presentan los mayores aumentos en idoneidad de hábitat. Lo anterior contrasta con el periodo inmediatamente posterior a 2004, ilustrado en la Figura 4.4.54, donde se evidencia una

disminución en la idoneidad ambiental en la mayoría del área de estudio, aunque se evidencian sectores importantes en el centro del humedal que presentan un aumento en la idoneidad de hábitat. Esto indica que las modificaciones en calidad del agua y la distribución proyectada del Luchecillo no se verifican de manera homogénea a lo largo del área de estudio. No obstante, es notoria la disminución en idoneidad de hábitat en los sectores nortes, y el valor esperado de la tasa de cambio es negativo para el HRC. La Figura 4.4.55 ilustra la tasa de cambio observada para el Luchecillo entre los años 2014 a 2015, apreciándose que si bien existen sectores con decaimiento en la probabilidad de ocurrencia de Luchecillo, la gran mayoría del humedal presenta valores positivos o neutros. Esto indica que actualmente las condiciones del hábitat son idóneas para la especie.

Los análisis anteriores ilustran como la estrategia de modelamiento empleada no sólo captura la distribución actual de las especies de macrófitas acuáticas dominantes en el área de estudio, sino que permite también identificar mediante una reconstrucción de su distribución, aquellos sectores con mayores cambios a lo largo del tiempo. Estas variaciones pueden apreciarse también en la superficie cubierta por el Luchecillo, al igual que en la proporción que ésta abarca, tal como se muestra en la Figura 4.4.49.

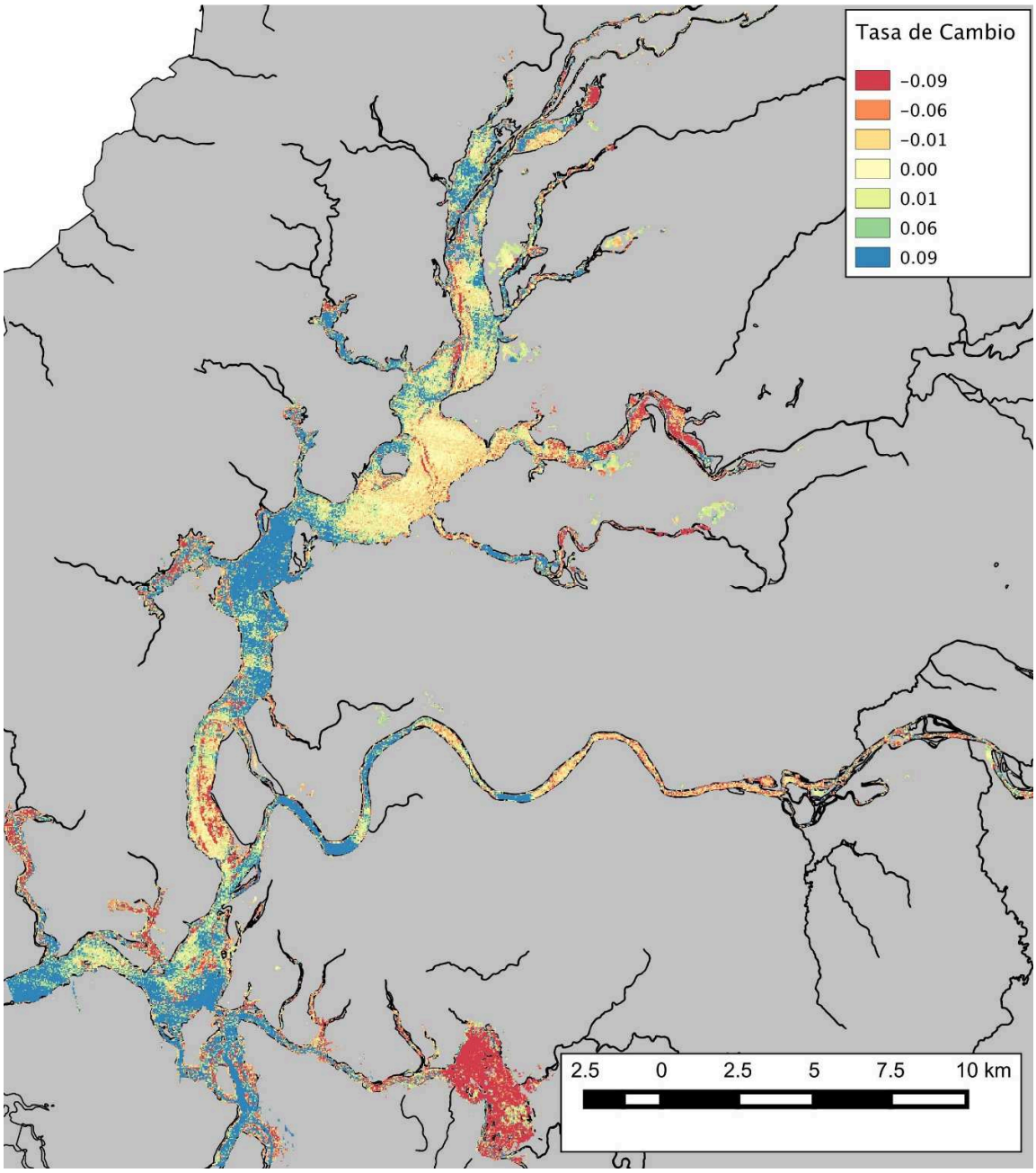


Figura 4.4.53. Tasas de cambio en la distribución proyectada para *Egeria densa* (Luchecillo) en el periodo 1986 - 1988. La Figura ilustra la variación en la probabilidad de presencia del Luchecillo en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando cambios negativos o de decrecimiento en la probabilidad de presencia. A su vez, colores más fríos indican una tasa de cambio positiva. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

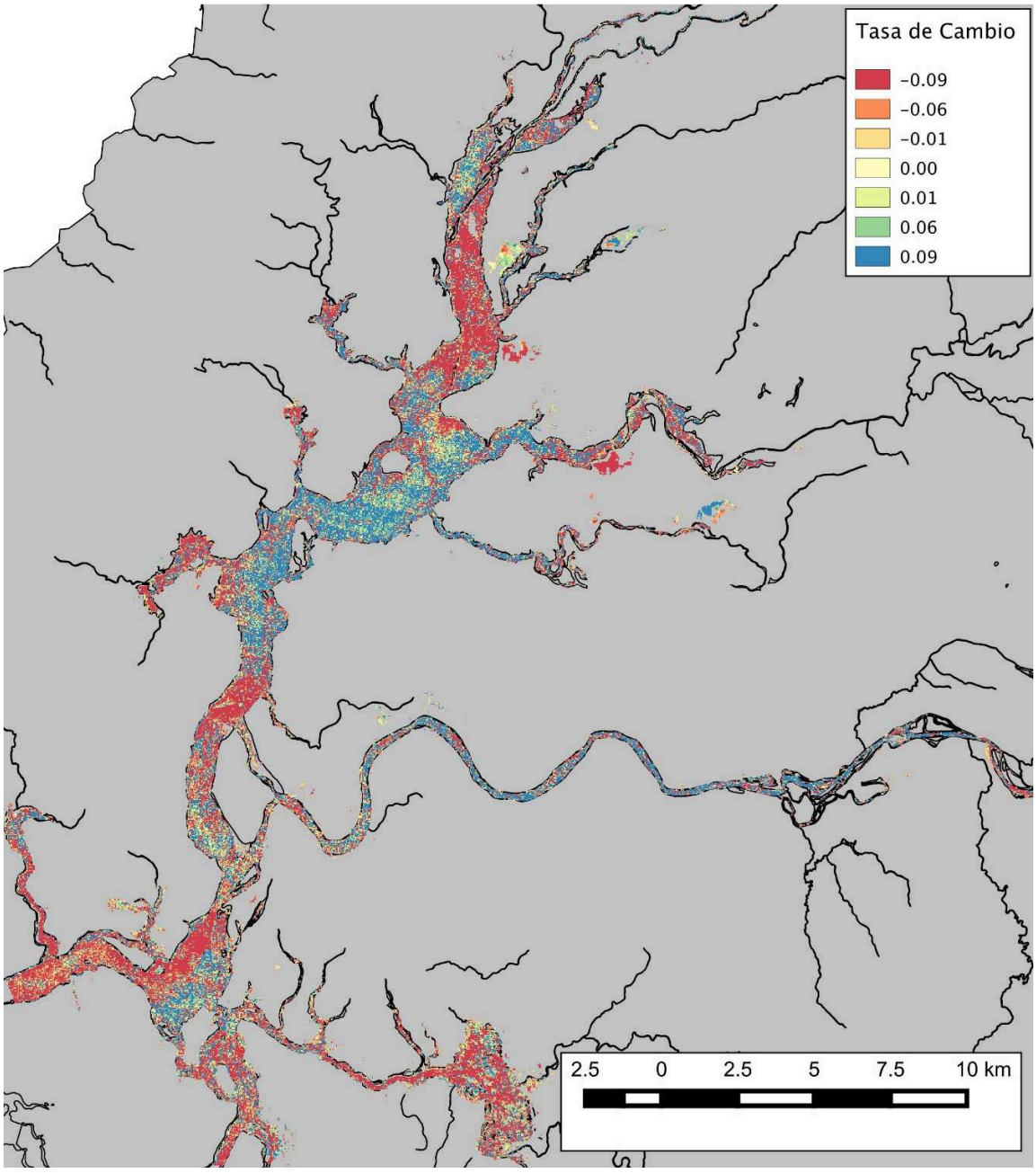


Figura 4.4.54. Tasas de cambio en la distribución proyectada para *Egeria densa* (Luchecillo) en el periodo 2004 - 2005. La Figura ilustra la variación en la probabilidad de presencia del Luchecillo en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando cambios negativos o de decrecimiento en la probabilidad de presencia. A su vez, colores más fríos indican una tasa de cambio positiva. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

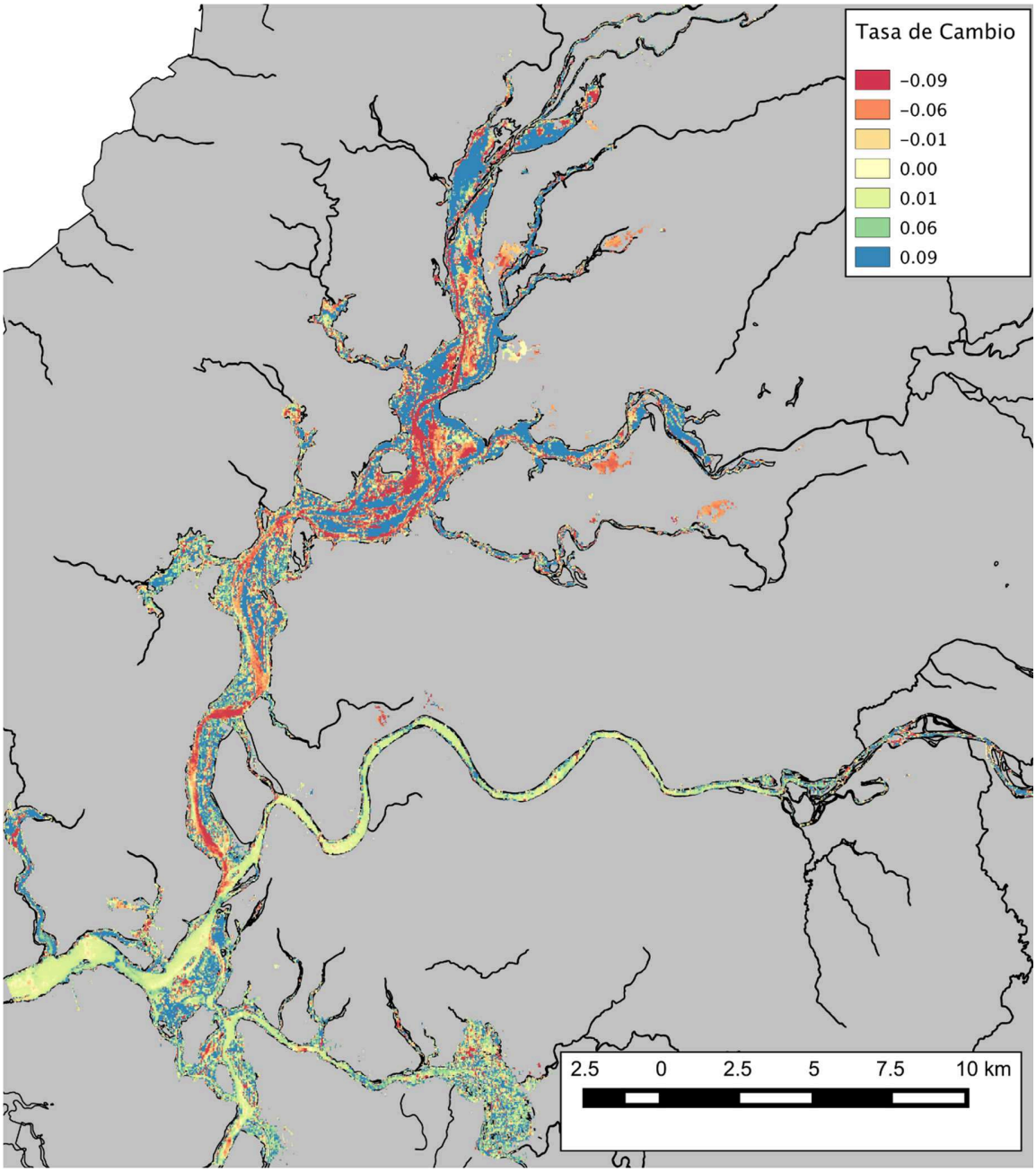


Figura 4.4.55. Tasas de cambio en la distribución proyectada para *Egeria densa* (Luchecillo) en el periodo 2014 - 2015. La Figura ilustra la variación en la probabilidad de presencia del Luchecillo en celdas de color azul claro a rojo, con los valores más cálidos señalando cambios negativos o de decrecimiento en la probabilidad de presencia. A su vez, colores más fríos indican una tasa de cambio positiva. Modelo generado en base a presencias de parches multi y mono específicos e imágenes LANDSAT 8.

Así, tanto para el Luchecillo como para la mayoría de las especies se observan efectos abruptos de disminución en la ocupación o área de distribución en el humedal en el año 2004 (Fig. 4.4.49 a 4.4.51), seguidos de una recuperación posterior (ver ANEXO).

4.4.5. Discusión

El presente estudio utilizó información de imágenes de sensores remotos e información obtenida en terreno para entregar una descripción de la variación espacial en parámetros de calidad de agua y la distribución de las macrófitas acuáticas más importantes del HRC. Además, se utilizó la información histórica disponible para imágenes Landsat para generar series de tiempo anuales para el periodo 1986-2015 de la distribución espacial de las macrófitas acuáticas más importantes del HRC y dos parámetros de calidad de agua: transparencia (o turbidez) y cobertura global de macrófitas acuáticas. De esta forma, se entrega una descripción cuantitativa de la variación espacial y temporal en la distribución de las especies de interés en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Cabe destacar que la descripción del patrón de distribución espacial fue realizado utilizando imágenes obtenidas a dos resoluciones espaciales - 30 y 2 m - (sensores Landsat 8 *y* WorldView2, respectivamente), y empleando distintas estrategias y supuestos de muestreo de presencias de las especies, generando patrones consistentes para cada una de las macrófitas estudiadas. Sin embargo, el ajuste y proyección retrospectiva de este tipo de modelos no está exento de supuestos y restricciones, las que se discuten a continuación.

Un primer punto a considerar, es el efecto de la escala espacial. Desde ese punto de vista, las imágenes con resolución más gruesa (30 m) entregaron mejores valores de bondad de ajuste, de acuerdo al estadístico AUC; sin embargo, no siempre coincidieron en ajustar la distribución espacial de forma concordante con los patrones observados en terreno. Este desajuste refleja la influencia del tipo de presencias empleadas (ocurrencia de parches mono específicos cercanos o mayores a 30 m de extensión), junto con la escala espacial de los datos satelitales. Al emplear información de mayor resolución (2m), provenientes del sensor WV2, se pudieron observar patrones de variación espacial más

realistas para aquellas especies que antes habían presentado coberturas uniformes u homogéneas a lo largo del área de estudio. En particular, se rescata la asociación de especies como el Luchecillo, el Huiro o el Huiro verde con sectores aparentemente más someros o ribereños. En este sentido, contar con información espacialmente explícita de la batimetría del cauce permitiría fortalecer los modelos generados.

Los resultados obtenidos indican que las imágenes de mayor resolución, como es el caso del sensor WorldView2, entregan la mejor descripción de la distribución de las macrófitas acuáticas estudiadas. Sin embargo, al alto costo comercial de estas imágenes, se suma el hecho que no existe un catastro o archivo de imágenes de alta resolución para el área de estudio, hecho confirmado por el personal de la empresa distribuidora en nuestro país (comunicación personal de Ejecutiva Ivania Leal). A la falta de un registro histórico de imágenes de alta resolución, se puede sumar el hecho que el valor comercial de estas imágenes hace poco viable contar con un conjunto de imágenes que abarque la totalidad del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Pese a ello, las áreas estudiadas dan cuenta de parte importante de la superficie del área y son representativas, demostrando que es posible generar coberturas de distribución de resolución fina.

Dado que un segundo objetivo a lograr era la reconstrucción del estado del humedal empleando el archivo de imágenes LANDSAT y al no contar con archivos de imágenes del sensor WV2, o equivalentes (como por ejemplo, Quickbird, IKONOS), se hizo necesario buscar mejorar la proyección de los modelos, utilizando una resolución espacial de 30 m. Al complementar la base de datos original con los muestreos de transectos regulares, fue posible generar modelos de distribución mucho más realistas, pese a la disminución en el estadístico de bondad de ajuste. Desde ese punto de vista, se evidencia la necesidad de alcanzar un compromiso en la elección del tipo y número de observaciones de presencia y la resolución espacial de las imágenes satelitales empleadas. Dada la coherencia cualitativa entre las distribuciones ajustadas empleando el sensor WV2 y aquellas obtenidas mediante imágenes del sensor OLI (misión LANDSAT 8) en base a la

base de datos global, se puede concluir que este último modelo es el más parsimonioso para proyectar los cambios temporales de distribución de macrófitas acuáticas dominantes en el área de estudio. Sin embargo, esfuerzos futuros de modelación deben considerar en lo posible el uso de imágenes WV2 o equivalentes, en conjunto con imágenes Landsat, a fin de generar un registro de alta resolución de la distribución de las especies más importantes en el HRC.

Cabe destacar que si bien existen otros trabajos que han utilizado información de sensores remotos, estos se han enfocado en las propiedades del espectro reflectancia de las plantas, que se emplea como un indicador de presencia de la especie frente a un determinado perfil de reflectancia en un píxel de la imagen satelital. No obstante, esto presume que el escalamiento espacial desde una planta individual a la escala de un píxel (30 m) corresponde a un promedio simple o a una función lineal. La presencia de distintas especies o materiales en distintas frecuencias dentro de un área de 30 m, puede generar sesgos en la estimación de presencia de una especie como el Luchecillo. Este artefacto esta presente tanto para las aproximaciones previas como para el presente estudio, y constituye una pregunta de investigación que requiere de estudios adicionales, a fin de dilucidar distintas fuentes de variación en el perfil de reflectancia observado.

Respecto a la evaluación de la calidad del agua a partir de perfiles de reflectancia, los resultados obtenidos permitieron observar importantes variaciones espaciales y temporales. En general, se puede caracterizar dos grandes períodos a saber: 1986 a 1999 y 2000 a 2015. El primer periodo se caracteriza en varios sectores por presentar una baja turbidez y una baja cobertura global de macrófitas sumergidas (bandas 1 a 3 y 4), lo que es coherente con las distribuciones ajustadas para las distintas especies. En el segundo periodo se observan aumentos en la cobertura global de macrófitas sumergidas y fluctuaciones importantes en la transparencia del agua. Cabe señalar que varios de los sectores estudiados presentan disminuciones en transparencia del agua en el periodo entre 2003 y 2004, particularmente en el sector de San Luis y Cayumapu, siendo

coincidentes con el efecto de los cambios ambientales que ocurrieron el año 2004. Por otra parte, en el río Pichoy y Santa Clara y Punucapa, se observan aumentos en la reflectancia después del año 2005 indicando aumentos en la turbidez del agua. Los sectores de Tres Bocas, Punucapa, Calle Calle y Angachilla presentan varios eventos de aumento de la reflectancia en las bandas 1 a 3, incluyendo el año 2005. Posterior al año 2011, la mayoría de estas zonas presentan una leve disminución en la turbidez. En el caso particular de Cau Cau y Valdivia, se observa un aumento marcado en el año 2006, lo que podría responder a una alteración local, o reflejar algún artefacto de la imagen usada en ese año en particular, lo que podría evaluarse a futuro determinando si otras escenas Landsat para ese periodo de tiempo presentan un patrón espacial semejante. Cabe destacar que en general, las bandas 1 a 3 no presentan una respuesta sincrónica, salvo algunas excepciones. Por otra parte, al examinar la reflectancia de la banda 4, correspondiente al infrarrojo cercano, se evidencia una tendencia general a aumentar, sugiriendo una tendencia al aumento en la cobertura global de macrófitas acuáticas. Sin embargo, en todos los sectores se aprecian disminuciones en la reflectancia de esta banda, indicando disminución en la cobertura global de macrófitas asociada al intervalo inmediatamente posterior al año 2004. Esto es consistente con la disminución en ocupación de la mayoría de las macrófitas acuáticas, de acuerdo a los modelos de distribución ajustados.

Lo anterior indica que los cambios ambientales experimentados por el humedal, en particular del río Cruces y sus ríos tributarios, son captados por estos sensores, a pesar de presentar un importante grado de heterogeneidad espacial y temporal. De esta manera, y no obstante las variaciones o cambios de escala multi anual observados, las imágenes analizadas evidencian la presencia de cambios en el intervalo 2003-2004, siendo coherentes con lo señalado en trabajos de la literatura (por ejemplo, Lagos *et al.,* 2008). Sin embargo, cabe destacar que los resultados presentados en el presente trabajo emplean una mayor cantidad de áreas de análisis que lo analizado anteriormente, como por ejemplo en el trabajo de Lagos *et al.* (2008). Dicho trabajo analizó las fluctuaciones en

reflectancia para zonas norte, centro y sur del río Cruces, mientras que el diseño de muestreo considerado en el presente Diagnóstico contempló diez sectores a lo largo del humedal. De igual manera, el trabajo de Lagos *et al.* (2008) se concentra en la variación temporal de pequeña escala, tomando imágenes antes y después del año 2004. En este sentido, el aumento de escala temporal y resolución espacial tiene como consecuencia un aumento en la variabilidad que capturan los análisis. Ello se refleja en el hecho que no todas las bandas y no todos los sectores presentan respuestas homogéneas en el tiempo. Sin embargo, es posible observar concordancia en algunos sectores, principalmente del sur y centro del humedal, donde no se observan aumentos en reflectancia alrededor del año 2003- 2004, mientras que el sector de San Luis si se aprecian estos cambios. Además de considerar el efecto de la escala y resolución espacial, se debe considerar que el presente diagnóstico consideró imágenes del periodo estival, principalmente entre octubre y diciembre, dado que la toma de muestras de macrófitas acuáticas en terreno se llevó a cabo en esos meses. Por ello, las imágenes analizadas no coinciden con las estudiadas por Lagos *et al.* (2008), lo que puede dar cuenta de las discrepancias que puedan observarse en la respuesta espectral de las distintas bandas. En ese sentido, podría sugerirse que estudios posteriores deben considerar la realización de una serie de tiempo más exhaustiva, que permita evaluar cambios a una resolución temporal mayor, en la reflectancia. Sin embargo, dicho estudio requeriría consideraciones particulares en cuanto a la cantidad y tipo de observaciones en terreno necesarias para calibrar un modelo estacional o mensual, además de tener que considerar las restricciones de la cubierta de nubes para el área de muestreo satelital que abarca el HRC.

Además de las fuentes de variación antes mencionadas, no se debe descontar el aporte potencial de otras fuentes de variación en la transparencia del agua, como pueden ser el aporte de sedimentos desde los afluentes, o bien otras alteraciones del curso de agua. En este respecto, al proyectar los modelos de distribución de las macrófitas acuáticas a los años anteriores, la variación en la información de sensores remotos captura la disminución abrupta de la cobertura del Luchecillo en el año 2004, pero no su

ausencia en años inmediatamente posteriores (2005-2007). Ello puede indicar que las condiciones globales del humedal podrían haber permitido la ocurrencia de Luchecillo en el humedal, pero que la mortalidad acaecida en el 2004 llevó a una falta de fuentes de propágulos que hiciesen posible su recolonización. Dicho en otras palabras, el periodo comprendido entre 2005 y 2008-2010 podría no cumplir los supuestos de equilibrio demográfico para las plantas afectadas en el año 2004, llevando a una inconsistencia entre la distribución predicha y la observada. La diferencia en el periodo de recuperación del luchecillo posterior al 2004 (1 año de acuerdo a los modelos de distribución y 3-4 años de acuerdo a las observaciones empíricas), podría indicar el grado de resiliencia del humedal. En este sentido, si se toma la definición operacional de resiliencia como la cantidad de tiempo necesario para retornar a un estado estacionario o de equilibrio después de una perturbación (Holling, 1973; Peterson *et al.,* 1998; Folke *et al.,* 2004), la resiliencia del humedal del Río cruces tendría una magnitud de entre 3 a 5 años.

Finalmente, los resultados aquí obtenidos validan el uso de sensores remotos, tanto para la estimación de la variabilidad espacial en la distribución y cobertura de macrófitas acuáticas, como en la estimación de indicadores de meso escala de calidad de agua del área de estudio. Debido a lo mismo, estas aproximaciones entregan un poderoso complemento a los estudios a pequeña escala, permitiendo contar con indicadores de estado de gran extensión y resolución relativamente fina (hasta 2 m). Los resultados aquí obtenidos muestran la forma en que se pueden realizar proyecciones retrospectivas, generando reconstrucciones de la dinámica reciente de distintos elementos de la flora acuática del área. Estas reconstrucciones pueden ser fortalecidas en la medida que sean complementadas con modelos generados a partir de información histórica de presencia de las especies estudiadas, a fin de obtener modelos calibrados en distintos puntos del tiempo, permitiendo así realizar proyecciones más robustas.

4.4.6. Conclusiones

• El humedal del río Cruces y sus ríos tributarios ha presentado a lo menos dos grandes períodos de variación en transparencia del agua y cobertura de macrófitas acuáticas sumergidas. El primer periodo, comprendido entre 1986 y 1999 se caracteriza por una baja turbidez y menor cobertura de macrófitas sumergidas. El segundo periodo, comprendido entre 2000 y 2015 se caracteriza por pérdida de la transparencia del agua, particularmente en los sectores norte y centro del humedal y por un aumento en la cobertura global de macrófitas sumergidas. Particularmente, el periodo 2003-2004 se caracteriza por una pérdida de transparencia del agua, indicando un deterioro en la calidad de la misma, y el año 2005 presenta una disminución en la cobertura global de macrófitas.

• El Luchecillo, *Egeria densa,* ha pasado de una distribución relativamente restringida a algunas zonas someras en los ríos tributarios del humedal y en el río Angachilla en 1986 a una distribución dominante en el año 2000. Previo al año 2004, se evidencia una leve tendencia al aumento en el grado de distribución espacial, con una disminución significativa a lo largo del humedal en el intervalo de los años 2004-2005. Los años inmediatamente posteriores presentan un aumento gradual de la idoneidad ambiental y del área de cobertura, con aumentos en la distribución predicha hasta alcanzar la distribución observada actualmente.

• De acuerdo a los análisis basados en imágenes de sensores remotos, el Huiro y el Huiro verde habrían presentado una distribución histórica muy restringida y heterogénea entre los años 1986 y 2000, dando paso a una distribución más amplia después del año 2000, con el Huiro presentando una distribución más amplia y dominante que el Huiro verde. Contrario al Luchecillo, estas macrófitas habrían presentado una mayor distribución con posterioridad al año 2004, la que habría estado concentrada en los sectores norte del humedal. Esta expansión se ve seguida de oscilaciones más marcadas en el Huiro y menos abrupta en el Huiro

verde, para luego disminuir entre el año 2010 y el año 2015 hasta la distribución actual.

• Los análisis aquí realizados muestran que la Totora ha estado ampliamente distribuida en el humedal; y que con posterioridad al año 2004, su idoneidad de hábitat se vio favorecida, particularmente en los sectores ribereños y someros. Para el caso del Loto y la Flecha de agua, se concluye que la distribución espacial de estas especies es amplia pero con un patrón muy parchoso, sin mayores variaciones temporales o espaciales.

• Finalmente, se concluye que el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, han experimentado una importante variación espacio-temporal en sus atributos de calidad del agua, particularmente antes y después del año 2000. De igual manera, los años 2003-2005, 2008 y 2011 se evidencian como hitos de cambio en la calidad del agua y la distribución espacial de macrófitas acuáticas. De esta manera, los cambios observados en el año 2004 se enmarcan en el contexto de tendencias de mayor escala, las que pueden haber tenido efectos sinérgicos con las perturbaciones antrópicas que impactaron el humedal ese año.

4.4.7. Referencias

Ahn, Y. H., P. Shanmugam, and J. Hyung-Ryu. 2004. Atmospheric correction of the Landsat satellite imagery for turbid waters. Gayana 68: 1-8.

Antoine, D., and A. Morel. 1999. A multiple scattering algorithm for atmospheric correction of remotely sensed ocean color (MERIS instrument): principle and implementation for atmospheres carrying various aerosols including absorbing ones. International Journal of Remote Sensing 20: 1875-1916.

Boavida, M. J. 1999. Wetlands: most relevant structural and functional aspects. Limnetica 17: 57-63.

Chander, G., and B. Markham. 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 41: 2674-77.

Correa-Araneda, F., J. Urrutia, y R. Figueroa. 2011. Estado del conocimiento y principales amenazas de los humedales boscosos de agua dulce de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 84: 325-340.

Elith, J., C.H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudik, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R.E. Schapire, J. Soberon, S. Williams, M. S. Wisz, and N.E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography 29: 129-151.

Elith, J., and J. R. Leathwick. 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 40: 677-697.

Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. E. Chee. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Diversity and Distributions 11: 43-57.

Escaida J., E. Jaramillo, C. Amtmann, and N. Lagos. 2014. Crisis Socioambiental: El Humedal del Río Cruces y el Cisne de Cuello Negro. Ediciones UACh, Valdivia. 264 pp.

Fariña, J. M., and A. Camaño. 2012. Humedales costeros de Chile: aportes científicos a su gestión sustentable. Eds. JM Fariña & A Camaño. Ediciones UC, Santiago de Chile. 437 pp.

Figueroa R., M. L. Suárez, A. Andreu, V. H. Ruiz, and M. R. Vidal–Abarca. 2009. Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile central. Gayana 73: 76-94.

Folke, C., S. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Elmqvist, L. Gunderson, C.S. Holling. 2004. Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 35: 557-581.

Franklin, J. 2009 Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction. Cambridge University Press, Cambridge.

González, A. L, and J. M. Fariña. 2013. Changes in the abundance and distribution of Black-Necked Swans (*Cygnus melancoryphus*) in the Carlos Anwandter Nature Sanctuary and Adjacent Wetlands, Valdivia, Chile. Waterbirds 36: 507-514.

Hauenstein, E., and L. Falcon. 2001. Clave para la determinación de plantas acuáticas y palustres del Santuario de la Naturaleza "Carlos Andandter" (Valdivia, Chile). Gestión Ambiental 7: 39-48.

Hernandez P. A, C. H. Graham, L. L. Master, D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. Ecography 29: 773-785.

Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4: 1–23.

Jaramillo, E., R. P. Schlatter, H. Contreras, C. Duarte, N. Lagos, E. Paredes, J. Ulloa, G. Valenzuela, B. Peruzzo, and R. Silva. 2007. Emigration and mortality of Black-necked Swans (*Cygnus melancorypphus*) and disappearance of the macrophyte *Egeria densa* in a Ramsar wetland site of southern Chile. A Journal of the Human Environment 36: 607-609.

Lagos, N. A., P. Paolini, E., Jaramillo, Ch. Lovengreen, C. Duarte, H. Contreras. 2006. Environmental processes, water quality degradation, and decline of waterbird populations in the Rio Cruces wetland, Chile. Wetlands. 28: 938-950.

Lahoz-Monfort, J. J., G. Guillera-Arroita, E. J. Milner-Gulland, R. P. Young, and E. Nicholson. 2010. Satellite imagery as a single source of predictor variables for habitat suitability modelling: how Landsat can inform the conservation of a critically endangered lemur. Journal of Applied Ecology 47: 1094-1102.

Marquet P. A., S. Abades, and I. Barría. 2012. Distribución y conservación de humedales costeros: una perspectiva geográfica. pp. 1-19. En: Humedales costeros de Chile: aportes científicos a su gestión sustentable. (Eds. JM Fariña & A Camaño). Ediciones UC, Santiago de Chile. 437 pp.

Mitsch, W. 1994 Global wetlands: old world and new. Amsterdam, Elsevier. 967 pp.

Mulsow, S., and M. Grandjean. 2006. Incompatibility of sulphate compounds and soluble bicarbonate salts in the Río Cruces waters: an answer to the disappearance of *Egeria densa* and black-necked swans in a Ramsar sanctuary. Ethics in Science and Environmental Politics 5-11.

Muñoz, A., and P. Möller. 1997. Conservación de Humedales. Editorial CEA. 460 pp.

Muñoz-Pedreros, A. 2004. Los Humedales del Río Cruces y la convención de Ramsar: Un intento de protección fallido. Gestión Ambiental 10: 11-26.

Ortega-Huerta, M. A., and A. T. Peterson. 2008. Modeling ecological niches andpredicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. Revista Mexicana De Biodiversidad 79: 205-216.

Papes, M., and P. Gaubert. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. Diversity and Distributions 13: 890-902.

Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura, A. T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. Journal of Biogeography 34: 102-117.

Peterson, G., C. R. Allen, C. S. Holling. 1998. Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale. Ecosystems 1: 6-18.

Phillips, S. J., R. P. Anderson, R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol. Model. 190: 231-259.

Phillips, S. J., and M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography 31: 161-175.

Nempu, P. O., C. S. M. Padovani, C. R. García, and R. M. Jaramillo. 1993. La biodiversidad vegetacional del santuario de la naturaleza Río Cruces, Valdivia, Chile. Acta Botánica Malacitana 18: 259-279.

Soto-Gamboa, M., N. A. Lagos, E. Quiroz, E. Jaramillo, R. Nespolo, and A. Casanova-Katny. 2007. Causes of the disappearance of the aquatic plant *Egeria densa* and black-necked

swans in a Ramsar sanctuary: comment on Mulsow and Grandjean. Ethics in Science and Environmental Politics 2007: 7-10.

Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bulletin No. 167, second edition, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada.

Wisz M. S., R. J. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C.H. Graham, A. Guisan. NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. Diversity and Distributions 14: 763-773.

Woelfl, S., M. Mages, F. Encina, and F. Bravo. 2006. Trace metals in microcrustaceans and brazilian waterweed from a contaminated Chilean wetland using total reflection X-ray fluorescence spectrometry. Microchimica Acta 154: 261-68.

Xu, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing 27: 3025-3033.

4.5. Estado de la macroinfauna de fondos sedimentarios (Estudio 5):

4.5.1. Antecedentes

Los sedimentos no consolidados (gravas, arenas, fangos y combinaciones de éstos) que forman parte del fondo o del lecho de áreas costeras, presentan un alto dinamismo físico, debido primariamente al movimiento del agua. Estos sedimentos sustentan una variada macroinfauna de invertebrados bentónicos, cuyas abundancias poblacionales y riqueza de especies, están estrechamente relacionadas a las características físicas de los mismos (*e.g*., Anderson *et al*., 2004; Gray, 1974).

Los macroinvertebrados bentónicos que ocurren en fondos sedimentarios son frecuentemente utilizados como indicadores ambientales de integridad biológica, siendo empleados para evaluar la calidad del agua y pesquisar causas de alteraciones ambientales en diferentes ambientes acuáticos (*cf*. Rhoads & Boyer, 1982). Las respuestas poblacionales de estos organismos pueden relacionarse con efectos sinérgicos o antagónicos del pasado reciente como perturbaciones naturales de gran escala (*e.g.,* tormentas, tsunamis, precipitaciones y consecuente lixiviación de elementos químicos a los cauces) o perturbaciones de origen antrópico (*e.g.,* derrames de petróleo, contaminación química por residuos industriales líquidos y enriquecimiento orgánico proveniente de plantas de tratamiento de aguas servidas). La abundancia de las especies bentónicas sedimentívoras por ejemplo, responden al tipo de sedimento incluyendo el contenido de materia orgánica (Anderson *et al.,* 2004; Gamito, 2008). Adicionalmente, el análisis de los cambios en la estructura comunitaria de la macroinfauna (*i.e.,* riqueza de especies y abundancias) y la función de estos macroinvertebrados bentónicos permiten detectar tendencias de cambios temporales en el ambiente acuático.

En el contexto mencionado anteriormente, se analiza en este estudio, la estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica que habita en los fondos sedimentarios del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Esto con el objetivo general de evaluar el

estado actual de la misma e identificar especies características de condiciones ambientales específicas ocurrentes dentro del área de estudio, que pudiesen ser utilizadas en el Programa de Monitoreo del Humedal del Río Cruces (HRC).

4.5.2. Objetivos

- Estudiar la distribución de la macroinfauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos sedimentarios del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.
- Analizar la riqueza de especies, abundancia y biomasa de esa macroinfauna.
- Estudiar la relación entre esa macroinfauna y la textura, potencial redox y el contenido de materia orgánica del sedimento.
- Seleccionar la o las especies que puedan ser utilizados como bioindicadores de diferentes tipos de condiciones ambientales en el medio acuático.

4.5.3. Material y métodos

Obtención de las muestras de macroinfauna y sedimentos

Los muestreos destinados a análisis de macroinfauna bentónica se realizaron durante el período comprendido entre el 27 y 30 de noviembre 2014. Los muestreos se realizaron en esta fecha a fin de evitar muestrear en meses con mayor caudal hídrico lo que produce arrastre masivo de sedimentos y probablemente también especímenes de macroinfauna; las fechas y sitios de estudio se muestran en la Tabla 4.5.1 y Figura 4.5.1. Se muestran además las profundidades promedio en cada uno de los niveles (orilla-cauce) de los sitios de estudio; con excepción de San Ramón la profundidad del cauce fue siempre mayor que la orilla. Los muestreos diseñados para análisis de textura y contenido de materia orgánica del sedimento se realizaron en las mismas estaciones seleccionadas para obtención de la macroinfauna.

Las muestras de sedimento destinadas al análisis de la macroinfauna bentónica se recolectaron mediante buceo autónomo. Se recolectaron muestras en las orillas y cauces (cuatro muestras por nivel, ocho muestras por sitio) de 12 sitios de muestreo: río Cruces, sector estuarial (sectores Fuerte San Luis, Santa María, Chorocamayo, Punucapa e Isla Teja), ríos tributarios del río Cruces (Pichoy, Santa María, Cayumapu, Tambillo y San Ramón) y fuera del humedal del río Cruces y sus ríos Tributarios (Calle Calle y Angachilla) (Fig. 4.5.1). Las muestras se recolectaron con cilindros plásticos de 7,5 cm de diámetro enterrados a una profundidad de aproximadamente 10 cm en el sedimento. Estos cilindros fueron cubiertos con tapas (en ambos extremos) previamente marcados y llevados por el buzo a la lancha; las muestras se mantuvieron en formalina al 10% para posteriormente ser filtradas en mallas de 500 micrones de trama. El residuo se conservó para su posterior identificación y recuento de macroinvertebrados bentónicos bajo lupa estereoscópica. La identificación de los taxa se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Posteriormente, todos los organismos se secaron (80°C por 72 horas) y calcinaron (550°C por 4 horas), para llevar a cabo estimaciones de biomasa (*i.e.,* peso seco libre de cenizas). El sedimento recolectado para los análisis sedimentológicos se guardó en frio en bolsas plásticas previamente rotuladas.

Textura, granulometría, contenido de materia orgánica total, pH y potencial de óxido reducción del sedimento

Los análisis texturales se realizaron siguiendo la metodología de tamizado en húmedo (Anderson *et al*., 1981). Una porción de las muestras se tamizó en húmedo a través de coladores de 2000 y 63 micrones de abertura de trama, para separar las fracciones grava (partículas de diámetro mayor a 2 mm), arena y agregados biogénicos (partículas entre 2000 y 63 micrones) y fango (partículas inferiores a 63 micrones). La fracción arena y agregados biogénicos se trató con ultrasonido durante 30 minutos y se tamizó a través de un colador de 63 micrones, con el objetivo de separar la fracción arena de los agregados biogénicos. Estos últimos están representados primariamente por agregados fecales y restos de tubos habitacionales de gusanos anélidos. Posteriormente,

estas fracciones se secaron (60°C por 24 horas) e incineraron (550° C por 6 horas). A partir de cálculos de diferencia de peso, se determinaron los porcentajes de materia orgánica (materia orgánica carbonosa o combustible) para cada una de las fracciones (Byers *et al.,* 1978).

La suspensión coloidal con el fango obtenido en el segundo tamizado se dejó decantar. El fango decantado se enrasó en probetas de un 1 litro; luego se homogenizó por agitación vertical para obtener una alícuota de 20 ml a 20 cm de la superficie de la suspensión. Esta alícuota se secó (60°C por 24 horas) e incineró (550°C por 6 horas). Posteriormente, se determinó el porcentaje de materia orgánica para cada una de las réplicas mediante cálculos de diferencias de peso (Byers *et al*., 1978).

La fracción arena se analizó granulométricamente por medio de velocidad de decantación de las partículas (Emery, 1938) y método de momentos (Seward-Thompson & Hails, 1973), estimándose los estadígrafos tamaño medio de la partícula.

En cada una de los sitios de muestreo se recolectaron además sedimentos para mediciones de pH y potencial de óxido reducción (redox) en el sustrato. Para las mediciones de pH y redox se utilizó una sonda multi paramétrica para mediciones *in situ* y a una profundidad de 3 cm en el sedimento.

Análisis estadísticos

Con el objetivo de evaluar eventuales diferencias en las características texturales, granulométricas, contenido de materia orgánica total (todas las fracciones incluidas), pH y redox de los fondos sedimentarios de las áreas de muestreo, se realizaron análisis de varianza de una vía (ANDEVA) (Sokal & Rohlf, 1995). Previamente, los datos de las características texturales (expresados en porcentajes) se transformaron mediante transformación angular (*i.e*., arco seno de la raíz cuadrada de los datos) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Los datos de pH y redox - los

cuales no se cumplieron estos supuestos - fueron transformados mediante la expresión log (x+1).

Para comprobar normalidad y homogeneidad de varianzas se utilizó la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov y el test de Levene (Sokal & Rohlf, 1995). En aquellos ANDEVA donde se encontraron diferencias significativas entre los grupos analizados, se realizó un test *a posteriori* Tukey en el Programa Sigmaplot 11.0, con el objetivo de identificar la o las entidades con características sedimentológicas significativamente diferentes (Sokal & Rohlf, 1995). Cuando los datos no cumplieron con los supuestos del ANDEVA (a pesar de ser transformados), se evaluaron las eventuales diferencias entre grupos con el test no paramétrico de Kruskal Wallis.

Los valores promedio de las abundancias de la macroinfauna de cada sitio se utilizaron para estimaciones de riqueza de especies, Índice de Diversidad de Shannon-Wiener y Uniformidad de Pielou (Pielou, 1984; Brower & Zar, 1977). Con el objetivo de evaluar eventuales asociaciones faunísticas entre sitios de muestreo se realizaron análisis de escalamiento multidimensional no métrico (MDS, por sus siglas en inglés), el cual minimiza la distancia entre los objetos estudiados, utilizando la distancia de Bray-Curtis como índice de similitud entre estaciones. Los datos fueron transformados con raíz a la cuarta, previo a su inclusión en el análisis. Los resultados de la distribución espacial de las agrupaciones se generan sobre un plano cartesiano de dos o tres dimensiones; el MDS genera un valor de "stress" que corresponde a una medida de "no-bondad" del ajuste *(i.e.*, mientras mayor sea la distancia entre los objetos mayor es el valor de stress, y por ende, peor es el modelo resultante). Las categorizaciones para interpretar el valor de stress son las siguientes: 0,2 = modelo pobre; 0,1 = modelo aceptable; 0,05 = modelo bueno; y 0 (valor mínimo), corresponde a un excelente modelo de asociación (Kruskal, 1964).

Por último, se utilizó el análisis SIMPER ("Similarity Percentages-Species Contribution"), para evaluar cuáles fueron las especies que contribuyeron mayoritariamente a las diferencias taxonómicas entre sitios de muestreo (uso de paquete estadístico PRIMER 6.1 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) (Carr, 1977).

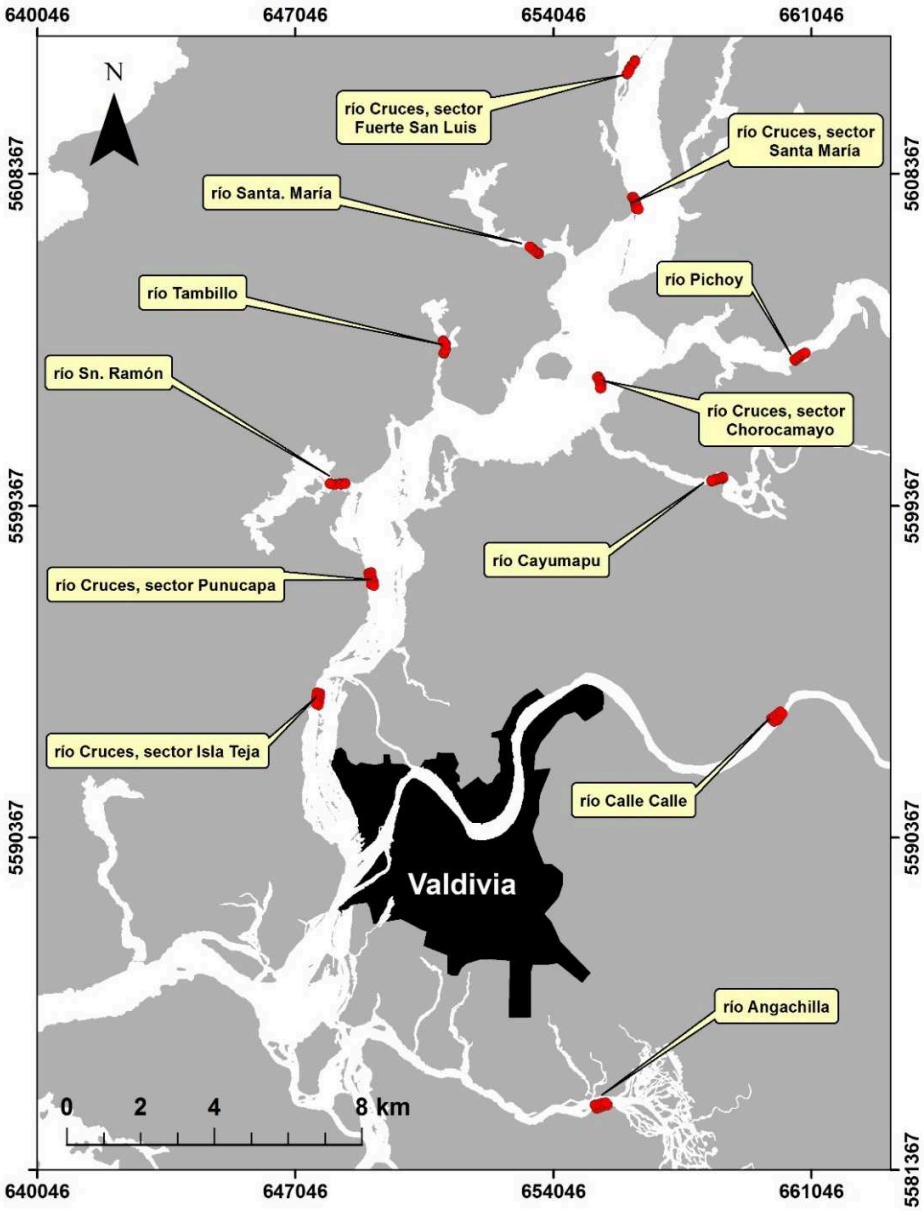


Figura 4.5.1. Ubicación de los sitios de muestreo seleccionadas para el estudio de la macroinfauna bentónica de fondos sedimentarios.

Tabla 4.5.1. Sitios y fechas de muestreos para análisis de la macroinfauna bentónica de fondos sedimentarios en el área de estudio. Se muestran también las profundidades promedio (m) en cada uno de los niveles (orilla-cauce) estudiados en cada sitio.

sitios	fecha	profundidad (m) orilla	profundidad (m) cauce
Eje central del río Cruces (sector estuarial)			
sector Fuerte San Luis	29-nov-14	3,5 (1,8)	4,0 (0,8)
sector Santa María	29-nov-14	3,3 (1,2)	5,8 (1,4)
sector Chorocamayo	28-nov-14	2,1 (0,7)	4,8 (1,8)
Sector Punucapa	28-nov-14	2,9 (1,6)	9,1 (1,5)
sector Isla Teja	29-nov-14	2,5 (0,5)	9,4 (0,7)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)			
río Pichoy	28-nov-14	2,5 (0,5)	3,7 (0,5)
río Santa María	29-nov-14	3,3 (1,2)	5,8 (1,4)
río Cayumapu	28-nov-14	2,5 (0,7)	6,7 (2,0)
río Tambillo	29-nov-14	2,1 (1,2)	3,3 (0,7)
río San Ramón	27-nov-14	2,8 (0,4)	2,8 (1,1)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios			
río Calle Calle	30-nov-14	4,9 (1,9)	7,6 (1,3)
río Angachilla	30-nov-14	2,4 (1,3)	5,4 (0,9)

4.5.4. Resultados

4.5.4.1. Textura, granulometría, contenido de materia orgánica total, potencial de óxido reducción y pH en el sedimento

La Tabla 4.5.2 muestra los valores porcentuales de los contenidos de arena, fango, agregados biogénicos, materia orgánica total y tamaño de las partículas correspondientes a la fracción de arena.

La arena (partículas comprendidas entre 63 y 2000 micrones) fue la fracción dominante en los sedimentos de los doce sitios de estudio, tanto en la orilla como en el cauce de los mismos. Los valores porcentuales más altos se registraron en los sedimentos del cauce de los ríos Cruces (sector Santa María), Pichoy y Calle Calle (Tabla 4.5.2). Los

sitios que presentaron diferencias significativas ($p<0,05$) para esta fracción entre orilla y cauce, fueron los ríos Cruces (sector Santa María) y Calle Calle: en ambos sitios, los porcentajes de arena fueron significativamente más altos en el cauce de los mismos (Tabla 4.5.2).

La fracción fango (*i.e.,* partículas con diámetros inferiores a 63 micrones) mostró diferencias significativas ($p<0,05$) en el río Cruces, sector Santa María y en el río Pichoy, siendo los valores de fango más altos en la orilla que en el cauce (Tabla 4.5.2). Los agregados biogénicos y el contenido de materia orgánica total, también mostraron diferencias significativas ($p<0,05$); los sedimentos de la orilla presentaron valores más altos de agregados biogénicos en comparación con el cauce, en el río Cruces (sectores Fuerte San Luis y Santa María), a la vez que las concentraciones de materia orgánica total fueron significativamente más altas en los sedimentos de la orilla en el río Cruces, sector Santa María y en el río Angachilla (Tabla 4.5.2).

La variabilidad del tamaño de las partículas de arena, muestra que las arenas estudiadas corresponden en general a arenas de tamaño medio (250-500 micrones) encontradas en la mayoría de las estaciones, con excepción de aquellas ubicadas en los ríos Santa María, Cayumapu y Tambillo donde ocurrieron arenas de tamaño fino (125-250 micrones) (*cf.*, Folk, 1980). El tamaño del grano de arena mostró diferencias significativas en el río Cruces (sectores Fuerte San Luis e Isla Teja), río Pichoy y río Angachilla; en ellos todos los valores fueron significativamente más altos en los sedimentos del cauce (Tabla 4.5.2).

Tabla 4.5.2. Valores porcentuales promedio de arena, fango, agregados biogénicos, materia orgánica total y tamaño de las partículas correspondiente a la fracción de arena. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores en negro son significativos p<0,05.*= se usó Prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis, en el caso en que no se cumplieron los supuestos de ANDEVA.

sitios	arena		fango		agregados biogénicos		materia orgánica total		tamaño grano arena (µm)	
	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
Eje central del río Cruces (sector estuarial)										
sector Fuerte San Luis	69,1 (14,2)	88,2 (18,7)	23,2 (15,9)	10,5 (17,0)	**7,7 (3,7)**	**1,3 (1,7)**	14,8 (5,2)	9,9 (12,7)	**237,9 (49,5)**	**426,8 (112,5)**
sector Santa María	**63,9 (27,6)***	**96,6 (3,6)***	**9,9 (5,8)**	**1,9 (2,9)**	**26,2 (22,8)***	**1,5 (1,4)***	**12,5 (6,8)**	**3,1 (1,1)**	320,5 (81,1)	395,7 (79,1)
sector Chorocamayo	61,3 (24,5)	65,8 (30,9)	17,1 (6,0)	16,7 (10,6)	21,6 (20,5)	17,5 (23,0)	14,3 (3,8)	10,7 (7,9)	170,8 (16,1)	298,1 (219,4)
sector Punucapa	39,0 (20,8)	39,9 (5,6)	39,0 (18,9)	38,0 (12,6)	18,5 (14,6)	19,3 (19,7)	12,7 (2,9)	8,9 (2,7)	253,3 (131,1)	295,1 (84,4)
sector Isla Teja	70,5 (35,4)	88,0 (2,0)	24,5 (31,4)	10,6 (1,5)	5,0 (4,8)	1,4 (1,1)	5,8 (1,6)	4,3 (1,6)	**189,3 (18,4)**	**356,1 (44,8)**
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)										
río Pichoy	77,5 (17,6)	92,6 (6,7)	**11,1 (7,9)**	**1,1 (1,0)**	11,4 (10,7)	2,4 (2,3)	14,3 (10,1)	2,7 (2,1)	**266,1 (40,9)**	**390,6 (50,7)**
río Santa María	67,9 (17,0)	84,8 (3,2)	14,2 (8,1)	8,9 (2,4)	17,9 (13,3)	6,3 (4,2)	17,6 (7,0)	19,6 (9,7)	199,1 (65,6)	243,2 (80,9)
río Cayumapu	34,7 (20,7)	37,1 (27,3)	33,0 (5,0)	26,9 (8,5)	32,3 (21,8)	36,0 (28,4)	21,8 (1,4)	25,5 (6,1)	129,1 (14,4)	191,9 (76,8)
río Tambillo	45,9 (9,2)	64,1 (22,0)	37,9 (18,9)	26,3 (17,7)	16,2 (17,7)	9,6 (8,1)	18,5 (6,4)	16,4 (9,5)	194,4 (28,9)	227,0 (30,5)
río San Ramón	56,7 (18,2)	45,6 (38,2)	22,8 (12,0)	18,0 (12,7)	20,5 (14,4)	20,0 (17,5)	24,2 (15,0)	15,2 (7,4)	240,6 (36,5)	334,8 (204,9)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios										
río Calle Calle	**82,7 (9,9)**	**98,2 (1,6)**	11,3 (11,0)	1,3 (1,6)	1,1 (0,9)	0,5 (0,4)	3,5 (1,6)	2,0 (0,9)	349,4 (197,2)	458,6 (16,5)
río Angachilla	90,5 (1,8)	90,2 (4,9)	6,1 (1,6)	4,8 (5,1)	3,3 (1,6)	2,0 (2,8)	**7,9 (1,4)**	**2,9 (2,0)**	**200,3 (16,5)***	**376,3 (143,6)***

La Tabla 4.5.3 muestra la variabilidad del pH y el potencial de óxido reducción (redox) en los sedimentos de los doce sitios de estudio.

Los rangos de pH medidos fueron muy similares en todos los sitios; estos variaron entre 5,9 y 6,8 en la orilla (río Calle Calle y río Cruces sector Isla Teja, respectivamente) y 6,1 y 6,9 en el cauce (río San Ramón y río Cruces, sector Isla Teja, respectivamente) (Tabla 4.5.3). Los análisis de varianza, llevados a cabo para evaluar eventuales diferencias entre los valores de pH en los sedimentos de orilla y cauce no mostraron diferencias significativas entre sí ($p>0,05$) (Tabla 4.5.3).

Los valores de redox fueron mayoritariamente negativos (-5,7 a -108,5); valores positivos *(i.e.,* condiciones de mayor oxigenación en el espacio intersticial de los sedimentos) se detectaron en los sedimentos del río Angachilla (orilla y cauce) y en el cauce de los ríos Cruces (sectores Fuerte San Luis, Santa María e Isla Teja), Pichoy y Calle Calle (3,3 -171,9) (Tabla 4.5.3). Los valores de potencial de óxido reducción (redox) mostraron diferencias significativas ($p<0,05$) entre orilla y cauce en sitios ubicados en el río Cruces (sectores Santa María, Isla Teja) y ríos Pichoy y Santa María (Tabla 4.5.3).

Tabla 4.5.3. Variabilidad del pH y del potencial óxido reducción en el sedimento del área de estudio. Los valores son promedios más desviación estandart en paréntesis. Los valores en negrilla indican que ambos difieren significativamente. *= test no paramétrico de Kruskal Wallis.

Sitios	**pH**		**redox**	
	orilla	cauce	orilla	cauce
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
sector Fuerte San Luis	6,4 (0,2)	6,5 (0,3)	-79,2 (12,0)	3,3 (79,3)
sector Santa María	6,6 (0,3)	6,7 (0,1)	**-75,5 (36,4)**	**67,3 (105,3)**
sector Chorocamayo	6,7 (0,1)	6,8 (0,2)	-107,5 (30,9)	-94,8 (31,7)
Sector Punucapa	6,6 (0,2)	6,7 (0,2)	-71,1 (25,3)	-105,1 (19,6)
sector Isla Teja	6,8 (0,1)	6,9 (0,1)	**-56,6 (33,3)**	**78,7 (40,0)**
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
río Pichoy	6,5 (0,1)	6,5 (0,4)	**-68,8 (15,9)***	**171,9 (35,0)***
río Santa María	6,6 (0,1)	6,3 (0,3)	**-80,9 (16,7)**	**-6,9 (23,4)**
río Cayumapu	6,6 (0,1)	6,6 (0,1)	-108,5 (14,2)	-63,6 (70,5)
río Tambillo	6,3 (0,0)	6,4 (0,1)	-38,3 (26,6)	-39,2 (32,1)
río San Ramón	6,3 (0,3)	6,1 (0,4)	-70,5 (19,9)	-32,1 (69,4)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
río Calle Calle	5,9 (0,2)	6,3 (0,2)	-5,7 (99,1)	38,1 (179,6)
río Angachilla	6,3 (0,3)	6,3 (0,1)	10,9 (81,5)	89,9 (82,7)

4.5.4.2. Macroinfauna bentónica

Riqueza de especies, abundancia y biomasa total de la macroinfauna

La Tabla 4.5.4 muestra la riqueza de especies, abundancia total de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de orillas y cauces de los sitios de muestreo.

El número total de taxa en toda el área de estudio fue 19 especies. La riqueza promedio de especies por sitio varió entre 1 y 7 taxa. El valor más alto en los sedimentos de la orilla ocurrió en el río Angachilla (7 taxa), en tanto que el valor más bajo (1 taxón) ocurrió en el río Cruces, sector Fuerte San Luis y en los ríos Cayumapu y Tambillo. En general, el número promedio de taxa en los sedimentos de los cauces fue 3; el número más bajo de taxa ocurrió en Pichoy (Tabla 4.5.4).

En general, la abundancia total de la macroinfauna fue mayor en las orillas que en los cauces del área de estudio; sin embargo, tal tendencia no fue significativa ($p>0,05$) (Tabla 4.5.4).

El valor promedio más alto de biomasa total se registró en los sedimentos de las orillas del río Angachilla (8,63 g/m^2) y se debió principalmente a las abundancias del poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* y del anfípodo *Paracorophium hartmannorum,* lo que fue coincidente con el valor más alto de abundancia total encontrada (45852,2 ind/m^2) en el mismo sitio de muestreo. El segundo valor de biomasa más alto ocurrió en los sedimentos de las orillas del sector Isla Teja (2,52g/m^2), el cual correspondió al segundo valor más alto de abundancia total (16590,8 ind/m^2). En los sedimentos del cauce, el valor más alto de biomasa total también se registró en el río Angachilla (2,19 g/m^2) dado fundamentalmente por *Prionospio (Minuspio) patagonica* y por un oligoqueto Tubificidae. Este valor de biomasa corresponde al valor más alto de abundancia total encontrado en los sedimentos del cauce (17840,8 ind/m^2) (Tablas 4.5.4 y 4.5.7).

Tabla 4.5.4. Número de especies, abundancia (ind/m^2) y biomasa (g/m^2) total de la macroinfauna bentónica en los sedimentos del área de estudio. Los valores son promedios (cuatro réplicas) con la desviación estándar en paréntesis. El valor en negrilla indica que ambos difieren significativamente. Se entregan los valores de p. *=anova, **= Kruskal Wallis para la abundancia total.

sitios	n°especies		abundancia		biomasa		p
	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	
Eje central del río Cruces (sector estuarial)							
sector Fuerte San Luis	1 (0,0)	2 (1,3)	568,0 (393,8)	738,8 (773,4)	0,06 (0,04)	0,10 (0,12)	0,559*
sector Santa María	3 (1,0)	2 (0,6)	1477,0 (1057,9)	1193,0 (988,2)	0,20 (0,13)	0,34 (0,42)	0,738*
sector Chorocamayo	3 (0,8)	3 (1,0)	4829,8 (1632,3)	3409,0 (3875,1)	0,45 (0,25)	0,20 (0,18)	0,245**
sector Punucapa	4 (1,5)	3 (1,7)	2159,0 (1318,8)	2556,8 (2134,9)	0,44 (0,25)	0,49 (0,84)	0,157**
sector Isla Teja	4 (1,0)	2 (0,5)	16590,8 (22449,2)	3522,5 (3414,0)	2,52 (2,60)	1,47 (1,19)	0,170*
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)							
río Pichoy	3 (0,5)	0 (0,5)	2613,8 (1024,8)	56,8 (113,5)	0,34 (0,26)	0,01 (0,01)	0,005**
río Santa María	2 (1,3)	3 (1,7)	3522,8 (3769,1)	9318,0 (8284,4)	0,27 (0,25)	0,43 (0,41)	0,399*
río Cayumapu	1 (0,5)	1 (0,8)	454,8 (371,1)	284,0 (286,1)	0,21 (0,21)	0,09 (0,14)	0,854*
río Tambillo	1 (1,3)	3 (1,7)	4886,3 (5518,8)	3182,0 (1680,4)	1,01 (1,17)	0,26 (0,15)	0,157**
río San Ramón	2 (0,8)	3 (1,3)	4375,3 (5723,8)	3977,3 (1706,0)	0,32 (0,36)	0,57 (0,38)	0,567*
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios							
río Calle Calle	3 (1,6)	3 (1,6)	11534,3 (4610,9)	3238,8 (2942,3)	2,15 (1,86)	0,65 (0,78)	0,060*
río Angachilla	7 (3,6)	3 (1,9)	45852,2 (18259,5)	17840,8 (13111,7)	8,63 (3,93)	2,19 (3,28)	0,119*

Diversidad y Uniformidad

En los sedimentos de las orillas, el Índice promedio de Diversidad de Shannon-Wiener (índice que integra número de especies y abundancia poblacional de las mismas), registró el valor más alto en el río Angachilla (H'=0,489) y el valor más bajo (H'=0,00) en el sitio ubicado en el río Cruces, sector Fuerte San Luis y en el río Cayumapu; esto debido a que en cada uno de esos sitios el promedio de especies presente correspondió a 1 taxón. En el cauce, los valores más altos se obtuvieron en los ríos Santa María y Angachilla (H'=0,29), en tanto el valor más bajo (H'=0,00) se registró en el río Pichoy (Tabla 4.5.5). Por otra parte, el Índice de Uniformidad, mostró los valores más altos en los sedimentos del río Cruces, sector Punucapa (J'=0,86 para el nivel orilla) y del río Angachilla (J'=0,67 para el nivel cauce) (Tabla 4.5.5).

Tabla 4.5.5. Índice de Diversidad de Shannon – Wiener y Uniformidad de Pielou de la macroinfauna bentónica en los sedimentos de los sitios de estudio entre orilla y cauce.

sitios	**diversidad (H')**		**equitatividad (J')**	
	orilla	cauce	orilla	cauce
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
sector Fuerte San Luis	0,000 (0,000)	0,224 (0,151)	0,000 (0,000)	0,647 (0,454)
sector Santa María	0,310 (0,211)	0,113 (0,144)	0,649 (0,442)	0,376 (0,479)
sector Chorocamayo	0,216 (0,067)	0,275 (0,194)	0,475 (0,128)	0,576 (0,407)
sector Punucapa	0,483 (0,201)	0,212 (0,160)	0,869 (0,075)	0,403 (0,282)
sector Isla Teja	0,348 (0,188)	0,210 (0,129)	0,590 (0,248)	0,591 (0,316)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
río Pichoy	0,355 (0,143)	0,000 (0,000)	0,685 (0,206)	0,000 (0,000)
río Santa María	0,216 (0,191)	0,295 (0,215)	0,584 (0,458)	0,519 (0,404)
río Cayumapu	0,000 (0,000)	0,069 (0,138)	0,000 (0,000)	0,230 (0,459)
río Tambillo	0,044 (0,089)	0,202 (0,233)	0,093 (0,186)	0,365 (0,313)
río San Ramón	0,130 (0,092)	0,255 (0,235)	0,392 (0,317)	0,472 (0,386)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
río Calle Calle	0,209 (0,168)	0,279 (0,217)	0,378 (0,297)	0,500 (0,357)
río Angachilla	0,489 (0,041)	0,293 (0,086)	0,640 (0,107)	0,678 (0,201)

Composición específica, abundancias y biomasas específicas

La Tabla 4.5.6 muestra la composición taxonómica y abundancia (ind/m^2) de todos los taxa obtenidos en los sedimentos de cada sitio de estudio. Insectos y crustáceos estuvieron representados por 5 y 4 taxa respectivamente, poliquetos, oligoquetos y moluscos bivalvos por 2 taxa e hirudineos, arácnidos y lampreas por un 1 taxón.

Los oligoquetos representados por la familia Tubificidae estuvieron presentes en todas las estaciones muestreadas en el eje central del río Cruces, tanto en la orilla como en el cauce; estos organismos fueron los más abundantes en la mayoría de las estaciones. En los ríos tributarios del humedal del río Cruces, estos oligoquetos fueron también los organismos más abundantes en todas las estaciones, con excepción del cauce del río Pichoy donde estuvieron ausentes. Las abundancias promedios más altas de Tubificidae ocurrieron en el cauce del río Santa María (5113,6 ind/m^2) (Tabla 4.5.6).

Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, estos oligoquetos también estuvieron presentes en todos los sitios muestreados; el valor de abundancia más alto se registró en la orilla del río Angachilla (10965,9 ind/m^2), en tanto que el valor más bajo estuvo en el cauce del río Calle Calle (1875,0 ind/m^2) (Tabla 4.5.6).

Otro taxón numéricamente importante fue el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica*, con la abundancia más alta (9772,7 ind/m^2) en el río Cruces, sector Isla Teja (orilla). En los ríos tributarios del humedal, esta especie estuvo presente sólo en el río San Ramón con abundancias promedios bajas (113,6 ind/m^2), tanto en la orilla como en el cauce. La abundancia promedio más alta de *Prionospio (Minuspio) patagonica* (considerando todos los sitios de muestreo) ocurrió en el río Angachilla (orilla-cauce) (18352,3 y 8863,6 ind/m^2, respectivamente) (Tabla 4.5.6). El crustáceo *Paracorophium hartmannorum* (Amphipoda) sólo se detectó en los sedimentos del sector Isla Teja (río Cruces) y en los del río Calle Calle y Angachilla, con las abundancias promedio más altas en este último sitio (Tabla 4.5.6). En resumen, los oligoquetos de la familia Tubificidae

dominaron en el eje central del río Cruces, en los ríos tributarios de éste y fuera del humedal (16022,7, 23920,4 y 29034,1 ind/m^2, respectivamente). El poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* fue más abundante fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (27840,9 ind/m^2), los insectos fueron más abundantes en los ríos tributarios del río Cruces (5511,5 ind/m^2), a la vez que el anfípodo *Paracorophium hartmannorum* fue más abundante fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (16761,3 ind/m^2) (Tabla 4.5.6).

Tabla 4.5.6. Abundancia (ind/m^2) de la macroinfauna bentónica presente en los sedimentos del área de estudio. Los valores corresponden al promedio de cuatro réplicas.

sitios										
Eje central del río Cruces (sector estuarial)	**sector San Luis**		**sector Santa María**		**sector Chorocamayo**		**sector Punucapa**		**sector Isla Teja**	
TAXA	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
POLYCHAETA										
Prionospio (M) patagonica	0	170,5	0	113,6	0	0	568,2	1250,0	9772,7	852,3
Perinereis gualpensis	0	0	0	0	0	0	113,6	56,8	795,5	56,8
OLIGOCHAETA										
Tubificidae	511,4	113,6	795,5	965,9	4147,7	2102,3	965,9	1079,5	2840,9	2500,0
Nais pardalis	0	340,9	340,9	0	113,6	965,9	56,8	56,8	0	0
INSECTA										
Chironomidae	56,8	113,6	56,8	56,8	227,3	227,3	56,8	56,8	170,5	0
Elmidae	0	0	113,6	0	0	0	0	0	0	0
Tipulide	0	0	113,6	0	0	0	0	0	0	0
Tanypodine	0	0	0	0	227,3	0	56,8	0	0	0
Stilibezzia sp.	0	0	56,8	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEA										
P.hartmannorum	0	0	0	0	0	0	170,5	0	2954,5	56,8
Cyprideis beaconensis	0	0	0	0	56,8	113,6	170,5	56,8	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56,8
HIRUDINEA										
Hirudinea	0	0	0	0	56,8	0	0	0	0	0
MOLLUSCA										
Littoridina cumingi	0	0	0	0	0	0	0	0	56,8	0
Pisidium sp.	0	0	0	56,8	0	0	0	0	0	0

Continuación **Tabla 4.5.6.**

Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)	**río Pichoy**		**río Santa María**		**río Cayumapu**		**río Tambillo**		**río San Ramón**	
TAXA	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
POLYCHAETA										
Prionospio (M.) patagonica	0	0	0	0	0	0	0	0	113,6	113,6
OLIGOCHAETA										
Tubificidae	1477,3	0	2215,9	5113,6	454,5	170,5	4772,7	2443,2	4034,1	3238,6
Nais pardalis	738,6	0	113,6	1193,2	0	0	56,8	56,8	0	227,3
INSECTA										
Chironomidae	170,5	56,8	1136,4	2727,3	0	56,8	0	397,7	0	227,3
Tanypodine	56,8	0	0	113,6	0	56,8	0	170,5	0	170,5
Ortocladine	0	0	0	0	0	0	0	0	170,5	0
CRUSTACEA										
P. hartmannorum	0	0	0	56,8	0	0	0	0	56,8	0
Cyprideis beaconensis	113,6	0	56,8	56,8	0	0	0	56,8	0	0
MOLLUSCA										
Pisidium sp.	56,8	0	0	0	0	0	56,8	56,8	0	0
HYDRACARINA										
Acari sp.	0	0	0	56,8	0	0	0	0	0	0

Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios	**río Calle Calle**		**río Angachilla**	
	orilla	cauce	orilla	cauce
POLYCHAETA				
Prionospio (M.) patagonica	284,1	340,9	18352,3	8863,6
Perinereis gualpensis	0	56,8	284,1	113,6
OLIGOCHAETA				
Tubificidae	9715,9	1875,0	10965,9	6477,3
Nais pardalis	227,3	0	227,3	0
INSECTA				
Chironomidae	965,9	738,6	56,8	0
Tanypodine	227,3	56,8	795,5	56,8
Tipulide sp.	0	0	56,8	56,8
CRUSTACEA				
P. hartmannorum	113,6	113,6	14261,4	2272,7
Cyprideis beaconensis	0	0	56,8	0
Heterias exul	0	0	170,5	0
HIRUDINEA				
Hirudinea	56,8	0	284,1	0
MOLLUSCA				
Littoridina cumingi	0	0	340,9	0
CHORDATA				
Geotria australis	170,5	56,8	0	0

La biomasa total de la macroinfauna estuvo dominada por el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* alcanzando su valor máximo en las orillas del río Angachilla (3,36 g/m^2) (Tabla 4.5.7). Le sigue en importancia el oligoqueto de la familia Tubificidae con una biomasa total de 1,97 g/m^2 en las orillas del río Calle Calle y por último el anfípodo *Paracorophuim hartmannorum*, el cual presentó el valor de biomasa más alto en las orillas del río Angachilla (2,96 g/m^2) (Tabla 4.5.7).

Tabla 4.5.7. Biomasa (ind/m^2) de la macroinfauna bentónica presente en los sedimentos del área de estudio. Los valores corresponden al promedio de cuatro réplicas.

sitios										
Eje central del río Cruces (sector estuarial)	**sector río San Luis**		**sector Santa María**		**sector Chorocamayo**		**sector Punucapa**		**sector Isla Teja**	
TAXA	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
POLYCHAETA										
Prionospio (M) patagonica	0	0,06	0	0,07	0	0	0,26	0,43	1,64	0,77
Perinereis gualpensis	0	0	0	0	0	0	0,04	0,01	0,44	0,06
OLIGOCHAETA										
Tubificidae	0,05	0,02	0,11	0,26	0,31	0,15	0,08	0,03	0,14	0,62
Nais pardalis	0	0,01	0,01	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0	0
INSECTA										
Chironomidae	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,06	0
Elmidae	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
Tipulide	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
Tanypodine	0	0	0	0	0,06	0	0,01	0	0	0
Stilibezzia sp.	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
CRUSTACEA										
P.hartmannorum	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0,23	0,01
Cyprideis beaconensis	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0
Phoxocephalidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
HIRUDINEA										
Hirudinea	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0
MOLLUSCA										
Littoridina cumingi	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0
Pisidium sp.	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0

Continuación **Tabla 4.5.7.**

Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)	río Pichoy		río Santa María		río Cayumapu		río Tambillo		río San Ramón	
TAXA	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce	orilla	cauce
POLYCHAETA										
Prionospio (M.) patagonica	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,09
OLIGOCHAETA										
Tubificidae	0,27	0	0,20	0,23	0,21	0,07	1,00	0,20	0,24	0,43
Nais pardalis	0,03	0	0,01	0,03	0	0	0,01	0,01	0	0,01
INSECTA										
Chironomidae	0,02	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0	0,02	0	0,02
Tanypodine	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0	0,02	0	0,02
Ortocladine	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0
CRUSTACEA										
P. hartmannorum	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0,01	0
Cyprideis beaconensis	0,01	0	0,01	0,01	0	0	0	0,01	0	0
MOLLUSCA										
Pisidium sp.	0,01	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0
HYDRACARINA										
Acari sp.	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0

Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios	río Calle Calle		río Angachilla	
	orilla	cauce	orilla	cauce
POLYCHAETA				
Prionospio (M.) patagonica	0,01	0,06	3,36	1,01
Perinereis gualpensis	0	0,11	0,99	0,69
OLIGOCHAETA				
Tubificidae	1,97	0,19	0,89	0,08
Nais pardalis	0,01	0	0,01	0
INSECTA				
Chironomidae	0,02	0,15	0,01	0
Tanypodine	0,01	0,01	0,03	0
Tipulide sp.	0	0	0,01	0,01
CRUSTACEA				
P. hartmannorum	0,04	0,07	2,96	0,40
Cyprideis beaconensis	0	0	0,01	0
Heterias exul	0	0	0,01	0
HIRUDINEA				
Hirudinea	0,07	0	0,34	0
MOLLUSCA				
Littoridina cumingi	0	0	0,04	0
CHORDATA				
Geotria australis	0,03	0,06	0	0

Representación porcentual de taxa

La Tabla 4.5.8 muestra la abundancia total de la macroinfauna bentónica tanto en la orilla como en el cauce en todos los sitios del área de estudio, como a su vez, el porcentaje de especies más importantes que la representan.

Los taxa con las mayores contribuciones relativas (> 20%) fueron el oligoqueto de la familia Tubificidae y el *poliqueto Prionospio (Minuspio) patagonica*. El oligoqueto Tubificidae fue el taxón que encabeza la dominancia y sostiene la mayor parte de las abundancias relativas, llegando en algunos sitios a representar hasta el 100 %, de la abundancia total de la macroinfauna, como es el caso de los sedimentos de la orilla del río Cayumapu (Tabla 4.5.8). El poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* fue el segundo taxón en importancia llegando a contribuir, por ejemplo en el río Cruces, sector Isla Teja con un 58,9% de la abundancia total en los sedimentos de la orilla. Otros macroinvertebrados presentes en los sedimentos de los sitios de estudio - pero en abundancias relativamente más bajas - fueron el oligoqueto *Nais pardalis*, el anfípodo *Paracorophium hartmannorum* e insectos de la familia Chironomidae (Tabla 4.5.8).

Tabla 4.5.8. Abundancia total de la macroinfauna bentónica (ind/m^2) y frecuencia relativa de las especies más importantes en el área de estudio.

sitio	Profundidad	Abundancia	Tubificidae	*N. pardalis*	*P.(M.) patagonica*	Chironomidae	*P. hartmannorum*
Eje central del río Cruces (sector estuarial)							
sector Fuerte San Luis	orilla	568,0	90,0	-	-	-	-
	cauce	738,8	-	46,2	23,1	-	-
Sector Santa María	orilla	1477,0	53,8	23,1	-	-	-
	cauce	1193,0	81,0	-	-	-	-
Sector Chorocamayo	orilla	4829,8	85,8	-	-	-	-
	cauce	3409,0	61,7	28,3	-	-	-
Sector Punucapa	orilla	2159,0	44,7	-	26,3	-	-
	cauce	2556,8	42,2	-	48,9	-	-
Sector Isla Teja	orilla	16590,8	-	-	58,9	-	17,8
	cauce	3522,5	71,0	-	-	-	-

Continuación **Tabla 4.5.8**

sitio	Profundidad	Abundancia	Tubificidae	*N. pardalis*	*P. (M.) patagonica*	Chironomidae	*P. hartmannorum*
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)							
río Pichoy	orilla	2613,8	56,5	28,3	-	-	-
	cauce	56,8	-	-	-	100,0	-
río Santa María	orilla	3522,8	62,9	-	-	32,3	-
	cauce	9318,0	54,9	-	-	29,3	-
Río Cayumapu	orilla	454,8	100,0	-	-	-	-
	cauce	284,0	60,0	-	-	-	-
río Tambillo	orilla	4886,3	97,7	-	-	-	-
	cauce	3182,0	76,8	-	-	-	-
Río San Ramón	orilla	4375,3	92,2	-	-	-	-
	cauce	3977,3	81,4	-	-	-	-
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios							
río Calle Calle	orilla	11534,3	84,2	-	-	-	-
	cauce	3238,8	57,9	-	-	22,8	-
río Angachilla	orilla	45852,2	-	-	40,0	-	31,1
	cauce	17840,8	36,3	-	49,7	-	-

Similitud faunística entre sitios

La Tabla 4.5.9 muestra los resultados de los análisis SIMPER entre sitios y considerando los datos de orilla y cauce por separado.

Los valores más altos de similitud faunística en la orilla se estimaron para el río Angachilla con un 72,7 %, similitud explicada en un 31,2 % por *Prionospio (Minuspio) patagonica;* le sigue el sitio río Cruces, sector Chorocamayo, con un 61,6 % de similitud explicada primariamente por la abundancia de los oligoquetos de la familia Tubificidae (75,6 %) (Tabla 4.5.9). Por otra parte, los valores más bajos de similitud faunística se estimaron en el río Cruces, sector Santa María con un 27,2 %, similitud explicada en un 62,6 % por Tubificidae, como también en el río Pichoy con un 27,9 % similitud explicada en un 79,8 % por Tubificidae (Tabla 4.5.9).

Los valores más altos de similitud en el cauce se encontraron en el sitio localizado en el río Angachilla; *i.e*., 59,7 % explicada fundamentalmente por *Prionospio (Minuspio) patagonica* (53,5 %); el segundo valor más alto de similitud para las muestras del cauce ocurrió en el río San Ramón con un 59,6 % explicada primariamente por Tubificidae (74,2 %). Los valores más bajos de similitud faunística se encontraron en el río Cayumapu 10,4 % explicada en un 100 % por Tubificidae (Tabla 4.5.9).

Tabla 4.5.9. Porcentajes de similitud (SIMPER) entre las estaciones de muestreo del área de estudio entre los niveles orilla y cauce.

sitios	similitud	
	orilla	**cauce**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)		
sector Fuerte San Luis	**44,4**	**19,7**
Tubificidae	100	-
Prionospio (M.) patagonica	-	40,3
sector Santa María	**27,2**	**21,7**
Tubificidae	62,6	58,4
sector Chorocamayo	**61,6**	**43,5**
Tubificidae	75,6	-
Nais pardalis	-	38,29
sector Punucapa	**46,7**	**27,8**
Tubificidae	49,9	57,5
sector Isla Teja	52,0	41,2
Tubificidae	35,0	-
Prionospio (M.) patagonica	-	55,7
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)		
río Pichoy	**55,9**	**0**
Nais pardalis	46,6	-
río Santa María	27,9	43,1
Tubificidae	**79,7**	**-**
Quironominae	-	60,1
río Cayumapu	**47,1**	**10,4**
Tubificidae	100	100
río Tambillo	**49,3**	**37,1**
Tubificidae	93,4	87,2
río San Ramón	**59,9**	**59,6**
Tubificidae	92,5	74,1
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios		
río Calle Calle	**55,9**	**33,2**
Tubificidae	85,3	-
Quironominae	-	45,7
río Angachilla	**72,6**	**59,7**
Prionospio (M.) patagonica	31,2	53,4

Análisis de ordenamiento

La Figura 4.5.2 muestra los resultados del análisis de MDS realizado para evaluar la similitud entre los doce sitios, de acuerdo a la abundancia y composición específica de la macroinfauna bentónica presente en orillas y cauces. El valor de stress (0,16) indica una representación gráfica aceptable del ordenamiento de sitios *(i.e.,* similitud faunística). Sin embargo, la segregación espacial de los mismos muestra dos grandes grupos sin evidenciarse ningún patrón de agrupamiento. Los valores de los diferentes sitios se presentan mezclados entre sí, distribuyéndose dentro de casi la totalidad del espacio lo que sugiere una alta hetereogeneidad en la composición faunística. Sin embargo, se observa que las muestras provenientes de los cauces estuvieran más cercanas entre sí. Cabe destacar, que el sitio correspondiente al río Pichoy cauce (PI-C), se encuentra muy alejado del resto de los sitios, situación relacionada a que ahí se recolectó sólo una especie (Insecta, Chironomidae).

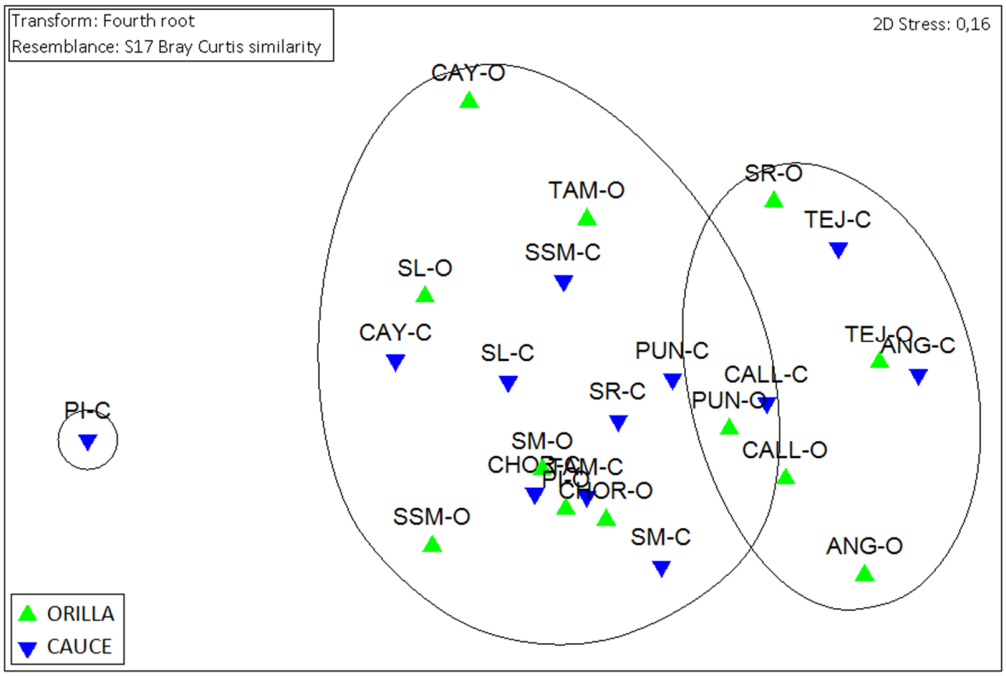


Figura 4.5.2. Escalamiento multidimensional no métrico basado en la abundancia de los organismos de la macroinfauna bentónica presentes en los sedimentos de los sitios muestreados (orilla -cauce). Análisis basado en una matriz de similitud construida a partir del Índice de Bray Curtis.

Relaciones fauna & sedimento

Las Figuras 4.5.3, 4.5.4 y 4.5.5 muestran los resultados de las comparaciones entre los sitios del área de estudio con presencia o ausencia de las especies más abundantes como el oligoqueto de la familia Tubificidae, el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* e insectos de la familia Chironomidae en relación a las características texturales, granulometría de la arena, contenido de materia orgánica total y potencial óxido reducción (redox).

En general, no se encontraron diferencias significativas en las características de los sedimentos donde estos taxa estuvieron presentes o ausentes. El sedimento donde habita el oligoqueto de la familia Tubificidae, tiene arenas con granos significativamente más finos que los sedimentos donde este taxón está ausente (Fig. 4.5.3). Los sedimentos donde ocurre *Prionospio (Minuspio) patagonica* tuvieron porcentajes de arena significativamente más altos que los sedimentos donde este poliqueto estuvo ausente, a la vez que donde estuvo presente las concentraciones de materia orgánica total y agregados biogénicos fueron más bajas que en los sedimentos donde no fue recolectado (Fig. 4.5.4). Por último, la presencia o ausencia de Chironomidos, no estuvo asociada con ninguna de las características sedimentológicas analizadas (Fig. 4.5.5).

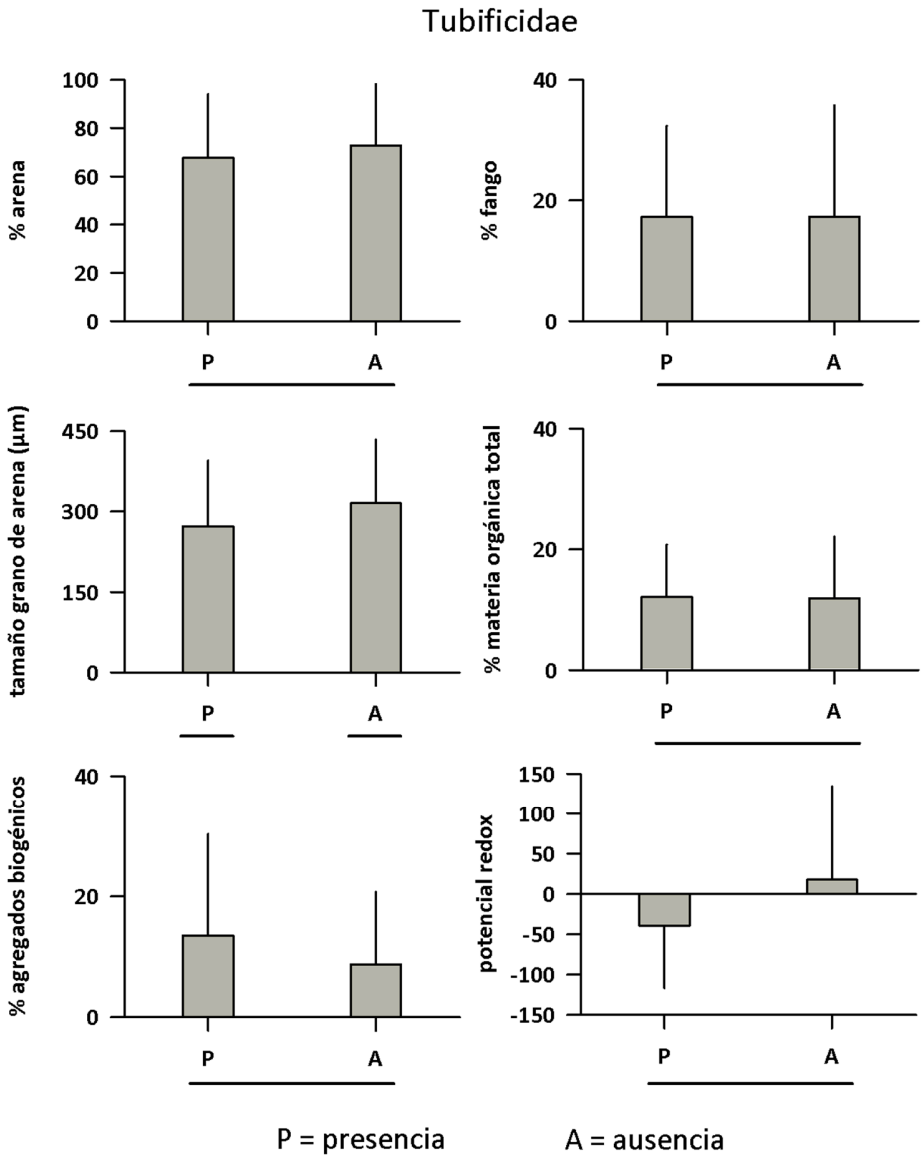


Figura 4.5.3. Características texturales, granulométricas, contenido de materia orgánica total, potencial redox en sitios con presencia o ausencia de Tubificidae. Los valores son promedios + 1 error estándar. Las barras horizontales unen promedios que no son significativamente diferentes (p>0,05).

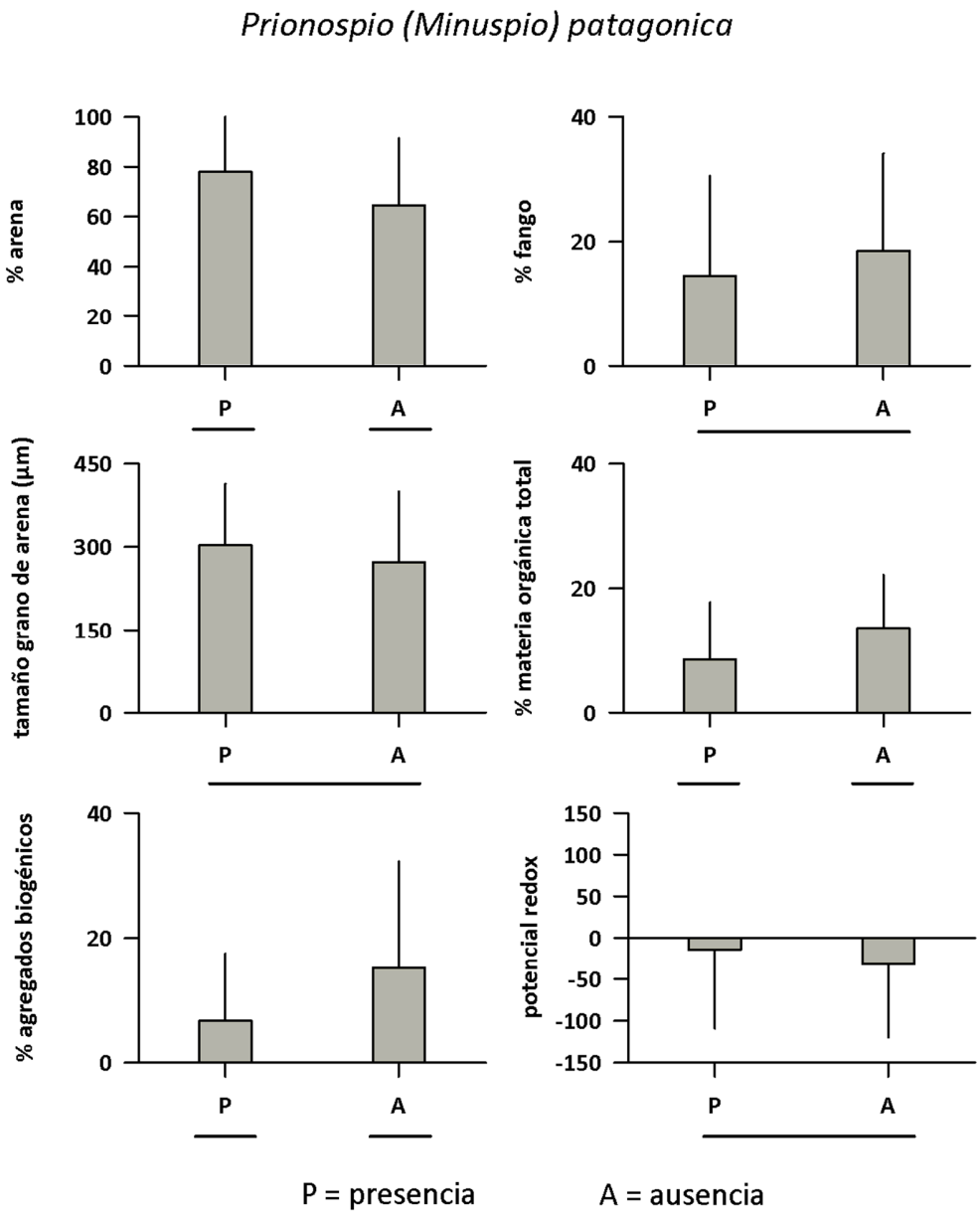


Figura 4.5.4. Características texturales, granulométricas, contenido de materia orgánica total, potencial redox en sitios con presencia o ausencia de *Prionospio (Minuspio) patagonica*. Los valores son promedios + 1 error estándar. Las barras horizontales unen promedios que no son significativamente diferentes (p>0,05).

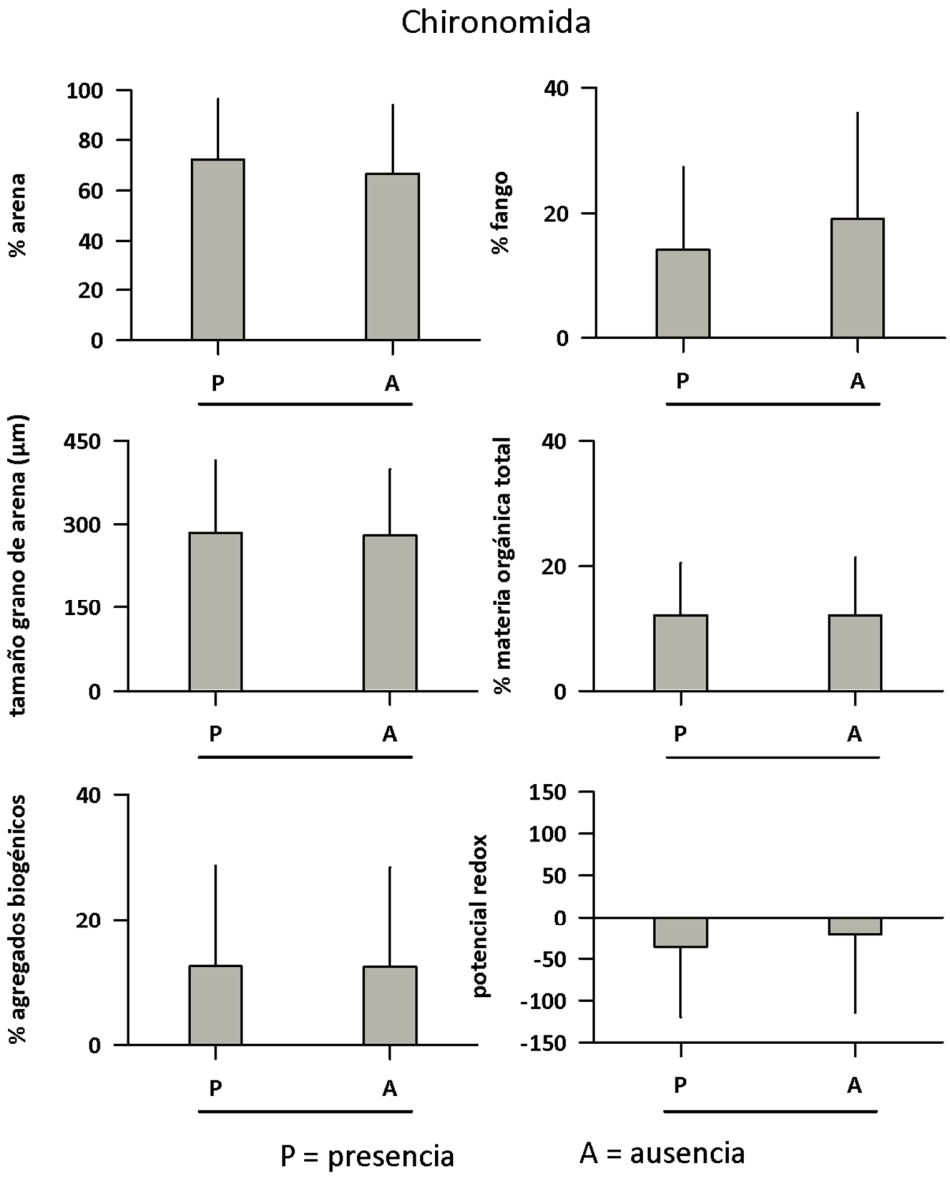


Figura 4.5.5. Características texturales, granulométricas, contenido de materia orgánica total, potencial redox en sitios con presencia o ausencia de Chironomidae. Los valores son promedios + 1 error estándar. Las barras horizontales unen promedios que no son significativamente diferentes (p>0,05).

4.5.5. Discusión

Los estuarios varían considerablemente en relación a aspectos geomorfológicos, hidrológicos y texturales (Olsen *et al.,* 1978); un ecosistema estuarial se caracteriza por presentar gran productividad biológica (Costanza *et al*., 1993) y ser un eficiente convertidor de la materia orgánica (Raffaelli, 1992). Debido a lo anterior, se ha demostrado en general, una estrecha relación entre la riqueza de especies y abundancias de la macroinfauna de fondos sedimentarios (*e.g.*, Heip & Herman, 1995).

Pearson & Rosemberg (1978) y Warwick (1986), han mencionado la importancia de estudiar la macroinfauna de fondos sedimentarios, debido a que gran parte de sus invertebrados tienen hábitos sedentarios y constituyen importantes eslabones en las cadenas tróficas, los cuales son proclives a ser afectados por perturbaciones de origen natural y antrópico. De esta manera, la macroinfauna es el mejor reflejo del estado ambiental de los cuerpos acuáticos receptores. Wilson (1994) menciona la importancia de estudiar a los organismos bentónicos, ya sea como indicadores de contaminación y/o para estimar la salud del sistema. Bilyard (1987) sugiere que los organismos de la macroinfauna bentónica deben ser incluidos como el componente más importante en todos los programas de monitoreo ambiental.

Aun cuando la riqueza de especies y abundancias poblacionales de la macroinfauna bentónica se relaciona generalmente con la calidad del sedimento (Anderson *et al*., 2004; Giménez *et al*., 2006; Gray, 1974; Gamito, 2008; Pearson & Rosenberg, 1978), los resultados de este estudio no mostraron en general tal tipo de relación. Dentro de las especies más abundantes - tanto en las orillas como en los cauces de los sitios estudiados están anélidos oligoquetos de la familia Tubificidae, los cuales representaron más del 35% de la abundancia total en algunos sitios. Este grupo es comúnmente usado en estimaciones de calidad del agua y sedimentos; tal es así que han sido mencionados como indicadores de sedimentos enriquecidos orgánicamente en ríos (Zuñiga de Cardoso *et al*., 1993; Lin & Yo, 2008; Martins *et al*., 2008). Sin embargo, en este estudio no se

encontraron tendencias significativas de ocurrencia de estos organismos en sitios con mayor contenido de materia orgánica total y agregados biogénicos.

Otra especie relevante en cuanto a presencia y abundancia, fue el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* la especie más común en fondos sedimentarios del centro sur de Chile que no han sido afectados mayormente por perturbaciones de origen antrópico (Quijón *et al*., 1996). Aun cuando no hay antecedentes que sugieran que este poliqueto sea incluido en protocolos tendientes a evaluar cambios ambientales, hay varios estudios que muestran que la misma ocurre en áreas estuariales con concentraciones de materia orgánica más bajas y mayor concentración salina que las ocupados comúnmente por los oligoquetos de la familia Tubificidae (Jaramillo *et al*., 1985; 2001; Bertrán *et al*., 2006; Díaz *et al*., 2008). Por lo tanto, ambos organismos (oligoquetos Tubificidae y *Prionospio (Minuspio) patagonica*) deben ser incluidos en campañas de monitoreo para un área tan extensa como es el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Los análisis de escalamiento multidimensional no métrico (MDS) realizados para evaluar la similitud entre los sitios muestreados en el área de estudio, no mostraron ningún patrón de agrupamiento; lo que indica una alta heterogeneidad faunística en los sitios estudiados. Por otra parte, los análisis estadísticos realizados para evaluar las eventuales diferencias en las abundancias totales dentro de cada sitio (orilla *versus* cauce), no mostraron diferencias significativas con excepción del río Pichoy, situación explicada por la presencia en un 100% por insectos Chironomidos en las réplicas recolectadas en el cauce de este sitio.

Prionospio (Minuspio) patagonica y oligoquetos de la familia Tubificidae fueron los grupos que contribuyeron en mayor medida a explicar la similitud faunística entre las muestras obtenidas en las orillas y los cauces de los sitios estudiados y por lo tanto, aportaron con una mayor homogeneidad de los datos. Lo anterior además de lo argumentado anteriormente es la base para considerar a estos taxa como especies tipo a

ser monitoreadas. Esta conclusión es coincidente con lo propuesto en el estudio "Recopilación y análisis de información en apoyo para la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental, para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, Convenio UACh – CONAMA 2009", donde se sugiere a estas especies como organismos a ser incluidos en monitoreos ambientales.

Resultados de estudios similares a los llevados a cabo en este Programa de Diagnóstico – aun cuando en diferentes sitios de muestreo - durante los años 2004, 2005 y 2012 en el área del humedal del río Cruces: (UACh-CONAMA, 2005; 2009), también muestran que los oligoquetos de la familia Tubificidae, el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* y el anfípodo *Paracorohium hartmannorum* fueron los taxa más comunes y por lo tanto los más adecuados para ser incluidos en programas de monitoreo en el tiempo.

4.5.6. Conclusiones

- Las partículas de arena comprendidas entre 63 y 2000 micrones fue la fracción dominante en los sedimentos de los doce sitios de estudio, tanto en la orilla como en el cauce. Los valores en el porcentaje de arena fueron más altos en el cauce, con excepción del río San Ramón que presentó mayor porcentaje de arena en la orilla de éste. Las partículas de arena de mayor tamaño en los cauces de los ríos estudiados, correspondieron mayoritariamente a arenas de tamaño medio (250-500 micrones), con excepción de los ríos Santa María, Cayumapu y Tambillo que presentaron arenas de tamaño fino (125-250 micrones).
- La variabilidad en los valores de pH medidos en los sedimentos de los sitios de estudio fueron muy similares entre sí, no encontrándose diferencias significativas entre sitios. Los valores del potencial óxido reducción (redox) fueron negativos en las orillas de todos los sitios estudiados, con excepción del río Angachilla que presentó un valor positivo. Los valores de redox mostraron diferencias significativas entre orilla y cauce, valores positivos y más altos en sitios ubicados

en el río Cruces (sectores Santa María, Isla Teja) y río Pichoy, valor negativo y menor en el río Santa María.

• Se encontró un total de 19 taxa en las 12 estaciones de muestreo del área de estudio; dentro de estos, los taxa más abundantes fueron anélidos oligoquetos de la familia Tubificidae y el anélido poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica*. Otros macroinvertebrados presentes en los sedimentos de los sitios de estudio - pero con abundancias más bajas - fueron el oligoqueto *Nais pardalis*, el anfípodo *Paracorophium hartmannorum* e insectos de la familia Chironomidae.

• En general, la abundancia total de la macroinfauna fue mayor en los sedimentos de las orillas que en los de los cauces; sin embargo, sólo se encontraron diferencias significativas al comparar dichas abundancias en el río Pichoy. Los oligoquetos de la familia Tubificidae, *Prionospio (Minuspio) patagonica* e insectos, fueron los grupos más importantes y que en general dominaron en los sitios de estudio, a la vez que el anfípodo *Paracorophium hartmannorum* lo hizo fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

• Los resultados del análisis de MDS realizado para evaluar la similitud entre los sitios ubicados en las orillas y cauces del área de estudio, no evidenciaron ningún patrón de agrupamiento, lo que sugiere una alta heterogeneidad inter muestras.

• En general, en sedimentos donde se detectó la presencia de Tubificidae, *Prionospio (Minuspio) patagonica,* Chironomidae *vs*. aquellos sitios donde estos organismos estuvieron ausentes, no se encontraron diferencias significativas. Los oligoquetos del género Tubificidae ocurrieron en sitios con menor porcentaje de arena, en tanto el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica*, ocurrió en sitios que tuvieron porcentajes más altos de arena y más bajos de materia orgánica total y agregados biogénicos. Los insectos de la familia Chironomidae no mostraron ninguna tendencia a ocurrir en algún tipo de sedimento determinado.

• Los taxa con las mayores contribuciones relativas en explicar la abundancia total, tanto en la orillas como en los cauces en los sitios de estudio, fueron el oligoqueto de la familia Tubificidae y el poliqueto *Prionospio (Minuspio)*

patagonica. En general, estos taxa fueron los que aportaron con la mayor similitud cuando se analizaron los niveles orilla y cauce.

• Los oligoquetos de la familia Tubificidae y el poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica,* podrían ser los organismos más indicados para ser considerados como bioindicadores de la calidad ambiental de estos sitios en el área de estudio, debido a las altas abundancias encontradas y su amplia distribución dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

4.5.7. Referencias

Anderson, F., L. Black, L. Mayer, and L. Watling. 1981. A temporal and spatial study of mudflat texture. Northeastern Geology 3: 184-191.

Anderson, M., R. Ford, D. Feary, and C. Honeywill. 2004. Quantitative measures of sedimentation in an estuarine system and its relationship with intertidal soft-sediment infauna. Marine Ecology Progress Series 272: 33-48.

Bertrán, C., L. Vargas-Chacoff, F. Peña-Cortés, S. Mulsow, J. Tapia, E. Hauenstein, R. Schlatter, and A. Bravo. 2006. Benthic macrofauna of three saline lake wetlands on the coastal rim of southern Chile. Ciencias Marinas 32: 589-596.

Bilyard, G. R. 1987. The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. Marine Pollution Bulletin 18: 581-585.

Brower, J. E., and J. H. Zar. 1977. Field laboratory methods for general ecology. William C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa, USA. 192 pp.

Byers, S. C., E. L. Mills, and P. L. Stewart. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. Hydrobiologia 58: 43-47.

Carr, M. 1997. Primer user manual. Plymouth marine laboratory. Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research, United Kingdom. 40 pp.

Costanza, R., W. M. Kemp, and W.R. Boynton. 1993. Predictability, scale, and biodiversity in coastal and estuarine ecosystems: implications for management. AMBIO 22: 88-96.

Díaz-Jaramillo, M., P. Muñoz, V. Delgado-Blas, and C. Bertran. 2008. Spatio-temporal distribution of spionids (Polychaeta-Spionidae) in an estuarine system in south-central Chile. Revista Chilena de Historia Natural 81: 501-514.

Emery, K. O. 1938. Rapid method of mechanical analysis of sands. Journal of Sedimentary Petrology 8: 105-111.

Folk, R. L. 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, USA. 182 pp.

Gamito, S. 2008. Three main stressors acting on the Ria Formosa lagoonal system (Southern Portugal): physical stress, organic matter pollution and the land–ocean gradient. Estuarine Coastal and Shelf Science 77: 710-720.

Giménez, L., C. Dimitriadis, A. Carranza, A. I. Borthagaray, and M. Rodríguez. 2006. Unravelling the complex structure of a benthic community: a multiscale–multianalytical approach to an estuarine sandflat. Estuarine, Coastal and Shelf Science 68: 462-472.

Gray, J. S. 1974. Animal-sediment relationships. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review 12: 223-261.

Heip, C. H., and P. M. J. Herman. 1995. Major biological processes in european tidal estuaries: a synthesis of the JEEP-92 Project. Hydrobiologia 311: 1-7.

Jaramillo, E., S. Mulsow, and R. Navarro. 1985. Intertidal and subtidal macroinfauna in the Queule river estuary, south of Chile. Revista Chilena de Historia Natural 74: 331-340.

Jaramillo, E., H. Contreras, and P. Quijón. 2001. Seasonal and interanual variability in population abundances of the intertidal macroinfauna of the Quele river estuary, south-central of Chile. Revista Chilena de Historia Natural 74: 455-468.

Kruskal, J. B. 1964. Non-metric multidimensional scaling: A numerical method. Psychometrika 2: 115-129.

Lin, K. L., and S. P. Yo. 2008. The effect of organic pollution on the abundance and distribution of aquatic oligochaetes in an urban water basin, Taiwan Hydrobiologia 596: 213-223.

Martins, R. T., N. C. Stephan, and R. G. Alves. 2008. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia 20: 221-226.

Olsen, C., H. Simpson, R. Bopp, S. Williams, T. Peng, and B. Dem. 1978. A geochemical analysis of the sediments and sedimentation in the Hudson estuary. Journal of Sedimentary Petrology 48: 401-418.

Pearson, T.H., and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanography and Marine Biology, an Annual Review 16: 229-311.

Pielou, E. C. 1984. The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination. First edition. Jonh Willey & Sons, New York. 267 pp.

Quijón, P. and E. Jaramillo. 1996. Seasonal vertical distribution of the intertidal macroinfauna in an estuary of south-central Chile. Estuarine Coastal and Shelf Science 43: 653-663.

Raffaelli, D. 1992.Conservation of Scottish estuaries. Proccedings of the Royal Society of Edinburgh 100B: 55 - 76

Rhoads, D. C., and L. F. Boyer. 1982. The effects of marine benthos on physical properties of sediments: a successional perspective. In McCall, P. L. y M. J. S. Tevesz, Editions. Animal-sediment relations: The biogenic alteration of sediments. Plenum Press, New York 100: 3-52.

Seward-Thompson, B., and J. Hails. 1973. An appraisal of the computation of statistical parameters in grain size analysis. Sedimentology 20: 161-169.

Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1995. Biometry the principles and practice of statistics in biological research. Second editions, W.H. Freeman. New York. 859 pp.

Schenková, J., and J Helesic. 2006. Habitat preferences of aquatic Oligochaeta (Annelida) in the Rokttná River, Czech Republic- a small highland stream. Hydrobiologia 564: 117-126.

UACh 2005. Estudio sobre origen de mortalidades y disminución poblacional de aves acuáticas en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en la Provincia de Valdivia (Convenio UACh & CONAMA).

UACh 2009. Informe Final: Recopilación y análisis de información en apoyo para la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental, para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia. (Convenio UACh & CONAMA).

UACh. 2014. Informe final: Diagnóstico ambiental del humedal del río Cruces basado en la comparación de condiciones ambientales actuales e históricas: Bases para su monitoreo y

sustentabilidad. Convenio Servicio de Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Universidad Austral de Chile. Marzo de 2014. 374pp.

Warwick, R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Marine Biology 92: 557-562.

Wilson, J. G. 1994. The role of bioindicators in estuarine management. Estuaries and Coasts 17: 94-101.

Zuñiga de Cardoso, M., A. Rozas, y G. Caicedo. 1993. Indicadores ambientales de calidad de agua en la Cuenca del Río Cauca. Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia, Medellín 2: 17-28.

4.6. Estado actual de la macrofauna de fondos ritrales (Estudio 6):

4.6.1 Antecedentes

La macrofauna bentónica que habita fondos acuáticos compuestos de rocas o bolones (*i.e*., fondos ritrales o pedregosos), está compuesta por organismos que se adhieren a rocas o bolones, o bien se refugian entre estos para protegerse de ser arrastrados por la corriente. La mayor parte de los invertebrados que componen esa macrofauna, son larvas y estados inmaduros de insectos con ciclos de vida anfibio como plecópteros, efemerópteros, tricópteros, dípteros y coleópteros, cuyos estados pre adultos viven en el fondo de los ríos por periodos que fluctúan entre meses y años. Tales insectos, además de otros artrópodos que coexisten con los mismos (*e.g.*, crustáceos del género *Aegla*), son parte importante de la dieta de peces y de mamíferos acuáticos (Huillin), respectivamente (*e.g*., Medina, 1997, 1998) en ríos y humedales del sur de Chile.

Debido a su sensibilidad a condiciones estresantes, a su movilidad limitada y al hecho de que tengan ciclos de vida que pueden superar el año, estos organismos bentónicos, permiten detectar cambios ambientales asociados por ejemplo, al ingreso de altas cargas de materia orgánica a los cuerpos acuáticos, lo que puede influir adversamente sobre las funciones fisiológicas de las especies, como por ejemplo, efectos sobre la reproducción y el reclutamiento. La periodicidad de los estudios que incluyen este tipo de organismos es relevante, ya que la presencia de los mismos en el medio acuático depende de la estación ya que en un período del año dejan ese ambiente y emergen como organismos adultos.

Debido a lo anterior, el estudio de la macrofauna de los organismos bentónicos - y fundamentalmente insectos - en fondos ritrales, constituye una herramienta eficaz para evaluar eventuales cambios ambientales en sistemas acuáticos como es el caso de la porción superior del río Cruces, constituida mayoritariamente por fondos pedregosos. De ahí que se incluyera en este Programa de Diagnóstico, el estudio del estado actual de este

tipo de fauna, a fin de contar con un elemento más para evaluar el estado actual del humedal del río Cruces.

4.6.2. Objetivos

- Analizar la riqueza de especies, abundancia y biomasa de los invertebrados bentónicos que ocurren en fondos ritrales o pedregosos del río Cruces.
- Evaluar la calidad del agua del área de estudio, mediante la estimación de índices basados en la presencia y abundancia de estos invertebrados.
- Seleccionar la o las especies que puedan ser utilizadas como bioindicadores de diferentes tipos de condiciones ambientales en el medio acuático.

4.6.3. Material y métodos

4.6.3.1. Obtención de las muestras de macrofauna

Los muestreos se realizaron en otoño (14 Abril - 12 Mayo) y a fines de primavera (14 - 15 Noviembre) del año 2014 (Tabla 4.6.1), en los sitios que se muestran en la Figura 4.6.1.

Las estaciones de muestreo se dispusieron sobre sustratos de ripio grueso o bolones de 8 a 15 cm de diámetro, en la zona marginal del cauce hídrico y a una profundidad no superior a los 60 cm, la cual es el límite de alcance del brazo del operador del artefacto de muestreo. Las muestras fueron obtenidas con una red Surber (área muestreal de 0,09 m^2) (Fig. 4.6.2) provista con malla de 250 µm de trama; ésta se usó por cinco minutos para la obtención de cada muestra; los clastos (rocas) recogidos en el marco de 30 x 30 cm, fueron frotados a mano en la boca de la red, lo cual permitió que los animales removidos, fueran arrastrados por la corriente dentro del artefacto. Las muestras recolectadas (n = 3 por sitio de muestreo), se almacenaron en bolsas plásticas con etanol al 90% debidamente etiquetadas, para la posterior identificación y recuento de la fauna bajo lupa estereoscópica y microscopio. La identificación de los taxa se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

Tabla 4.6.1. Sitios y fechas de muestreos para análisis de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del área de estudio.

estaciones	otoño	primavera
Porción superior del río Cruces (sector límnico)		
1 (sector Ciruelos)	29-abr-14	14-nov-14
2 (sector Rucaco)	14-abr-14	14-nov-14
3 (sector Carriquilda 1)	12-mayo-14	14-nov-14
4 (sector Carriquilda 2)	12-mayo-14	14-nov-14
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios		
5 (río Calle Calle)	2-mayo-14	15-nov-14

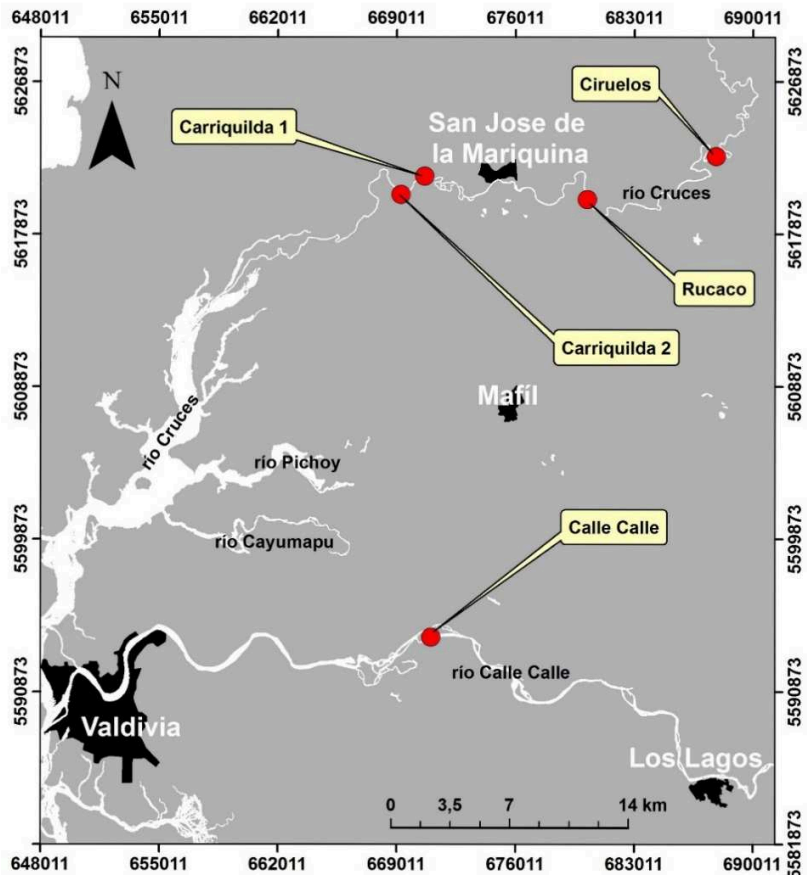


Figura 4.6.1. Ubicación de los sitios de muestreo para el estudio de la macrofauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del río Cruces y río Calle Calle.



Figura 4.6.2. Uso de red Surber para muestreo de la macrofauna bentónica de fondos ritrales.

4.6.3.2 Estructura comunitaria de la macrofauna bentónica

Los valores promedio de las abundancias de cada sitio se utilizaron para estimaciones de riqueza de especies, Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (Brower & Zar, 1977). Con el objetivo de evaluar eventuales asociaciones faunísticas entre sitios de muestreo se realizaron análisis de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM), utilizando la distancia de Bray-Curtis como índice de similitud entre estaciones. Los datos fueron transformados con raíz a la cuarta, previo a su inclusión en el análisis. Los resultados de la distribución espacial de las agrupaciones se generan sobre un plano cartesiano de dos o tres dimensiones, el EMDNM genera un valor de "stress" que corresponde a una medida de "no-bondad" del ajuste *(i.e.*, mientras mayor sea la distancia entre los objetos mayor es el valor de stress, y por ende, peor es el modelo resultante). Las categorizaciones para interpretar el valor de stress son las siguientes: 0,2 = modelo pobre; 0,1 = modelo aceptable; 0,05 = modelo bueno; y 0 (valor mínimo), corresponde a un excelente modelo de asociación (Kruskal, 1964).

Con el objetivo de evaluar eventuales diferencias en las abundancias, riqueza de especies y biomasa de la macrofauna entre sitios de muestreo, se realizaron análisis de varianza de una vía (ANDEVA) (Sokal & Rohlf, 1995). En caso de no cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, los datos fueron transformados mediante la expresión log (x+1). Para comprobar normalidad y homogeneidad de varianzas, se utilizó la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov y test de Levene (Sokal & Rohlf, 1995). En aquellos ANDEVA donde se encontraron diferencias significativas entre los grupos analizados, se realizó un test *a posteriori* (Tukey) en Sigmaplot 11.0, con el objetivo de identificar los sitios con características significativamente diferentes (Sokal & Rohlf, 1995). Cuando los datos no cumplieron con los supuestos del ANDEVA (a pesar de ser transformados), las eventuales diferencias entre grupos se evaluaron con el test no paramétrico de Kruskal Wallis (Kruskal & Walllis, 1952).

4.6.3.3. Organismos bentónicos de fondos ritrales y calidad del agua

Para evaluar la calidad del agua mediante indicadores biológicos (macroinvertebrados bentónicos) se utilizó el Índice Biótico de Hilsenhoff modificado (RBP III) (Plafkin *et al*., 1989):

$$IB = \sum \frac{n_i \times a_i}{N}$$

Dónde:

n_i = es el número de individuos del taxón "i"

a_i = es el valor de tolerancia del taxón "i"

N = es el número total de individuos de la muestra

Los valores de tolerancias de los taxa varían entre 0 y 10. Los organismos con valores de 0 corresponden a aquellos que son intolerantes a las cargas de materia orgánica, a la vez que un valor de 10 corresponde a aquellos organismos que son muy tolerantes a las cargas de materia orgánica. Los rangos intermedios incluyen organismos

facultativos respecto a las cargas de materia orgánica. Los valores de tolerancia de los taxa están basados en Klemm *et al*. (1990), Barbour *et al*. (1990), Mandaville (2002) y Figueroa *et al*. (2007). Para los análisis de calidad de agua se utilizó la escala que se presenta en la Tabla 4.6.2.

Tabla 4.6.2. Graduación de la calidad del agua en función del Índice Biótico de Hilsenhoff (1988).

Índice Biótico	condición	grado de contaminación orgánica
0,00-3,50	Excelente	no aparenta contaminación orgánica
3,51-4,50	Muy bueno	Posible muy leve contaminación orgánica
4,51-5,50	Bueno	Algo de contaminación orgánica
5,51-6,50	Regular	Algo significante de contaminación orgánica
6,51-7,50	Algo pobre	Significante contaminación orgánica
7,51-8,50	Pobre	Muy significante contaminación orgánica
8,51-10,0	Muy pobre	Severa contaminación orgánica

4.6.4. Resultados

4.6.4.1. Composición faunística

La macrofauna de invertebrados bentónicos de los fondos ritrales del río Cruces y río Calle Calle, en los periodos y sitios estudiados, estuvo compuesta por 33 especies, con dominancia de insectos (25), seguidos de moluscos (4), crustáceos, arácnidos, anélidos y platelmintos (cada grupo con una especie) (Tabla 4.6.3).

4.6.4.2. Riqueza de especies, abundancia total y dominancia

La riqueza de especies dentro de los sitios de estudio, varió entre 9 (río Calle Calle) y 18 (río Cruces, sectores Ciruelos y Carriquilda 2) durante la estación de otoño y entre 9 (río Calle Calle) y 15 (río Cruces, sectores Rucaco y Carriquilda 2), durante la estación de primavera. Para la estación de otoño, los análisis de varianza no mostraron resultados que

indiquen diferencias entre los grupos dentro de los sitios de muestreo ($p>0,05$). Sin embargo, durante la estación de primavera, la riqueza específica de la macrofauna ritral del sector Rucaco presentó valores significativamente más altos ($p>0,05$) que la del sector Carriquilda 1 y río Calle Calle, a la vez que la riqueza del sector Carriquilda 2 presentó valores significativamente más altos que la del sector Carriquilda 1 (Fig. 4.6.3).

Tabla 4.6.3. Invertebrados bentónicos de fondos ritrales recolectados en el área de estudio. Se indica además el valor del Índice Biótico asignado a cada especie (*cf*. Tabla 4.6.2).

Phylum	Clase	Orden	Especie	Valor indicador
Arthropoda	Insecta	Diptera	*Eukiefferiella* sp.	4
			Corynoneura sp.	4
			Lopescladius sp.	5
			Alluaudomya sp.	6
			Rheotanytarsus sp.	6
			Atherix sp.	4
			Orthocladius sp.	6
			Procladius sp.	9
			Simulium sp.	4
			Pisidium sp.	6
			Hexatoma sp.	2
			Limonidae	4
			Tipulidae	3
			Ephydridae	9
		Ephemeroptera	*Meridialaris diguillina*	4
			Andesiops torrens	5
			Penaphlebia flavidula	4
		Plecoptera	*Limnoperla jaffueli*	2
			Antarctoperla michaelseni	1
		Trichoptera	*Smicridea* sp.	5
			Smicridea annulucormis	5
			Oxyethira sp.	3
		Coleoptera	*Luchoelmis* sp.	4
			Austrolimnius sp.	4
		Megaloptera	*Protochauloides* sp.	4
	Crustacea/Malacostraca	Decapoda	*Aegla abtao*	5
	Arachnida	Acariforme	*Hydracarina*	6
Mollusca	Gastropoda	Gastropoda	*Physa chilensis*	8
		Basommatophora	*Chilina dombeyana*	6
			Ancylidae	7
		Mesogastropoda	*Littoridina cumingi*	8
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	*Tubifex* sp.	10
Plathelminthes		Tricladida	*Dugesia anceps*	4

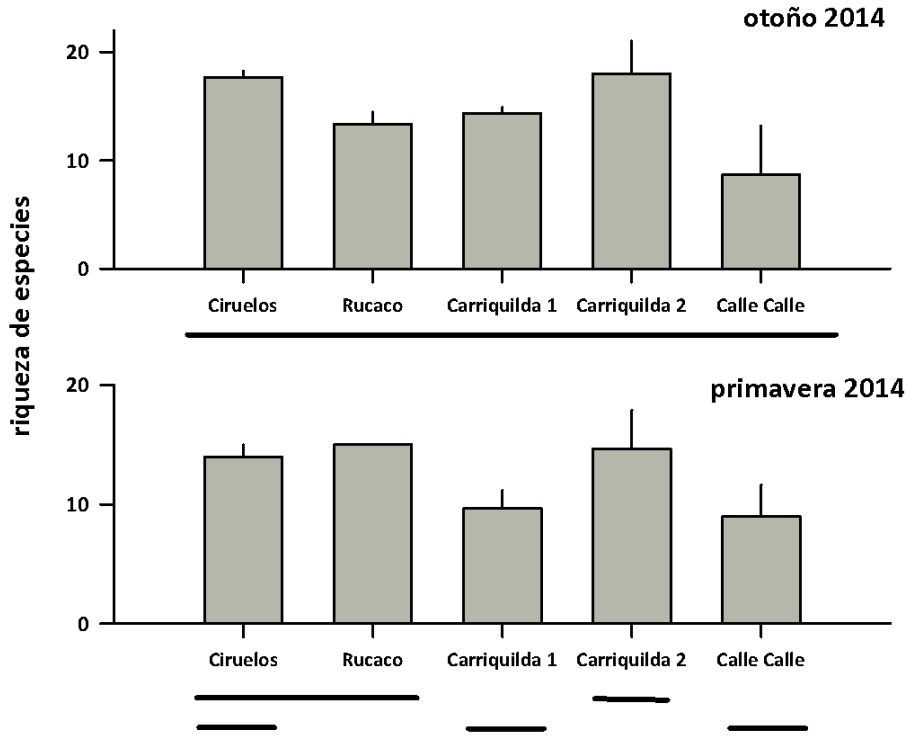


Figura 4.6.3. Riqueza de especies promedio (+1 d.e.) de invertebrados bentónicos en los fondos ritrales del área de estudio, durante las estaciones de otoño y primavera del año 2014. Las líneas unen promedios que no difieren significativamente entre sí (p>0,05).

La abundancia total promedio de invertebrados bentónicos dentro de los cinco sitios de muestreo, varió entre 878 ind/m^2 (río Calle Calle) y 1600 ind/m^2 (río Cruces, sector Ciruelos) durante la época de otoño y entre 478 (río Cruces, sector Carriquilda 1) y 1663 (río Cruces, sector Rucaco) durante la primavera (Tabla 4.6.3 y Fig. 4.6.4). En la época de otoño, no se registraron diferencias significativas (p>0,05) entre las abundancias de la macrofauna de cada sitio de muestreo, mientras que en primavera se encontraron abundancias de la macrofauna significativamente más altas (p<0,05) en los sectores Ciruelos y Rucaco.

Tabla 4.6.3. Número de especies, abundancia (ind/m^2), índice de diversidad de Shannon y biomasa total de la macrofauna de invertebrados bentónicos que ocurren en los fondos ritrales del área de estudio durante las estaciones de otoño y primavera del año 2014. Los valores corresponden al promedio de tres réplicas con la desviación estándar en paréntesis.

Sitios	riqueza		abundancia (ind/m^2)		diversidad de Shannon		biomasa (g/m^2)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Ciruelos	18 (0,6)	14 (1,0)	1600 (617)	1622 (539)	1,07	1,04	2,26 (2,18)	0,71 (0,49)
Rucaco	13 (1,2)	15 (0,0)	930 (110)	1663 (39)	1,05	1,08	0,61 (0,40)	0,54 (0,09)
Carriquilda 1	14 (0,6)	10 (1,5)	1270 (334)	478 (339)	0,99	0,93	8,96 (3,56)	0,10 (0,06)
Carriquilda 2	18 (3,0)	15 (3,2)	1081 (317)	489 (251)	1,07	1,11	2,72 (1,74)	1,36 (2,01)
Calle Calle	9 (4,5)	9 (2,6)	878 (793)	839 (149)	0,98	0,96	8,11 (4,22)	0,31 (0,13)

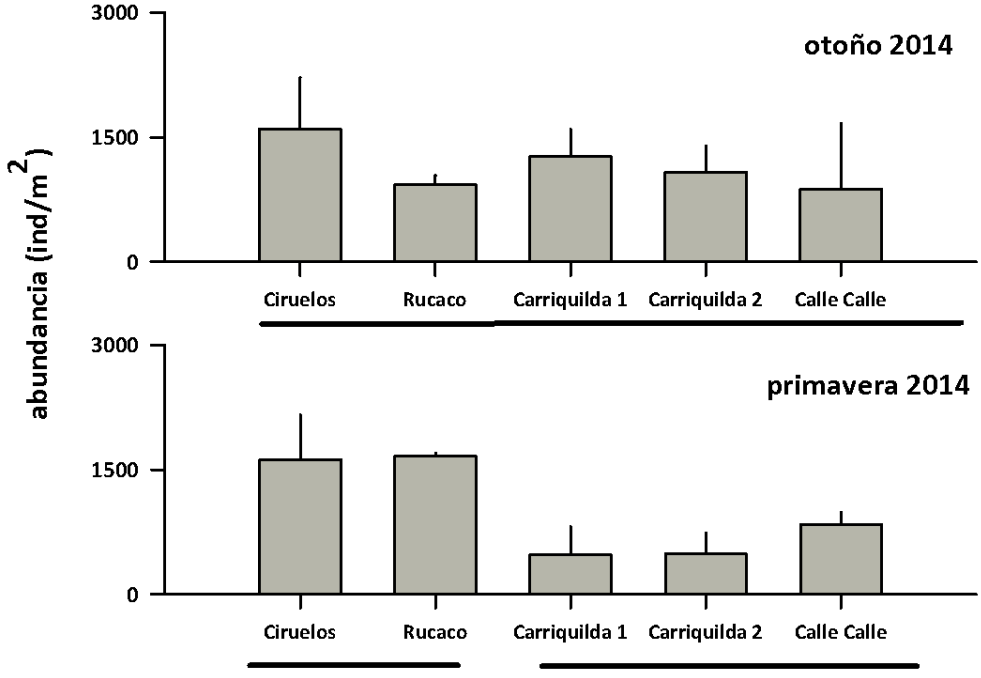


Figura 4.6.4. Abundancia total (ind/m^2) promedio (+1 d.e.) de invertebrados bentónicos en los fondos ritrales del área de estudio, durante las estaciones de otoño y primavera del año 2014. Las líneas unen promedios que no difieren significativamente entre sí (p>0,05).

Durante el otoño, las especies dominantes, de acuerdo a su abundancia (ind/m^2) fueron los insectos *Smicridea annulocormis* (25%) en el río Cruces, sector Ciruelos, *Luchoelmis* sp. (17,9%) en el río Cruces, sector Rucaco, *Alluaudomya* sp. (28,1%) en el río Cruces, sector Carriquilda 1, el molusco *Littoridina cumingi* (28,3%) en el río Cruces, sector Carriquilda 2 y el crustáceo *Aegla abtao* (29,5%) en el río Calle Calle. Durante la primavera, el insecto díptero, *Eukieffiriella* sp. dominó en los cinco sectores muestreados representando desde un 14,5% (río Cruces, sector Rucaco) y hasta un 22,6% (río Cruces, sector Carriquilda 1) de la población total (Tabla 4.6.4).

Tabla 4.6.4. Frecuencia relativa de la abundancia de especies de invertebrados bentónicos dominantes en los fondos ritrales del área de estudio durante otoño y primavera del año 2014.

sitios	**otoño**		**primavera**	
	especie	proporción (%)	especie	proporción (%)
Ciruelos	*Smicridea annulucormis*	25,0	*Eukiefferiella* sp.	21,5
Rucaco	*Luchoelmis* sp.	17,9	*Eukiefferiella* sp.	14,5
Carriquilda 1	*Alluaudomya* sp.	28,1	*Eukiefferiella* sp.	22,6
Carriquilda 2	*Littoridina cumingi*	28,3	*Eukiefferiella* sp.	20,2
Calle Calle	*Aegla abtao*	29,5	*Eukiefferiella* sp.	20,6

4.6.4.3. Diversidad

Los valores estimados del índice diversidad de Shannon Wiener indican valores que fluctúan entre 0,98 (río Calle Calle) y 1,07 (río Cruces, sectores Ciruelos y Carriquilda 2) en Otoño, y entre 0,93 (río Cruces, sector Carriquilda 1) y 1,11 (río Cruces, sector Carriquilda 2). Sin embargo, todos los sectores durante ambos periodos del año, presentaron similares valores de diversidad (Tabla 4.6.3).

4.6.4.4. Biomasa

Durante otoño, los valores de biomasa, variaron entre 0,61 g/m^2 (río Cruces, sector Rucaco) y 8,96 g/m^2 (río Cruces, sector Carriquilda 1), a la vez que en primavera, se registraron valores entre 0,1 g/m^2 (río Cruces, sector Carriquilda 1) y 1,36 g/m^2 (río Cruces, sector Carriquilda 2) (Tabla 4.6.3). Los análisis de varianza demostraron que durante otoño el sector Rucaco presentó valores de biomasa significativamente más bajos ($p<0,05$) que los estimados para los sectores Carriquilda 1 y río Calle Calle. Por el contrario, no se registraron diferencias significativas de biomasa entre los sectores durante la primavera (Fig. 4.6.5).

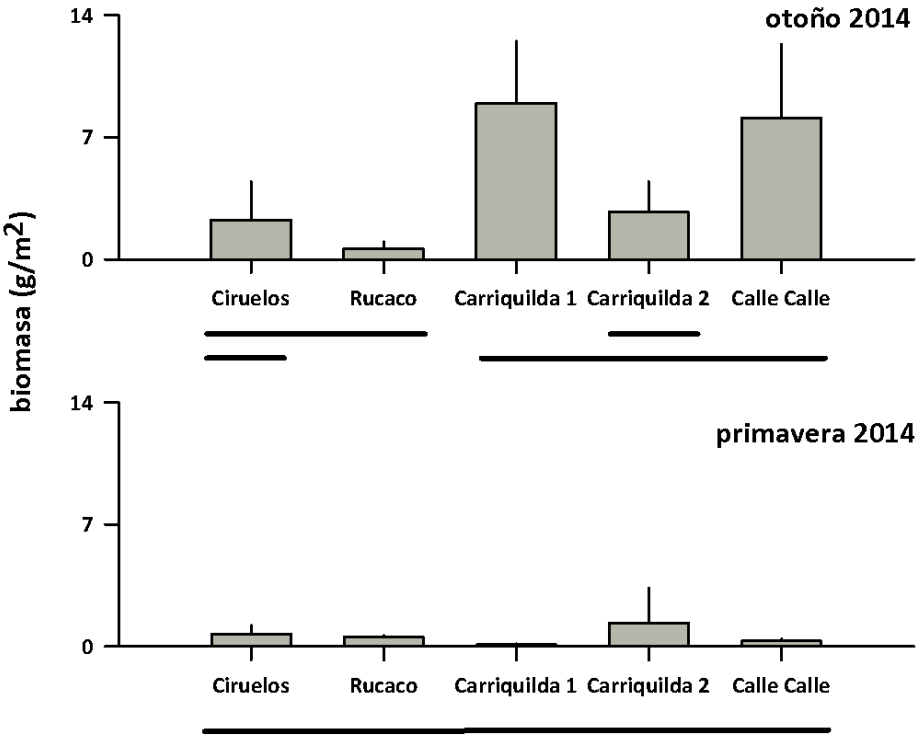


Figura 4.6.5. Biomasa (g/m^2) promedio (+1 d.e.) de invertebrados bentónicos en los fondos ritrales del área de estudio, durante las estaciones de otoño y primavera del año 2014. Las líneas unen promedios que no difieren significativamente entre sí ($p>0,05$).

4.6.4.5. Organismos bentónicos de fondos ritrales y calidad del agua

De acuerdo al Índice de Hilsenhoff, la calidad del ambiente acuático en el área de estudio y durante el otoño presentó los valores más altos de calidad de agua (muy buenos) en los sectores de Ciruelos y Calle Calle. En los otros tres sectores, la condición encontrada fue buena, indicando que puede existir algo de contaminación orgánica.

Durante la estación de primavera, se registró la misma condición para todos los sectores (muy buena); *i.e.*, puede existir una leve contaminación orgánica (Tabla 4.6.5). El término "contaminación" empleado anteriormente, se refiere a una traducción textual del Índice creado por Hilsenhoff en 1988.

Tabla 4.6.5. Valores del Índice Biótico de Hilsenhoff para el área de estudio, durante las estaciones de otoño y primavera.

Sitio	**RBP III**		**RBP III**	
	otoño		primavera	
río Cruces, sector Ciruelos	4,50	Muy Bueno	4,30	Muy Bueno
río Cruces, sector Rucaco	4,91	Bueno	4,21	Muy Bueno
río Cruces, sector Carriquilda 1	5,32	Bueno	4,21	Muy Bueno
río Cruces, sector Carriquilda 2	4,86	Bueno	4,31	Muy Bueno
río Calle Calle	4,22	Muy Bueno	4,09	Muy Bueno

4.6.4.6. Análisis de ordenamiento

Los resultados de los análisis de EMDNM realizados para evaluar la eventual similitud faunística entre los cinco sectores estudiados durante otoño y primavera, se muestran en la Figura 4.6.6. El valor de stress (0,05 y 0,09) para ambos periodos, indica que ambos son buenos modelos de asociación. Se observan tres grupos con un porcentaje de agrupación de 60%. Se puede observar que durante el muestreo de otoño, las réplicas de ambos sitios de Carriquilda se unen en un grupo con dos réplicas del sector Rucaco; otro grupo lo forman réplicas del sector límnico del río Cruces (Ciruelos y Rucaco) con una réplica del río Calle Calle (Fig.4.6.6). Durante el muestreo de primavera, todas las réplicas

de las dos estaciones del sector límnico del río Cruces (Ciruelos y Rucaco) se unen en un mismo grupo a las réplicas obtenidas fuera del humedal del río Cruces (río Calle Calle) (Fig. 4.6.6).

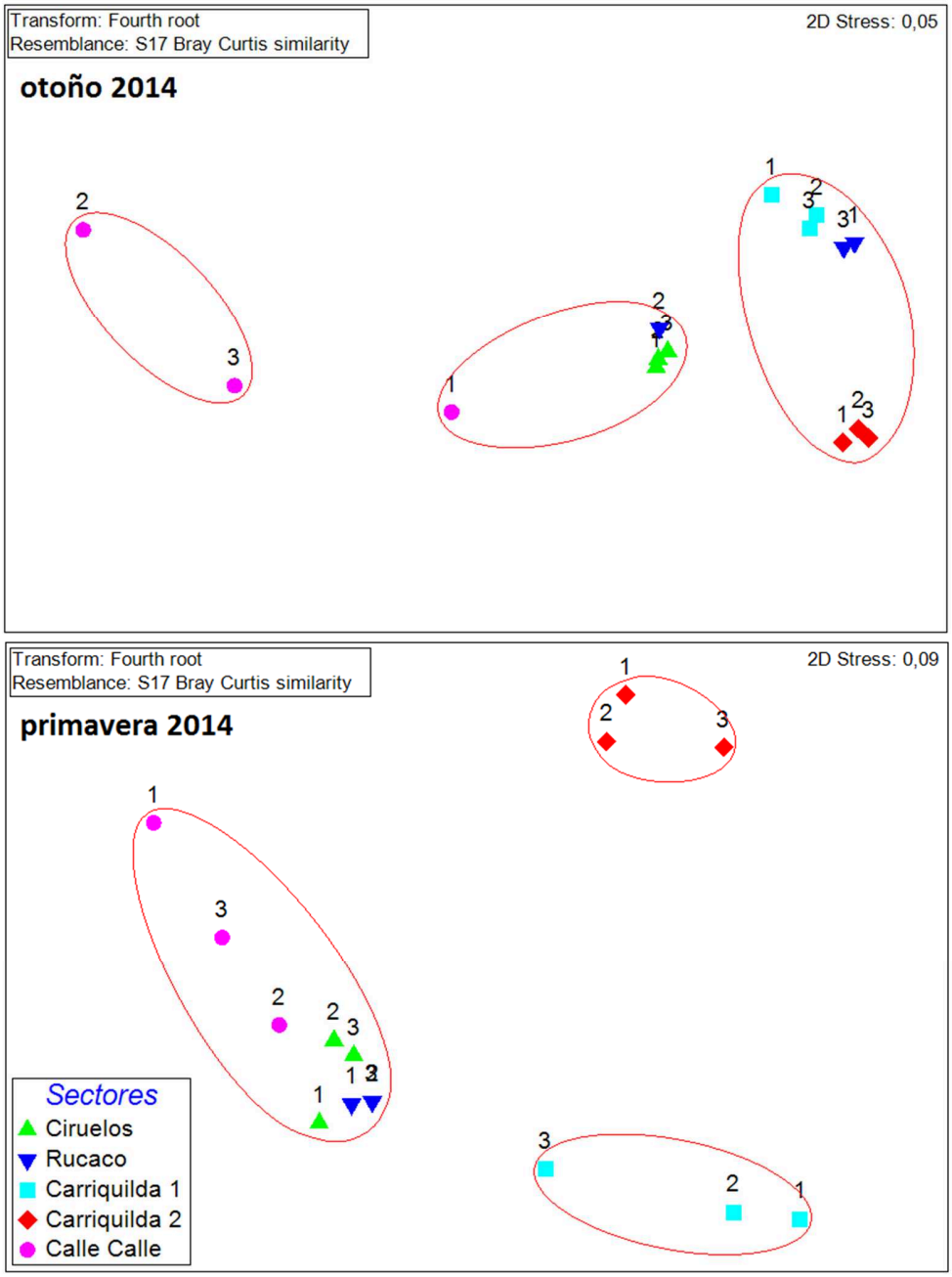


Figura 4.6.6. Representación gráfica del escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM) basado en la abundancia de los organismos de la macroinfauna bentónica presentes en los sedimentos de los sitios muestreados durante el otoño y la primavera del año 2014. Análisis basado en una matriz de similitud construida a partir del índice de Bray Curtis.

4.6.5 Discusión

El número de taxa encontradas en este estudio (33), es bajo si se lo compara con otros estudios llevados a cabo en el sur de Chile; Figueroa *et al.* (2003), Moya *et al*. (2009) y Fierro *et al.* (2012) encontraron 77, 51 y 77 taxa en los ríos Damas, Baker y Boroa, respectivamente. El grupo más diverso en el área de este estudio fue el de insectos Díptera, de los cuales se capturaron 14 especies, seguido de Ephemeroptera y Trichoptera con tres especies cada uno. Los valores de riqueza específica registrados durante el periodo de estudio en el río Cruces y Calle Calle, fue similar a las registrados por Oyanedel *et al*. (2008) en el río Aysén y Valdovinos *et al*. (2010) en siete ríos de la Patagonia, quienes encontraron un promedio de 16 y 20 especies respectivamente.

La riqueza específica de la macrofauna ritral del río Cruces, sector Rucaco no presentó diferencias al ser comparada con la de los sectores Ciruelos, Carriquilda 1, Carriquilda 2 y río Calle Calle durante la estación de otoño, mientras que en primavera, el sector Rucaco, presentó una riqueza significativamente más alta en comparación con la encontrada en el río Calle Calle y el sector Carriquilda 1.

Durante otoño, las abundancias más bajas se encontraron en el río Cruces, sector Rucaco y en el río Calle Calle, mientras que las más altas abundancias ocurrieron en el río Cruces, sectores Ciruelos y en Carriquilda 1. Durante la primavera, los valores más bajos de abundancia se registraron en los sectores Carriquilda 1 y Carriquilda 2, las abundancias más altas ocurrieron en los sectores Ciruelos y Rucaco, todo esto indica que no hay un patrón definido en cuanto a variabilidad espacial de las abundancias de este tipo de fauna en el área de estudio.

Los resultados de los análisis de EMDNM, muestran que básicamente no hay discontinuidad faunística en cuanto a fauna ritral se refiere, entre estaciones del sector límnico del río Cruces (Ciruelos y Rucaco) con el área ubicada fuera del humedal del río Cruces, es decir sector río Calle Calle.

Aun cuando los valores del Índice de Shannon estimados en este estudio no sugieren una alta diversidad de especies dentro de los sectores estudiados, los mismos se asemejan a los que ocurrieron en el río Aysén (Oyanedel *et al*., 2008) donde todos los valores fueron cercanos a 1, similar a lo encontrado en este estudio.

Las biomasas más altas de invertebrados bentónicos se registraron durante la estación de otoño (0,61 a 8,96 g/m^2), indicando que los individuos presentaron mayores tamaños (*i.e.,* individuos adultos) mientras que las más bajas se registraron durante la primavera (0,1 a 1,36 g/m^2), lo que sugiere que la mayoría eran individuos pequeños (*i.e.* juveniles). Las biomasas del sector Rucaco no presentaron grandes diferencias entre estaciones (0,61 g/m^2 en otoño y 0,54 g/m^2 en primavera), mientras que las biomasas de las otras estaciones presentaron una variación de al menos 1 g/m^2.

Las especies con mayor presencia dentro de todo el periodo y sectores de estudio y ordenadas de mayor a menor abundancia fueron el tricóptero *Smicridea annulocormis*, los dípteros *Eukiefferiella* sp. y *Alluaudomya* sp., el Mesogastropodo *Littoridina cumingi*, el decápodo *Aegla abtao* y el coleóptero *Luchoelmis* sp.

Considerando los valores de abundancia y los índices de tolerancia de las especies anteriormente mencionadas, es recomendable utilizar como bioindicadoras de carga orgánica a las especies *Smicridea annulocormis*, *Eukiefferiella* sp., *Alluaudomya* sp., *Littoridina cumingi* y *Aegla abtao*, considerando que todas estas especies poseen valores de tolerancia entre 4 y 6, lo que indica que no son ni muy tolerantes ni muy resistentes a eventos de enriquecimiento orgánico. Es decir, si las abundancias de las mismas varían significativamente, se estaría ante una carga relativamente alta de materia orgánica sobre el medio acuático.

Por lo general, todos los sectores analizados en este estudio presentaron bajos grados de carga orgánica de acuerdo al índice de Hilsenhoff, indicando que no existe un

enriquecimiento orgánico significativo de los ambientes acuáticos estudiados. Durante el otoño, la calidad del agua en el sector Ciruelos es muy buena, pasa a buena desde el sector Rucaco hasta el sector Carriquilda 2 y vuelve a ser muy buena en el río Calle Calle. En primavera, todos los sectores estudiados, presentaron una muy buena calidad de agua, de acuerdo al Índice Biótico. Estos bajos grados de carga orgánica son similares a los encontrados en el río Boroa por Fierro *et al*. (2012).

4.6.6. Conclusiones

• La riqueza de especies de la macrofauna de invertebrados bentónicos en el área de estudio, permite inferir que la misma es similar en términos de esos parámetros para estudios realizados en otros ríos del sur de Chile.

• La diversidad de la macrofauna bentónica (*i.e*., relación entre número de especies y número de individuos) fue similar u homogénea en el área de estudio.

• La biomasa del sector Rucaco evidenció diferencias significativas entre los muestreos de otoño con respecto al sector Carriquilda 1 y el río Calle Calle, mientras que en primavera, no se detectaron diferencias entre los sectores estudiados.

• De acuerdo al análisis de ordenamiento multidimensional, la fauna de las estaciones de muestreo es similar a lo largo del área de estudio.

• De acuerdo a los valores de tolerancia, dominancia y abundancia de las especies de macrofauna bentónica encontradas, se puede sugerir cinco especies para ser utilizadas como bioindicadoras de la calidad del agua del área de estudio: los insectos dípteros *Smicridea annulocormis, Alluaudomya* sp., el insecto tricóptero *Eukiefferiella* sp., el molusco mesogastropodo *Littoridina cumingi* y el crustáceo decápodo *Aegla abtao.*

• Los valores del Índice Biótico muestran, que toda el área estudiada posee buena o muy buena calidad de agua en cuanto a carga orgánica se refiere.

4.6.7. Referencias

Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder, and J. B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. EPA 841-B-99-002. US Environmental Protection Agency; Office of water, Washington DC.

Brower, J. E., and J. H. Zar. 1977. Field laboratory methods for general ecology. William C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa, USA. 192 pp.

Byers, S., E. Mills, and P. Steward. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestion for a standard method. Hydrobiologia 58: 43-47.

Carr, M. R. 1997. Primer user manual. Plymouth Marine Laboratory, Prospect Place, Plymouth PL1 3 DH, United Kingdom. 40 pp.

Fierro, P., C. Bertrán, M. Mercado, F. Peña-Cortés, J. Tapia, E. Hauenstein and L. Vargas-Chacoff. 2012. Benthic macroinvertebrate assemblages as indicators of water quality applying a modified biotic index in a spatio-seasonal context in a coastal basin of southern Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 47: 23-33.

Figueroa, R., C. Valdovinos, E. Araya, y O. Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista Chilena de Historia natural 76: 275-285.

Figueroa, R., A. Palma, V. Ruiz, y X. Niell. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. Revista Chilena de Historia Natural 80: 225-242.

Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society 7: 65-68.

Klemm, D. J. 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. US Environmental Protecting Agency. EPA/600/4-90/030.Xii. 256 pp.

Kruskal, W. H., and W. A. Wallis. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American statistical Association 47: 583-621.

Kruskal, J. B. 1964. Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. Psychometrika 29: 115-129.

Mandaville, S. M. 2002. Benthic macroinvertebrate in freshwaters- taxa tolerance values, metrics, and protocols. (Proyect H-1) Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax, Canada.

Medina, G. 1997. A comparison of the diet and distribution of southern river otter (*Lutra provocax*) and mink (*Mustela vison*) in southern Chile. Journal of Zoology 242: 291-297.

Medina, G. 1998. Seasonal variations and changes in the diet of southern river otter in different freshwater habitats in Chile. Acta Theriologica 43: 285-292.

Moya, C., C. Valdovinos, A. Moraga, F. Romero, P. Debels, y A. Oyanedel. 2009. Patrones de distribución espacial de ensambles de macroinvertebrados bentónicos de un sistema fluvial Andino Patagónico. Revista Chilena de Historia Natural 82: 425-442.

Oyanedel, A., C. Valdovinos, M. Azocar, C. Moya, G. Mancilla, P. Pedreros, y R. Figueroa. 2008. Patrones de distribución espacial de los macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del río Aysén (Patagonia Chilena).Gayana*,* Concepción 72: 241-257.

Plafkin, J. L., M. T. Barbour, K.D. Porter, S. K. Gross, and R. M. Hughes. 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish. In Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 440/4-89/001. 8 Chapters, Appendices A-D.

Valdovinos, C., A. Kiessling, M. Mardones, C. Moya, A. Oyanedel, J. Salvo, V. Olmos, y O. Parra. 2010. Distribución de macroinvertebrados (Plecoptera y Aeglidae) en ecosistemas fluviales de la Patagonia chilena:¿Muestran señales biológicas de la evolución geomorfológica postglacial?. Revista Chilena de Historia Natural 83: 267-287.

4.7. Estado de la fauna de camarones (Estudio 7):

4.7.1. Antecedentes

En las aguas continentales de Chile habitan seis especies de la familia Parastacidae (Crustacea, Decapoda): *Samastacus spinifrons*, *Parastacus nicoleti*, *Parastacus pugnax*, *Virilastacus araucanius*, *Virilastacus rucapihuelensis* y *Virilastacus retamali*; con excepción de la primera, todos estos camarones son especies endémicas cuya distribución geográfica en conjunto se encuentra entre el río Aconcagua por el norte y la península de Taitao por el sur (Rudolph, 2010). Del conjunto de especies arriba mencionadas, *S. spinifrons* o Camarón de río y *P. nicoleti* o Camarón de vega, han sido mencionadas como crustáceos comunes en el humedal del río Cruces (http://www.ceachile.cl/Cruces/Fauna.htm).

Si bien escasos, hay estudios que muestran que algunas de las especies de camarones anteriormente mencionadas, tienen un rol relevante en la estructura de las tramas tróficas en los cuerpos acuáticos donde ocurren. Por ejemplo, *S. spinifrons* es parte de la dieta de depredadores como peces salmonídeos (Orellana, 2010 tesis), anfibios (*Caudiverbera caudiverbera*, Rana chilena) (Rudolph, 1984), aves acuáticas (*Casmerodius albus*, Garza grande) (Figueroa & Corales, 1997) y Huairavo (*Nycticorax nycticorax*) (Corales & Figueroa, 1999) y mamíferos acuáticos (*Lontra provocax,* Huillín; *Mustela vison,* Visón) (Medina, 1997, Franco *et. al.,* 2013).

El estudio de Medina (1997) da cuenta de la importancia de los camarones para la dieta de esos depredadores; *i.e*., el 79 y 48% de las dietas tróficas del Huillín - especie icónica del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios - y del Visón respectivamente, están constituidas por crustáceos, primariamente *Samastacus spinifrons* y *Aegla* sp. Similarmente, Franco *et al.* (2013) encontraron que dentro de 262 fecas de Huillín recolectadas durante distintas estaciones del año, la aparición de restos de *S. spinifrons* fue del 86% aproximadamente. Aun cuando no existe información sobre los depredadores de *P. nicoleti*, se puede presumir que los depredadores que consumen *P. pugnax* también

lo hacen sobre la primera, ya que ambas especies ocurren en microhábitats similares (*i.e.*, vegas con niveles freáticos de agua cercanos a la superficie del suelo). Dalannais (1984) ha mencionado que las garzas (no se menciona la especie) depredan sobre *P. pugnax,* a la vez que Medina (1997) menciona a esta especie como parte importante de la dieta del Huillín.

Existen características relacionadas a la historia de vida de los parastácidos en general (*i.e*., crecimiento lento, baja fecundidad, maduración sexual tardía y largos períodos de desarrollo embrionario y post embrionario temprano), que hacen de los camarones de aguas continentales, organismos particularmente sensibles a los cambios o intervenciones en el hábitat que viven (Rudolph, 2002a; Rudolph, 2010). Debido a lo mismo y en conjunto a otras características de los mismos, como facilidad de captura y tamaños convenientes para ser manipulados y estudiados, hacen de estos crustáceos bioindicadores adecuados para evaluar cambios en el tiempo en la calidad de agua de cuerpos acuáticos continentales (Sharma *et al*., 2006; Suárez-Serrano *et al.,* 2010). Por ejemplo, se ha encontrado que perturbaciones ambientales de origen antrópico en ríos, pueden provocar alteraciones en el crecimiento, tamaño, capacidad de reproducción y/o sobrevivencia de camarones (Webb, 2011).

Es en el contexto de lo anterior que se seleccionó a los camarones que habitan en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, como parte del presente Programa de Diagnóstico. Esto con el objetivo general de conocer la distribución espacial, abundancia y eventual acumulación de elementos y compuestos químicos en los tejidos corporales de un tipo de invertebrado, que constituye la base de la dieta trófica de depredadores tope en el área de estudio y que son adecuados bioindicadores de calidad de agua.

4.7.2. Objetivos

- Estimar la abundancia del Camarón de río (*Samastacus spinifrons*) en estaciones donde se analice calidad del agua y sedimentos.
- Medir tamaños corporales y obtener los pesos de los individuos recolectados.

● Conocer las relaciones longitud - peso en esos individuos.

● Estudiar la proporción sexual de *S. spinifrons* para cada sitio de muestreo.

● Analizar la concentración de metales pesados (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Cadmio, Plomo, Zinc, Mercurio y Arsénico) en tejidos corporales del Camarón de río (*S. spinifrons*) y del Camarón de vega (*P. nicoleti*) en base a tejido seco.

● Evaluar la concentración de compuestos orgánicos persistentes (Ácidos grasos, Ácidos resínicos, AOX y EOX) en tejidos corporales de *S. spinifrons* y *P. nicoleti*.

● Evaluar la concentración de Dioxinas y Furanos en tejidos corporales de *S. spinifrons* y *P. nicoleti*.

● Evaluar la eventual variabilidad estacional en todos los aspectos anteriores.

4.7.3. Material y métodos

4.7.3.1. Obtención de las muestras de camarones

Durante los meses de abril, mayo y junio de 2014 se procedió a realizar muestreos tendientes a recolectar camarones de río (*Samastacus spinifrons)* correspondientes a la campaña de otoño, mientras que durante los meses de octubre y noviembre de 2014 se recolectaron los camarones para la campaña de primavera.

Ambas campañas se realizaron en las siguientes ocho estaciones de muestreo: estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos), estación 2 (río Cruces, sector Rucaco), estación 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis), estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), estación 8 (río Pichoy interior), estación 10 (río Cayumapu interior), estación 12 (río Calle Calle) y estación 14 (río Angachilla) (Fig. 4.7.1 y Tabla 4.7.1).

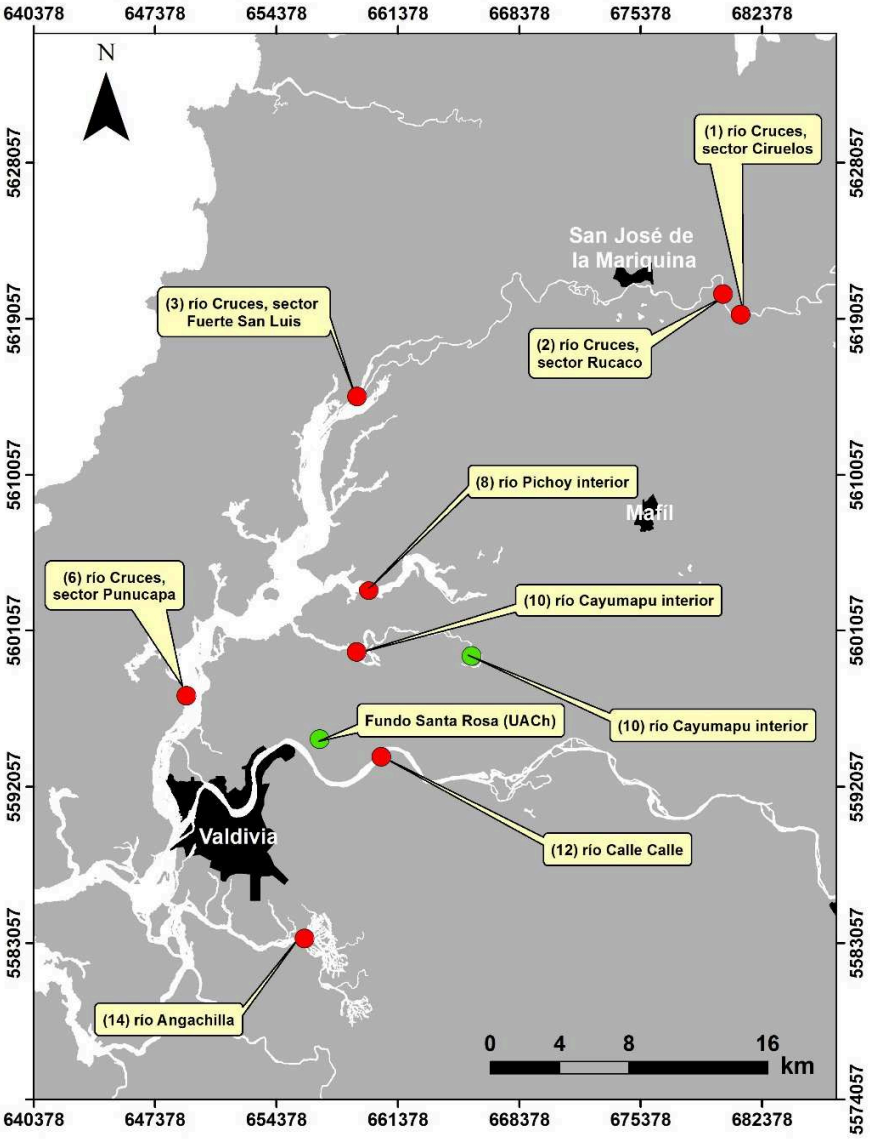


Figura 4.7.1. Ubicación de las estaciones de muestreo seleccionadas para el estudio del Camarón de río *Samastacus spinifrons* (puntos rojos). Los puntos en verde indican los sitios donde se recolectaron especímenes del Camarón de vega *Parastacus nicoleti* (ver más abajo).

La captura de *S. spinifrons* se realizó con un equipo de pesca eléctrica EFKO-Elektrofischfanggeräte GMBH, Typ FEG 1500, el cual se utilizó en áreas de cada sitio donde estuviera presente vegetación, troncos, palos o piedras, el microhábitat donde esta especie ocurre preferentemente (Rudolph, 2002b). Las capturas se realizaron durante el día, período en que estos camarones tienen menor actividad locomotriz (*cf.* Rudolph,

2010). Los muestreos se realizaron a lo largo de tres secciones aleatorias de aproximadamente 15 metros de extensión cada una; el tiempo de trabajo en cada sección fue de aproximadamente 8 minutos. Aparte de lo anterior, se realizaron muestreos adicionales (Tabla 4.7.1) con el fin de obtener un número adecuado de individuos para la estimación de las tallas corporales, relación longitud-peso y proporción sexual. La profundidad de captura no excedió el metro de profundidad; una vez capturados y recolectados, los camarones se guardaron en bolsas plásticas Ziploc para el posterior recuento y medición del tamaño de cada individuo en el laboratorio.

Durante la primera campaña (otoño) no se encontraron individuos de *Samastacus spinifrons* en la estación 10 (río Cayumapu interior), situación probablemente relacionada a la baja representatividad del microhábitat preferente de esta especie en las riberas de este río. Debido a eso y al hecho de que en las riberas del río Cayumapu hay una representatividad alta de vegas donde destaca la presencia de las chimeneas de las madrigueras del Camarón de vega *Parastacus nicoleti*, se procedió a recolectar especímenes de esta especie para análisis de concentraciones de elementos y compuestos químicos en los tejidos corporales de los mismos. Durante el muestreo de primavera, también se capturaron especímenes de *P. nicoleti* en otro sitio donde el microhábitat de esta especie está comúnmente representado: una vega ubicada al interior del Fundo Santa Rosa de la UACh (39°47'22.77"S, 73°14'5.31"O) y no conectada al humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Fig. 4.7.1). La recolección de *P. nicoleti* en esos dos sitios permitió: i) evaluar concentración de metales pesados, compuestos orgánicos persistentes, Dioxinas y Furanos en especímenes recolectados dentro y fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios y ii) comparar la presencia de los elementos y compuestos anteriormente mencionados en dos especies de camarones, que se encuentran en diferentes microhábitats.

La captura de los especímenes de *P. nicoleti* se realizó con bombas de vacío parcial, construidas artesanalmente. Estas consisten de un tubo de PVC de 8 cm de diámetro y 70

cm de largo, en cuyo interior se desliza un embolo accionado manualmente por el extractor, que por medio de succión permite extraer los camarones de terrenos semi pantanosos. Los especímenes de *P. nicoleti* recolectados durante la campaña de primavera fueron medidos de modo similar a los de *S. spinifrons*; el objetivo de tales mediciones fue realizar un análisis comparativo de las variaciones inter - sitio de los tamaños corporales de este camarón. No se midieron los especímenes recolectados durante la campaña de otoño, ya que en ese momento, el objetivo era solo recolectar especímenes para análisis químicos.

Tabla 4.7.1. Fechas de muestreos con sistema de pesca eléctrica y bomba de vacío artesanal, para obtener especímenes de *S. spinifrons* y *P. nicoleti* respectivamente (campañas de otoño y primavera). Las fechas subrayadas corresponden a aquellas utilizadas para estimar las abundancias de *S. spinifrons*. El resto corresponde a días en que se recolectaron camarones para la obtención de al menos 25 individuos por sitio para estudios de talla corporal, proporción sexual y estudios de concentraciones de elementos y compuestos químicos.

estaciones	otoño	primavera
Samastacus spinifrons		
Porción superior del río Cruces (sector límnico)		
1 (sector Ciruelos)	14-abr-14	03-oct-14
	21-abr-14	
	29-abr-14	
	17-may-14	
2 (sector Rucaco)	14-abr-14	03-oct-14
	15-abr-14	04-oct-14
	03-may-14	17-oct-14
	17-may-14	
Eje central del río Cruces (sector estuarial)		
3 (sector Fuente San Luis)	14-abr-14	23-nov-14
	15-abr-14	
6 (sector Punucapa)	17-abr-14	09-oct-14
	25-abr-14	16-oct-14
	16-may-14	
	20-may-14	
	01-jun-14	
	02-jun-14	
	03-jun-14	
	04-jun-14	
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)		
8 (río Pichoy interior)	16-abr-14	08-oct-14
	27-abr-14	16-oct-14
	05-may-14	
	07-may-14	
	01-jun-14	
	02-jun-14	
	03-jun-14	
	04-jun-14	

Continuación **Tabla 4.7.1**

Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios	**otoño**	**primavera**
12 (río Calle Calle)	17-abr-14	19-oct-14
	25-abr-14	
	02-may-14	
	14-may-14	
14 (río Angachilla)	17-abr-14	09-nov-14
	26-abr-14	
Parastacus nicoleti		
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)		
10 (río Cayumapu interior)	16-may-14	10-oct-14
Fundo Santa Rosa (UACh)		16-oct-14

4.7.3.2. Estimaciones de abundancia de *Samastacus spinifrons*

La abundancia de *S. spinifrons* se estimó en base a unidad de esfuerzo, la que en este estudio fue aproximadamente 24 minutos por muestra o trabajo con el sistema de pesca eléctrica. Los datos de abundancia se expresan en promedio ± 1 desviación estándar.

4.7.3.3. Relaciones longitud - peso en *Samastacus spinifrons*

Los camarones se midieron y pesaron (peso húmedo, 0,01 g de precisión) para analizar las relaciones longitud – peso en cada sitio. Se midió la longitud del cefalotórax, distancia comprendida entre el extremo anterior y posterior del cefalotórax (Fig. 4.7.2). Se estimaron los valores de a y b de la relación longitud - peso ($W=aL^b$, donde W es el peso total en gramos y L la longitud del cefalotórax en cm) (Froese, 2006), mediante regresión lineal previa linealización de la ecuación con logaritmo.

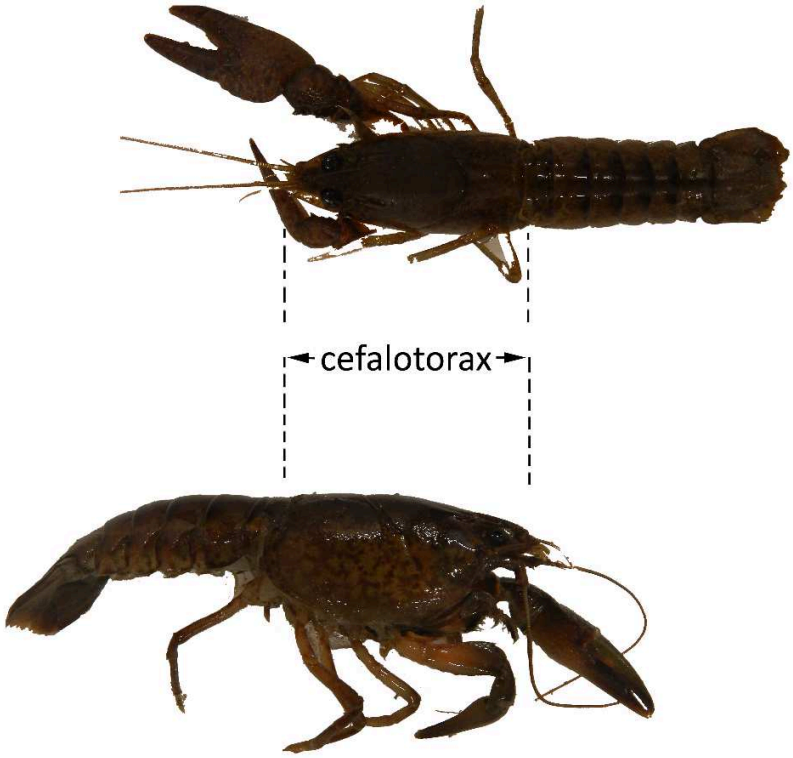


Figura 4.7.2. Mediciones de longitud realizadas en los especímenes de camarones recolectados en este estudio. Los esquemas aquí mostrados no corresponden a ninguna de las especies estudiadas y solo se usan para indicar la medida de talla corporal analizada.

4.7.3.4. Tallas corporales

Los valores de tamaño corporal (*i.e.*, longitud de cefalotórax) se utilizaron para construir histogramas de clases de talla para cada especie y sitio de muestreo.

4.7.3.5. Proporción sexual de *Samastacus spinifrons*

Luego de ser medidos y pesados, los especímenes de *S. spinifrons* fueron sexados a través de la observación en lupa (10x) de los órganos sexuales, para así estimar proporción machos: hembras.

4.7.3.6. Análisis estadísticos

Con el fin de evaluar eventuales diferencias de abundancia entre estaciones de muestreo y campañas, se realizó un ANDEVA Factorial. Esto con el objetivo de evaluar si la abundancia (variable dependiente) varía significativamente entre estaciones y campañas. Los análisis se realizaron con los datos de abundancia transformados a log(x+1) y con ayuda del paquete estadístico STATISTICA 7.0 StatSoft, Inc.

4.7.3.7. Análisis de elementos y compuestos químicos

Debido a la necesidad de contar con una biomasa adecuada para realizar los análisis químicos, se trabajó con ejemplares completos de camarones. Los ejemplares fueron lavados con abundante agua desionizada, se sonicaron para eliminar los restos de sedimento que pudieran haber quedado adheridos a los camarones y luego se secaron por liofilización y se pulverizaron. Las muestras así preparadas para análisis de metales pesados (*i.e.,* Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) se atacaron mediante una digestión ácida en microondas y posteriormente se analizaron por Espectroscopia de Absorción Atómica de Llama. Debido a su baja concentración en esta matriz, el Plomo se analizó por ICP-MS y/o Espectroscopia de Absorción Atómica con horno de grafito.

Las muestras para análisis de AOX y EOX se analizaron mediante titulación microcoulombimétrica (Norma Europea EN ISO 9562 y EN 1485, respectivamente), luego de la adsorción de los compuestos halogenados en carbón activado y extracción con un solvente, respectivamente.

Las muestras para análisis de Dioxinas y Furanos fueron analizadas en el laboratorio Marschwood Scientific Service en Inglaterra, mediante Cromatografía Gaseosa de Alta Resolución-Espectrometría de Masa de Alta Resolución (HRGC-HRMS), de acuerdo al método EPA 1613.

Análisis estadístico

Con el fin de evaluar eventuales diferencias entre estaciones de muestreo y campañas, en las concentraciones de los compuestos químicos presentes en los tejidos de *Samastacus spinifrons*, se realizó un ANDEVA Factorial. Esto con el objetivo de evaluar si las concentraciones (variable dependiente) varían significativamente entre estaciones y campañas.

Para estos análisis se definieron dos factores dependientes; (1) Campaña, la cual se divide en campaña de otoño y campaña de primavera y (2) Sectores, los cuales están predefinidos para el área de estudio; *i.e.*, L = sector límnico, donde se incluyen las estaciones 1 y 2 (río Cruces, sectores Ciruelos y Rucaco), EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, donde se incluyen la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, donde se incluyen las estaciones 8 y 10 (ríos Pichoy y Cayumapu), y F =sector estuarial, fuera del humedal río Cruces, donde se incluye la estación 12 (río Calle Calle).

4.7.3.8. Búsqueda de referencias para comparaciones químicas

Se realizó una búsqueda bibliográfica acerca de las concentraciones de los mismos elementos y compuestos químicos estudiados mencionados más arriba y que hayan sido analizados en otras especies de crustáceos del Orden Decápoda. Aun cuando las referencias encontradas no corresponden a las especies aquí estudiadas ni tampoco a especies congenéricas de las mismas, esas referencias permitieron establecer rangos comparativos de concentraciones en los elementos y compuestos químicos aquí estudiados.

Entre esas referencias están aquellas incluidas en el PROMNA CFI Nueva Aldea (Programa de Monitoreo del Medio Ambiente Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea), donde se recolectaron crustáceos de agua de mar y que incluye muestreos realizados en la costa de la Región del Bio Bio, entre Cobquecura por el norte y Dichato

por el sur (*ca.* 36-37ºS). Esos muestreos (n = 35) se realizaron cada tres meses entre los años 2006 y 2014 e incluyen 16 estaciones submareales y 10 intermareales en la costa arriba mencionada.

4.7.4. Resultados

4.7.4.1. Abundancias de *Samastacus spinifrons*

La Tabla 4.7.2 muestra las abundancias de *S. spinifrons* en el área de estudio. Durante la campaña de otoño no se recolectaron camarones de esta especie en las estaciones 10 y 14 (río Cayumapu interior y río Angachilla, respectivamente); las abundancias más altas se encontraron en las estaciones 2, 3 y 8 (río Cruces, sectores Rucaco y Fuerte San Luis y río Pichoy interior, respectivamente). Durante la campaña de primavera, no se detectó la presencia de camarones en las estaciones 3, 10 y 14 (río Cruces, sector Fuerte San Luis, río Cayumapu interior y río Angachilla, respectivamente), mientras que las mayores abundancias ocurrieron en el río Cruces, sector Punucapa y en el río Calle Calle (estaciones 6 y 12, respectivamente).

Tabla 4.7.2. Número de individuos de *Samastacus spinifrons* recolectados en cada réplica de cada estación para las campañas de otoño y primavera. Promedio más desviación estándar en paréntesis.

estaciones	otoño				primavera			
	1	**2**	**3**	**promedio**	**1**	**2**	**3**	**promedio**
Porción superior del río Cruces (sector límnico)								
1 (sector Ciruelos)	6	10	4	6,7 (3,1)	7	3	7	5,7 (2,3)
2 (sector Rucaco)	14	8	10	10,7 (3,1)	2	8	4	4,7 (3,1)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)								
3 (sector Fuerte San Luis)	15	4	9	9,3 (5,5)	0	0	0	0
6 (sector Punucapa)	12	11	1	8,0 (6,1)	12	3	12	9,0 (5,5)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)								
8 (río Pichoy interior)	9	12	7	9,3 (2,5)	4	8	6	6,0 (2,0)
10 (río Cayumapu interior)	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios								
12 (río Calle Calle)	0	0	3	1,0 (1,7)	9	13	4	8,7 (4,5)
14 (río Angachilla)	0	0	0	0	0	0	0	0

Los resultados del ANDEVA Factorial (Tabla 4.7.3) muestran que de forma independiente, no se detectaron diferencias significativas ($p>0,05$) en las abundancias de *S. spinifrons* al comparar estaciones de muestreo por campaña y campañas para la misma estación; sin embargo, sí se detectó una interacción significativa entre estos factores ($p= 0,012070$).

Posteriormente se realizó un test LSD de Fisher para evaluar si las abundancias de cada estación difirieron significativamente entre campañas. Los resultados muestran que sólo se detectaron diferencias significativas ($p= 0,001579$) en las abundancias del camarón de río en la estación 12 ubicada en el río Calle Calle (mayores abundancias en primavera).

Tabla 4.7.3. Análisis de varianza factorial. Los factores son Estación (río Cruces, sectores Ciruelos, Rucaco, Punucapa y ríos Pichoy y Calle Calle) y Campaña (otoño y primavera). MC= Media cuadrática. El valor de p en negrilla es significativo.

	Grados de libertad	MC	F	p
Estación	4	0,11826	1,8826	0,152927
Campaña	1	0,02360	0,3757	0,546797
Estación*Campaña	4	0,26614	4,2366	**0,012070**
Error	20	0,06282		

4.7.4.2. Tallas corporales de *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti*

La Tabla 4.7.4 muestra la variabilidad en el rango, promedio y moda de los valores de tallas corporales de *S. spinifrons* y *P. nicoleti* en el área de estudio. Las Figuras 4.7.3 a 4.7.9 muestran las distribuciones de los tamaños de los camarones (*i.e.,* longitud cefalotorácica) recolectados en cada sitio de estudio.

Samastacus spinifrons

Durante la campaña de otoño, el tamaño corporal de *S. spinifrons* a través del área de estudio varió entre 1,1 y 4,6 cm (Tabla 4.7.4); los animales más grandes (longitud cefalotorácica > 4 cm y considerando rangos, promedios y modas) se recolectaron en las estaciones 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis), 8 (río Pichoy interior) y 12 (río Calle Calle), siendo esta última donde se observó la mayor talla (4,6 cm) (Fig. 4.7.8). Los animales más pequeños (longitud cefalotorácica < 2 cm) estuvieron mejor representados en las muestras recolectadas en las estaciones 1, 2 y 6 (río Cruces, sectores: Ciruelos, Rucaco y Punucapa) (Fig. 4.7.3, 4.7.4 y 4.7.6).

Durante la campaña de primavera, el tamaño corporal del camarón de río varió entre 0,8 y 5,1 cm (Tabla 4.7.4); los animales más grandes (longitud cefalotorácica > 4 cm y considerando rangos, promedios y modas) se recolectaron en la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa) y 8 (río Pichoy interior). Las estaciones 2 y 12 (río Cruces, sector Rucaco

y río Calle Calle), fueron las que presentaron el mayor porcentaje de individuos pequeños (longitud cefalotorácica < 2 cm), con un 35,3% y 26,2% respectivamente de camarones juveniles (Fig. 4.7.4 y 4.7.8).

Parastacus nicoleti

Durante la campaña primaveral se capturaron especímenes de esta especie en las riberas de los ríos Cayumapu y en el Fundo Santa Rosa de la UACh. El número de especímenes recolectados en cada uno de esos sectores fue 22 y 19 camarones, respectivamente; con tamaños similares en ambas estaciones de muestreo (considerando rangos, promedios y modas) (*cf.* Tabla 4.7.4 y Fig. 4.7.9).

Tabla 4.7.4. Rangos, media y moda de los valores de tallas corporales (valores en cm) de *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti*.

sitios	campaña de otoño			campaña de primavera		
	rango	media	moda	rango	media	moda
Samastacus spinifrons						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	1,2 - 3,0	2,2	2,5	0,8 - 3,4	2,0	1,9
2 (sector Rucaco)	1,3 - 4,2	2,2	2,1	1,4 - 3,9	2,2	1,6
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	1,4 - 4,1	2,6	2,8			
6 (sector Punucapa)	1,1 - 3,7	2,2	1,5	0,8 - 5,1	2,1	1,7
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	1,2 - 4,3	2,7	2,5	0,8 - 3,6	2,5	2,7
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	1,2 - 4,6	2,9	3,1	1,1 - 3,9	2,2	1,7
Parastacus nicoleti						
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
10 (río Cayumapu interior)				1,1 - 4,4	3,4	4,0
Fundo Santa Rosa UACh				1,7 - 4,4	3,0	3,9

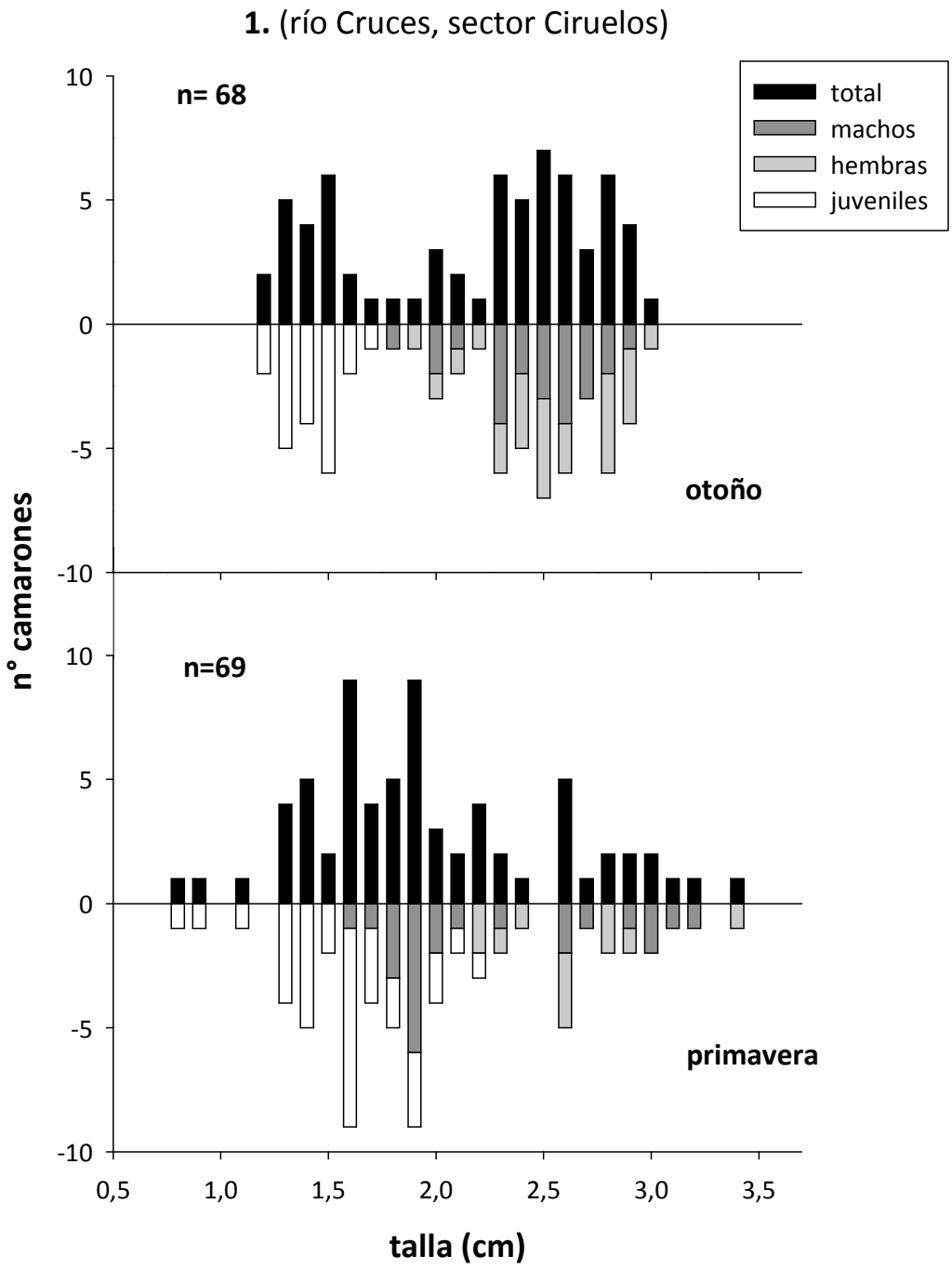


Figura 4.7.3. Distribución de tallas corporales de *S. spinifrons* en la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) durante las campañas de otoño y primavera. Nótese que los histogramas representan el número total de individuos recolectados (n), además del número de machos, hembras y juveniles.

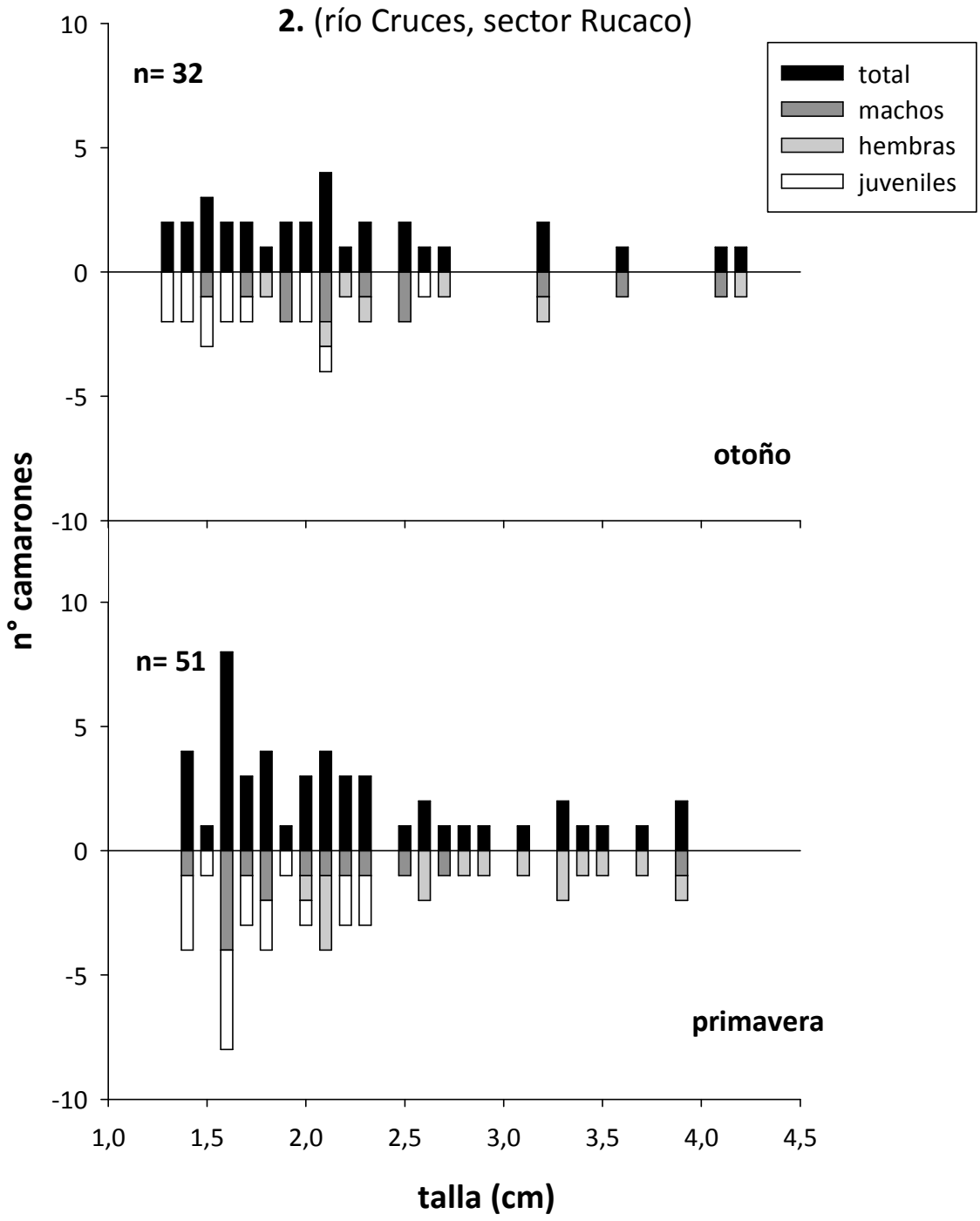


Figura 4.7.4. Distribución de tallas corporales de *S. spinifrons* en la estación 2 (río Cruces, sector Rucaco) durante las campañas de otoño y primavera. Nótese que los histogramas representan el número total de individuos recolectados (n), además del número de machos, hembras y juveniles.

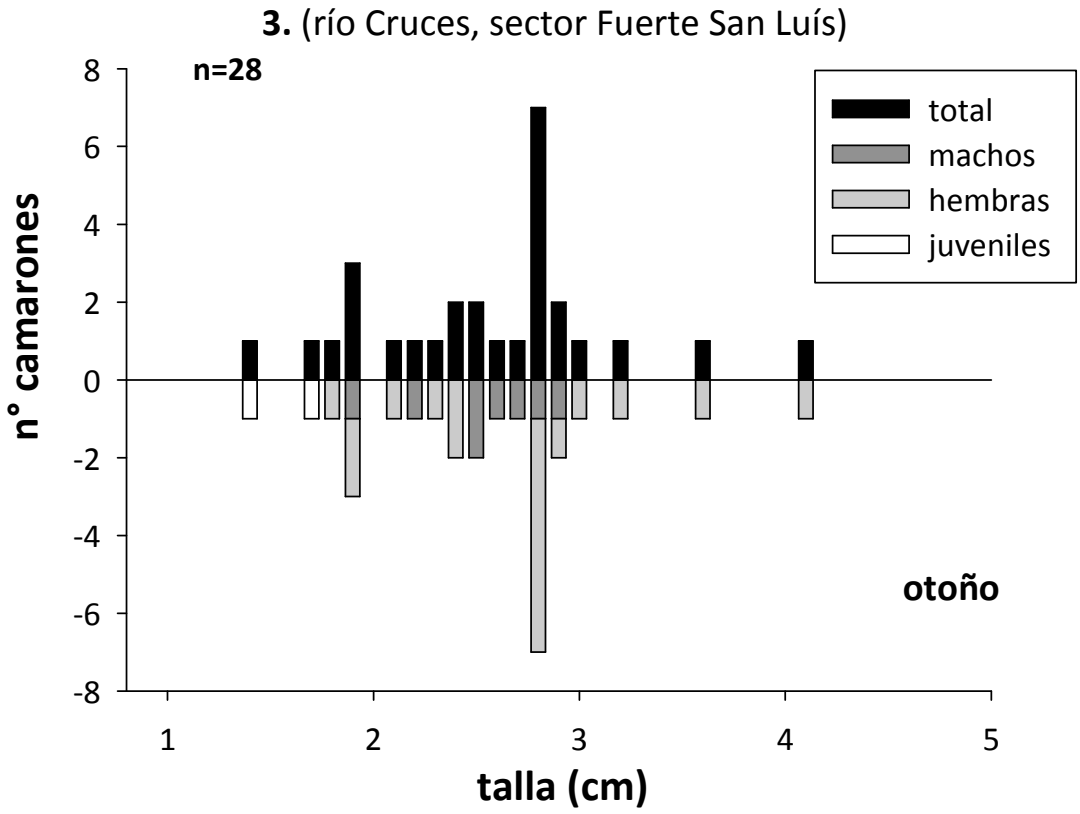


Figura 4.7.5. Distribución de tallas corporales de *S. spinifrons* en la estación 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis) durante la campaña de otoño. Nótese que los histogramas representan el número total de individuos recolectados (n), además del número de machos, hembras y juveniles.

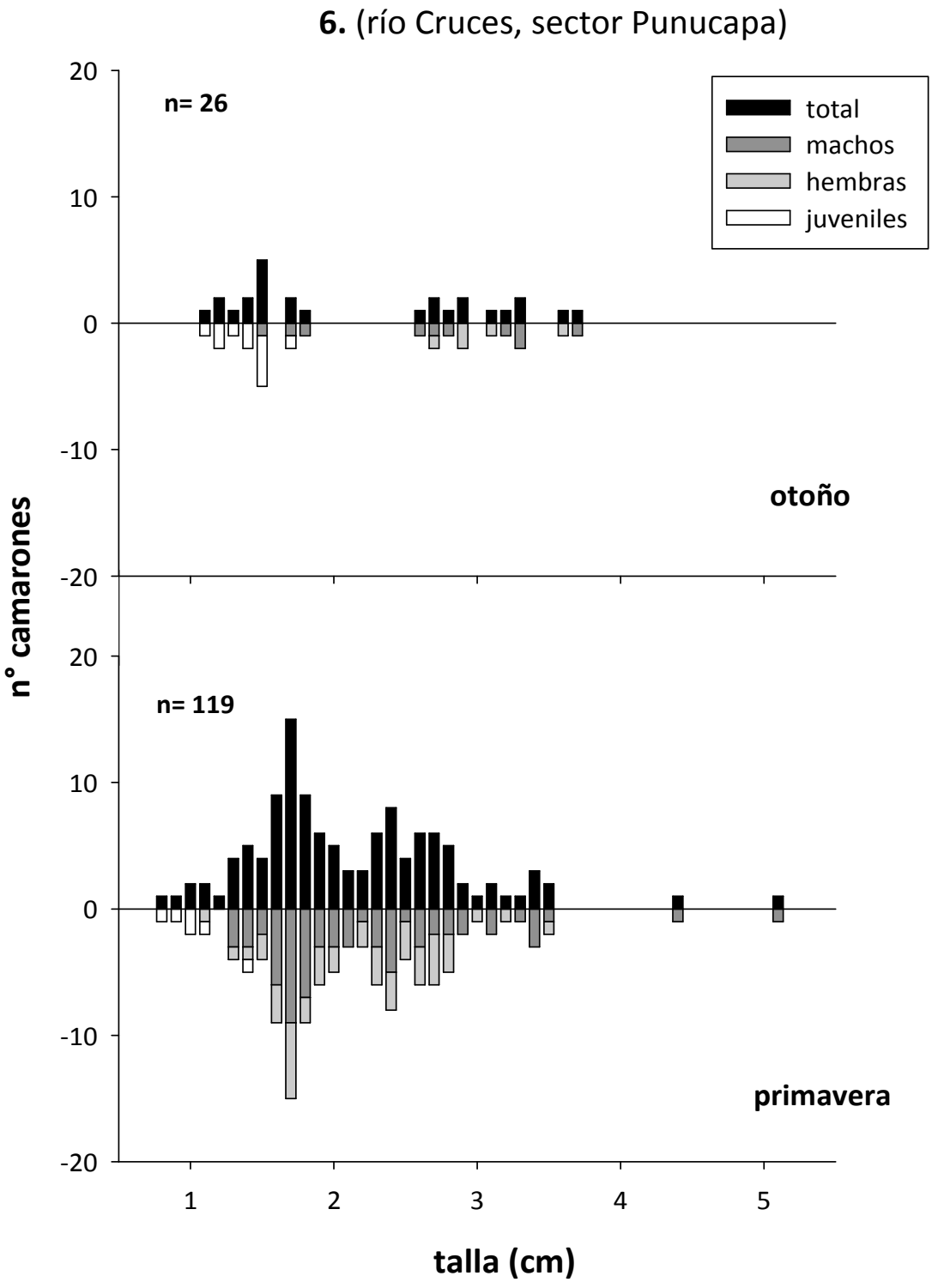


Figura 4.7.6. Distribución de tallas corporales de *S. spinifrons* en la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa) durante las campañas de otoño y primavera. Nótese que los histogramas representan el número total de individuos recolectados (n), además del número de machos, hembras y juveniles.

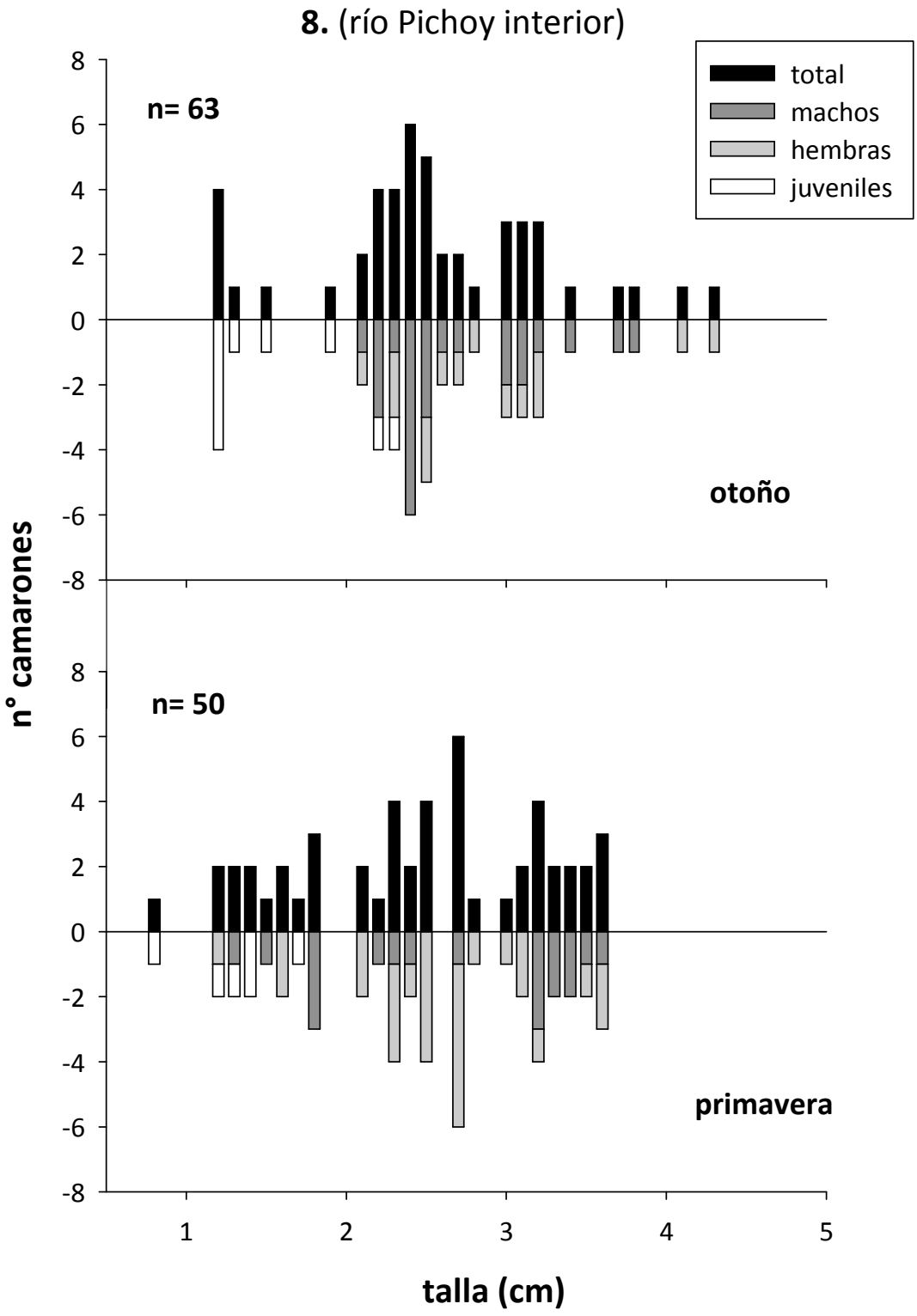


Figura 4.7.7. Distribución de tallas corporales de *S. spinifrons* en la estación 8 (río Pichoy interior) durante las campañas de otoño y primavera. Nótese que los histogramas representan el número total de individuos recolectados (n), además del número de machos, hembras y juveniles.

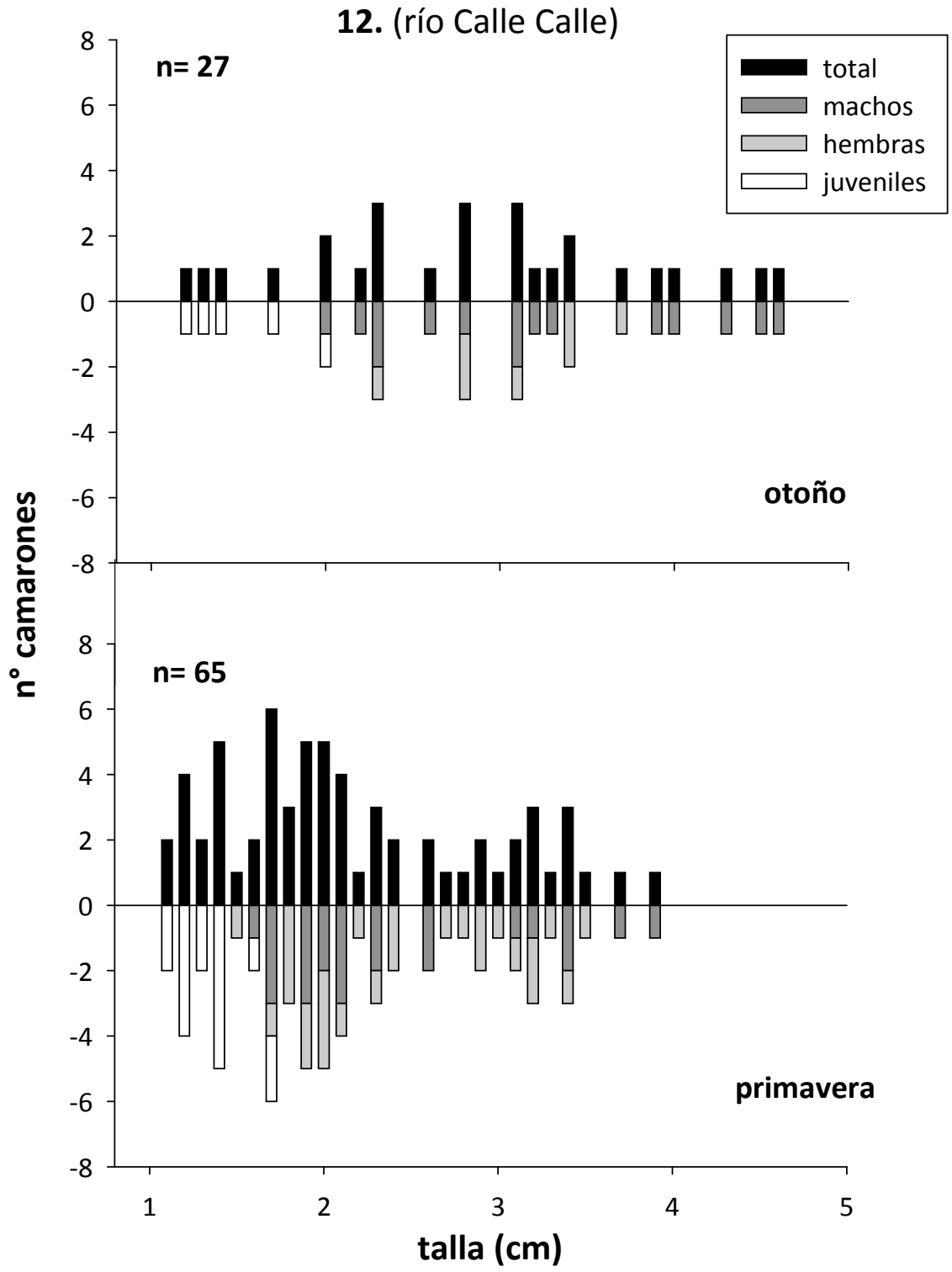


Figura 4.7.8. Distribución de tallas corporales de *S. spinifrons* en la estación 12 (río Calle Calle) durante las campañas de otoño y primavera. Nótese que los histogramas representan el número total de individuos recolectados (n), además del número de machos, hembras y juveniles.

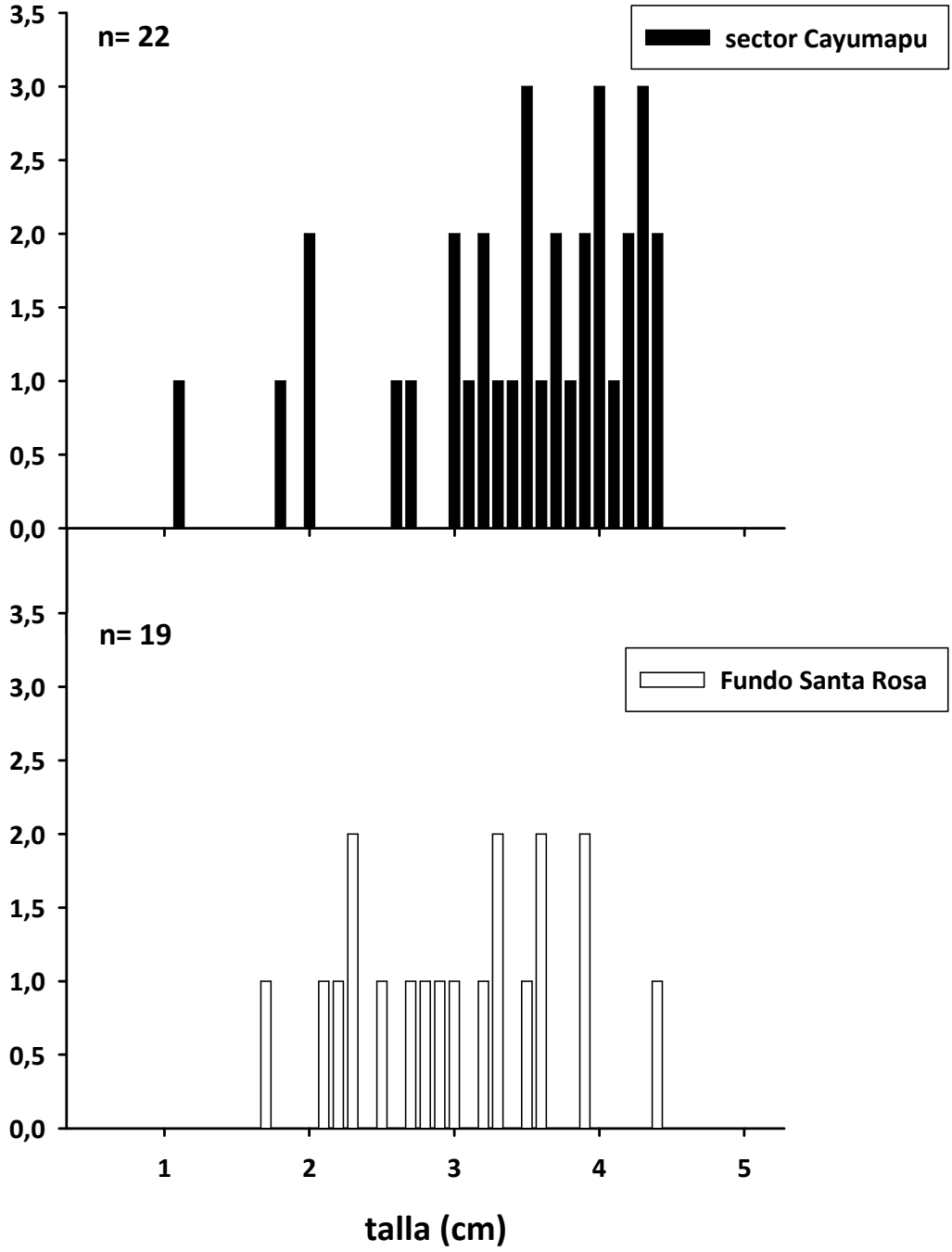


Figura 4.7.9. Distribución de tallas corporales de *Parastacus nicoleti* en los ríos Cayumapu y Fundo Santa Rosa. n= número de individuos.

4.7.4.3. Relaciones longitud-peso en *Samastacus spinifrons*

La Tabla 4.7.5 muestra los valores de intercepto (a), pendiente (b) y coeficiente de determinación (R^2) de la relación longitud - peso para *S. spinifrons*. Se observa que para ambas campañas, la relación longitud - peso es bastante homogénea, mostrando leves diferencias en algunas estaciones (*e.g.,* el caso de la estación 1 río Cruces, sector Ciruelos).

Tabla 4.7.5. Parámetros de la relación entre longitud y peso (a y b) para *S. spinifrons* en las distintas estaciones y durante las campañas de otoño y primavera. a y b son los valores de intercepto y pendiente respectivamente, a la vez que R^2 es el coeficiente de determinación. Durante el muestreo de primavera, no se encontraron camarones en la estación 3 (sector Fuerte San Luis).

estaciones			***S. spinifrons***	
Porción superior del río Cruces (sector límnico)			**otoño**	**primavera**
		a	0,24	0,397
1 (sector Ciruelos)	$\mathbf{W=aL^b}$	b	3,172	2,572
		R^2	0,946	0,848
		a	0,251	0,292
2 (sector Rucaco)	$\mathbf{W=aL^b}$	b	2,961	2,969
		R^2	0,896	0,926
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
		a	0,281	
3 (sector Fuerte San Luís)	$\mathbf{W=aL^b}$	b	2,885	
		R^2	0,953	
		a	0,213	0,303
6 (sector Punucapa)	$\mathbf{W=aL^b}$	b	3,154	2,832
		R^2	0,993	0,972
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
		a	0,22	0,331
8 (río Pichoy interior)	$\mathbf{W=aL^b}$	b	3,08	2,788
		R^2	0,969	0,952
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
		a	0,178	0,288
12 (río Calle Calle)	$\mathbf{W=aL^b}$	b	3,325	2,837
		R^2	0,988	0,953

4.7.4.4. Proporción sexual de *Samastacus spinifrons*

Durante la campaña de otoño, el 38,5% del total de camarones recolectados (244) en el área de estudio correspondió a machos, a la vez que un 37,3% y 24,2% correspondió a hembras y juveniles, respectivamente. Durante la campaña de primavera, los porcentajes de machos, hembras y juveniles fueron 41,8%, 35,3% y 22,8%, respectivamente. Los juveniles son individuos a los cuales por su escaso desarrollo en sus órganos sexuales, no fue posible identificar el sexo de los mismos.

Tabla 4.7.6. Proporción sexual de los especímenes de *S. spinifrons* recolectados en los sitios de estudio para las campañas de otoño y primavera. M: machos, H: hembras; J: juveniles.

estaciones	campaña	N° total	M (%)	H (%)	M/H	J (%)
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	**otoño**	68	36,8	35,3	1,0	27,9
	primavera	69	34,8	49,3	0,7	15,9
2 (sector Rucaco)	**otoño**	32	37,5	21,9	1,7	40,6
	primavera	51	35,3	29,4	1,2	35,3
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
3 (sector Fuerte San Luis)	**otoño**	28	28,6	64,3	0,4	7,1
	primavera					
6 (sector Punucapa)	**otoño**	26	38,5	19,2	2,0	42,3
	primavera	119	56,3	38,7	1,5	5,0
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	**otoño**	63	38,1	47,6	0,8	14,3
	primavera	50	36,0	52,0	0,7	12,0
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	**otoño**	27	55,6	25,9	2,1	18,5
	primavera	65	32,3	41,5	0,8	26,2

4.7.4.5. Elementos y compuestos químicos

Metales pesados

Las Tablas 4.7.7 a 4.7.9 y Figuras 4.7.10 a 4.7.17, muestran la concentración de metales pesados en ejemplares completos de *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti* recolectados durante las campañas de otoño y primavera del año 2014.

Samastacus spinifrons

Los metales pesados más representados en *Samastacus spinifrons* (*i.e.,* mayores concentraciones) fueron Hierro, Aluminio y Manganeso, respectivamente (Tabla 4.7.7). En general, las concentraciones de Hierro y Aluminio presentaron escasa variabilidad durante ambas campañas, a excepción de la estación 8 (río Pichoy) que presentó un claro aumento en las concentraciones durante la campaña de la primavera. Para el caso del Manganeso, las concentraciones se mantuvieron bastante homogéneas durante ambas campañas.

Las concentraciones de Cobre y Plomo fueron más altas durante la campaña de primavera; el Zinc presentó el mismo patrón, con excepción de la estación 8 (río Pichoy), donde este metal apareció en menor concentración en esta campaña (Tabla 4.7.8). Las concentraciones de los metales recién mencionados se detectaron en camarones de las estaciones 8 y 12 (río Pichoy y río Calle Calle).

El Cadmio sólo se detectó durante la campaña de otoño en tres estaciones (río Cruces, sectores Ciruelos y Punucapa y río Calle Calle), mientras que en la campaña de primavera se detectó en dos (río Cruces, sector Punucapa; río Calle Calle); las concentraciones de este metal fueron más bajas en otoño (Tabla 4.7.9). Excluyendo la estación 12 (río Calle Calle), las concentraciones de Mercurio no muestran mayor variabilidad entre campañas. El Arsénico no fue detectado en ninguna de las muestras de camarones analizadas (Tabla 4.7.9).

Parastacus nicoleti

En general, los metales pesados más representados en *Parastacus nicoleti* (*i.e.*, mayores concentraciones) fueron Hierro, Aluminio y Manganeso, respectivamente (Tabla 4.7.7). Para prácticamente todos los metales pesados, las concentraciones fueron más altas en especímenes recolectados durante la campaña de otoño (Tablas 4.7.7 a 4.7.9 y Fig. 4.7.10 a 4.7. 17).

La Figura 4.7.11 muestra que durante ambas campañas, las concentraciones de Hierro en *Parastacus nicoleti* fueron más altas que las medidas en *Samastacus spinifrons* (aproximadamente 3 – 4 veces más altas); durante la campaña de primavera las concentraciones de Cadmio fueron también más altas en *Parastacus nicoleti* (Fig. 4.7.16) (aproximadamente dos veces más altas que la concentración más alta medida en *Samastacus spinifrons*).

Tabla 4.7.7. Concentración de Hierro, Aluminio y Manganeso en tejidos de camarones. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores se han aproximado a un decimal. SM= sin muestra.

estación	Hierro (µg g^{-1})		Aluminio (µg g^{-1})		Manganeso (µg g^{-1})	
Samastacus spinifrons	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	418,6 (14,9)	530,3 (7,0)	354,3 (13,9)	353,4 (3,2)	283,5 (0,4)	297,0 (3,4)
2 (sector Rucaco)	599,4 (30,6)	537,0 (9,7)	431,6 (10,5)	401,8 (34,0)	378,5 (0,1)	249,0 (9,3)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
6 (sector Punucapa)	505,9 (6,4)	625,6 (57,9)	275,1 (12,9)	308,9 (17,7)	84,7 (2,5)	227,6 (13,2)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	553,4 (9,7)	2658,5 (46,1)	442,2 (23,9)	715,1 (16,2)	657,9 (5,9)	597,8 (2,6)
Fuera del humedal del río Cruces (sector estuarial)						
12 (río Calle Calle)	619,1 (15,4)	563,8 (58,3)	275,5 (3,1)	375,5 (21,8)	261,1 (20,9)	241,6 (11,0)
Parastacus nicoleti						
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
10 (río Cayumapu interior)	7732,0 (64,7)	4651,7 (112,8)	2240,2 (71,8)	1466,8 (81,5)	441,8 (5,6)	121,2 (4,3)
Fundo Santa Rosa	SM	8290,2 (438,3)	SM	1528,3 (91,5)	SM	77,4 (3,1)

Tabla 4.7.8. Concentración de Cobre, Zinc y Plomo en tejidos de camarones. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores se han aproximados a un decimal. SM= sin muestra.

estación	Cobre (µg g^{-1})		Zinc (µg g^{-1})		Plomo (µg g^{-1})	
Samastacus spinifrons	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	66,53 (1,5)	67,52 (0,0)	95,33 (2,0)	98,14 (0,0)	0,03 (0,0)	0,06 (0,0)
2 (sector Rucaco)	54,83 (2,7)	67,73 (2,9)	90,90 (3,5)	98,98 (3,9)	0,06 (0,0)	0,64 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
6 (sector Punucapa)	73,60 (2,8)	106,43 (2,7)	94,79 (2,7)	102,46 (2,9)	0,05 (0,0)	0,09 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	116,18 (0,8)	115,41 (5,3)	141,92 (1,9)	107,67 (5,5)	0,10 (0,0)	0,18 (0,0)
Fuera del humedal del río Cruces (sector estuarial)						
12 (río Calle Calle)	128,81 (7,9)	163,80 (4,5)	114,98 (3,3)	121,86 (1,2)	0,20 (0,0)	0,58 (0,3)
Parastacus nicoleti						
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
10 (río Cayumapu interior)	189,73 (14,2)	136,01 (8,1)	126,64 (2,7)	111,66 (5,9)	0,34 (0,0)	0,35 (0,0)
Fundo Santa Rosa	SM	130,93 (7,5)	SM	112,71 (5,6)	SM	0,28 (0,0)

Tabla 4.7.9. Concentración de Cadmio, Arsénico y Mercurio en tejidos de camarones. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. SM= sin muestra, ND= no detectado (bajo los límites de detección).

estación	Cadmio (µg g^{-1})		Arsénico (µg g^{-1})		Mercurio (µg g^{-1})	
Samastacus spinifrons	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	0,21 (0,0)	ND	ND	ND	0,08 (0,0)	0,09 (0,0)
2 (sector Rucaco)	ND	ND	ND	ND	0,08 (0,0)	0,08 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
6 (sector Punucapa)	0,24 (0,0)	0,33 (0,0)	ND	ND	0,03 (0,0)	0,04 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	ND	ND	ND	ND	0,05 (0,0)	0,04 (0,0)
Fuera del humedal del río Cruces (sector estuarial)						
12 (río Calle Calle)	0,37 (0,0)	0,41 (0,0)	ND	ND	1,19 (0,0)	0,08 (0,0)
Parastacus nicoleti **Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)**						
10 (río Cayumapu interior)	1,03 (0,0)	0,91 (0,1)	ND	ND	0,04 (0,0)	0,05 (0,0)
Fundo Santa Rosa	SM	0,40 (0,0)	SM	ND	SM	0,09 (0,0)

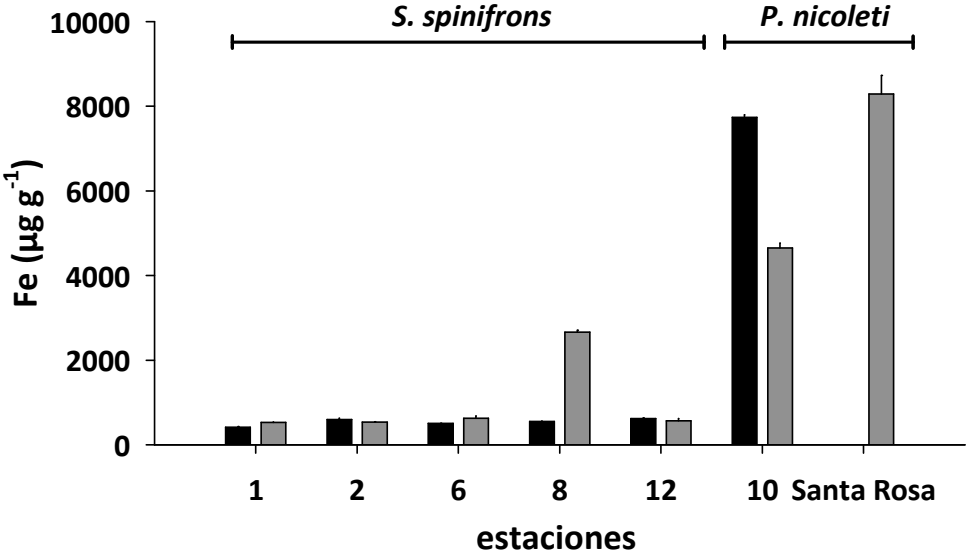


Figura 4.7.10. Concentración de Hierro en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

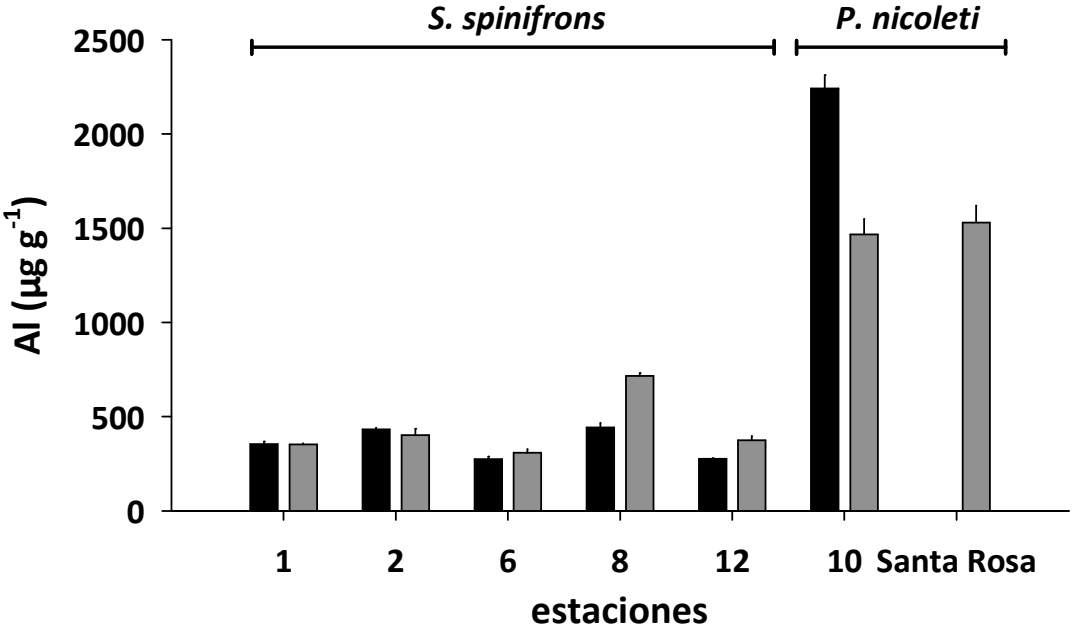


Figura 4.7.11. Concentración de Aluminio en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

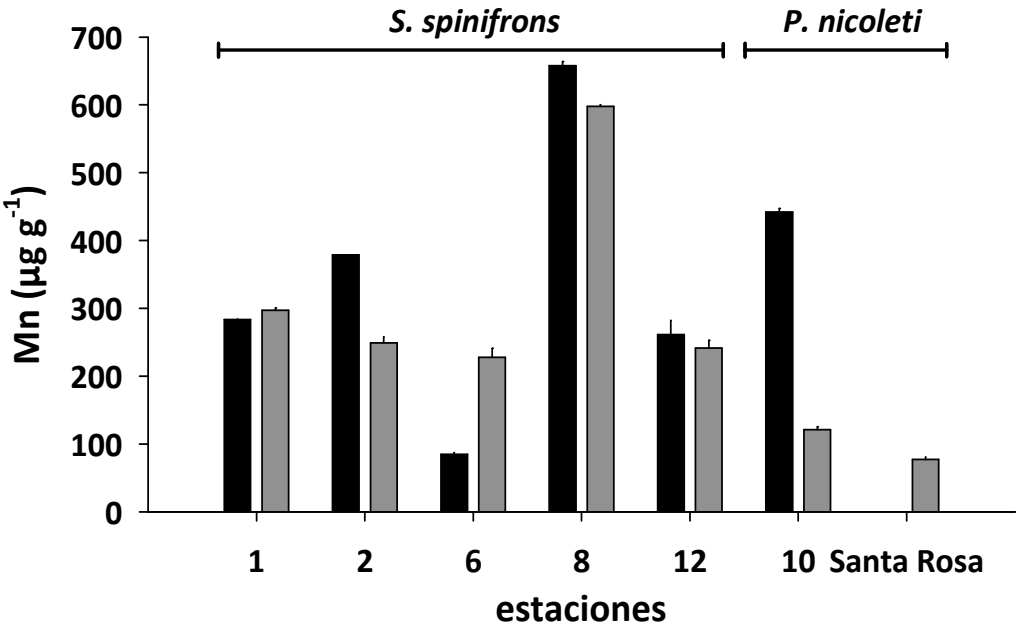


Figura 4.7.12. Concentración de Manganeso en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

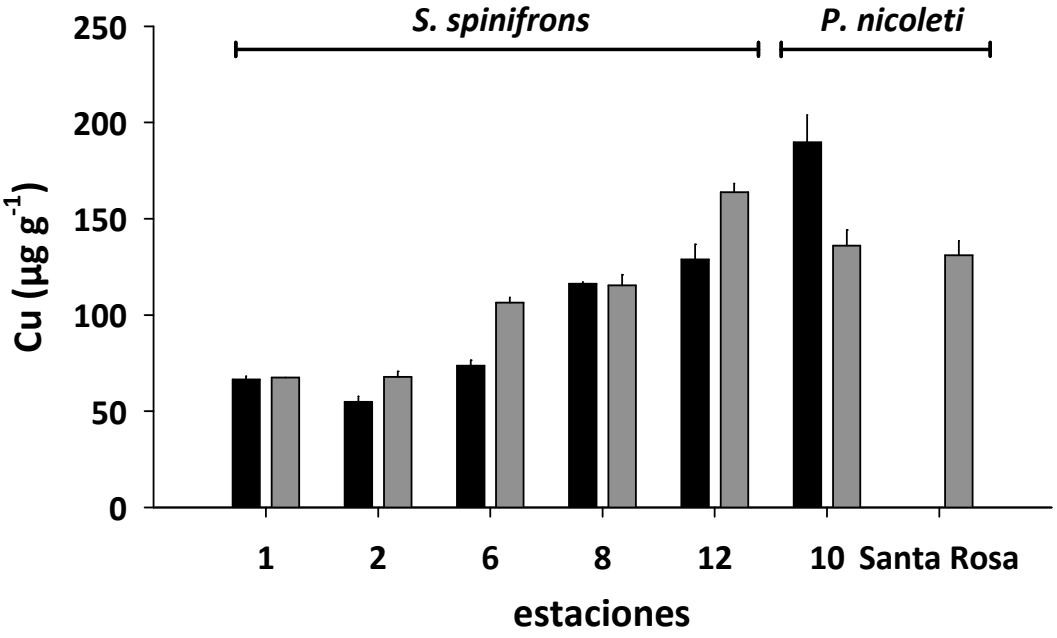


Figura 4.7.13. Concentración de Cobre en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

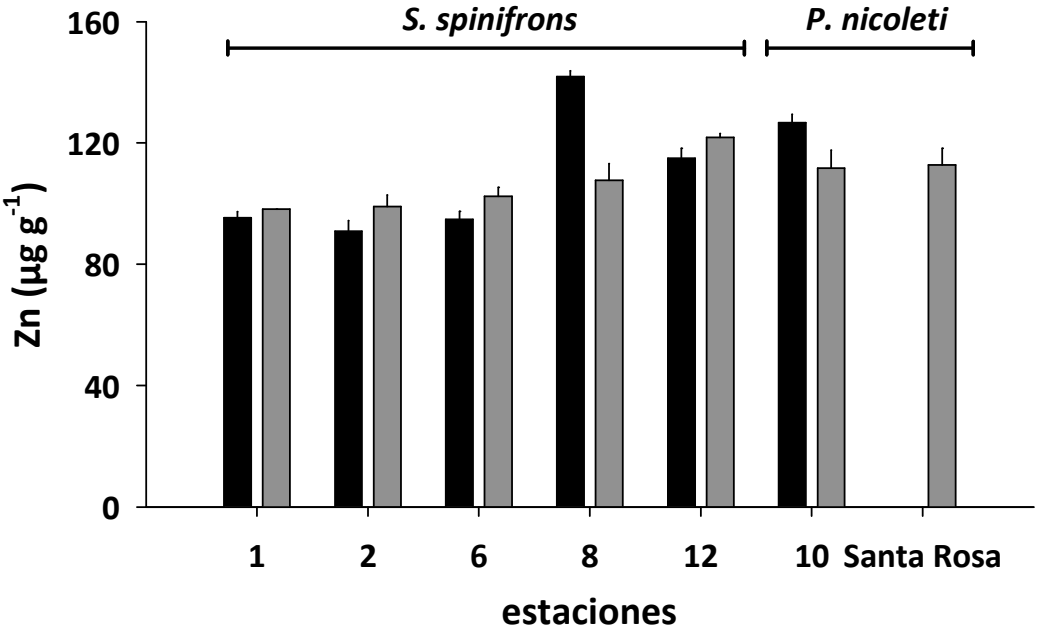


Figura 4.7.14. Concentración de Zinc en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

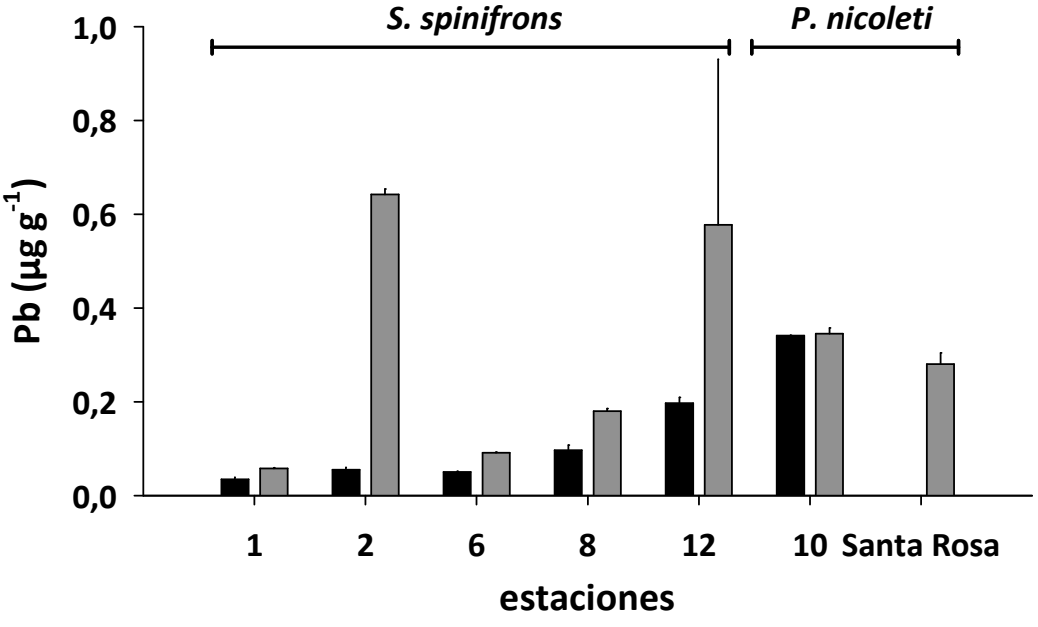


Figura 4.7.15. Concentración de Plomo en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

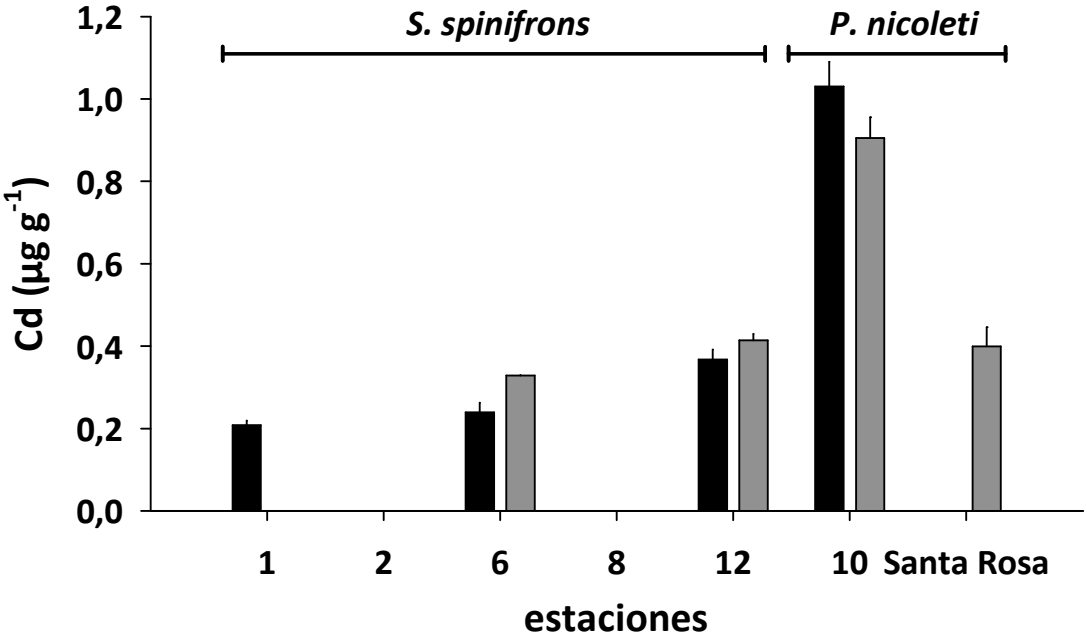


Figura 4.7.16. Concentración de Cadmio en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

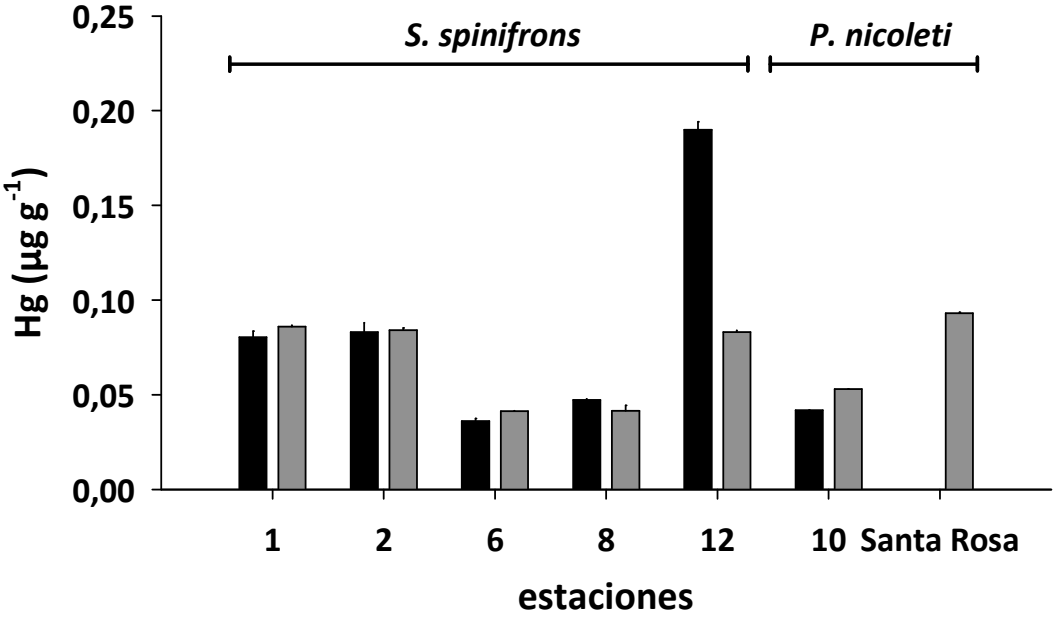


Figura 4.7.17. Concentración de Mercurio en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Análisis estadísticos

Las concentraciones de Arsénico en tejidos de *Samastacus spinifrons* estuvieron bajo el límite de detección de la técnica. A su vez, el Cadmio no fue detectado en camarones de algunas estaciones (Tabla 4.7.9).

El Hierro, Aluminio, Cobre y Plomo, presentaron las mayores concentraciones durante la campaña de primavera, mientras que el Zinc y el Mercurio durante otoño (Tabla 4.7.10). En términos espaciales, se observa que todos los metales pesados, presentaron diferencias significativas en relación al Sector. En general, se encontraron las mayores concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso y Zinc en los ríos tributarios del humedal (sector estuarial). Para el caso del Cobre y Mercurio, las mayores concentraciones se detectaron en camarones recolectados fuera del humedal del río Cruces.

Por otro lado, para todos los metales, la interacción Campaña * Sector (CxS) es significativa, por lo que se debe tener cautela en la interpretación de los resultados más arriba mencionados.

Tabla 4.7.10. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Pb y Hg en ejemplares completos de *Samastacus spinifrons*, entre los factores principales campañas (primavera y otoño de 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos sección 4.7.3.7. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción CxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Fe	Campaña (C)	1	984570	1375481	381,66	**0,000**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	3582616	1194205	331,36	**0,000**	T > EE = F = L
	Campaña x Sector (CxS)	3	3465673	1155224	320,55	**0,000**	
	Error	12	43247	3604			
	Total	19	8076106				
Al	Campaña (C)	1	28260	43742	45,33	**0,000**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	197349	65783	68,17	**0,000**	EE = F < L < T
	Campaña x Sector (CxS)	3	57813	19271	19,97	**0,000**	
	Error	12	11580	965			
	Total	19	295002				
Mn	Campaña (C)	1	555	8	0,01	0,930	
	Sector (S)	3	506728	168909	165,82	**0,000**	EE < F = L < T
	Campaña x Sector (CxS)	3	30601	10200	10,01	**0,001**	
	Error	12	12224	1019			
	Total	19	550108				
Cu	Campaña (C)	1	1311,7	1566,4	66,69	**0,000**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	19952	6650,7	283,15	**0,000**	F > T > EE > L
	Campaña x Sector (CxS)	3	1089,6	363,2	15,46	**0,000**	
	Error	12	281,9	23,5			
	Total	19	22635,1				
Zn	Campaña (C)	1	15,45	57,9	6,13	**0,029**	otoño > primavera
	Sector (S)	3	3064,28	1021,43	108,09	**0,000**	EE = L < F = T
	Campaña x Sector (CxS)	3	1323,34	441,11	46,68	**0,000**	
	Error	12	113,4	9,45			
	Total	19	4516,48				
Pb (*)	Campaña (C)	1			5,14	**0,023**	
	Sector (S)	3			7,87	**0,049**	
Hg	Campaña (C)	1	0,002645	0,0039446	270,49	**0,000**	otoño > primavera
	Sector (S)	3	0,0233875	0,0077958	534,57	**0,000**	F > L > T = EE
	Campaña x Sector (CxS)	3	0,0095675	0,0031892	218,69	**0,000**	
	Error	12	0,000175	0,0000146			
	Total	19	0,035775				

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = Razón; Valor P = Valor de probabilidad de error al rechazar Ho
(*) no cumple supuestos de ANDEVA. Test de Kruskal-Wallis.

Compuestos orgánicos persistentes

Las Tablas 4.7.11 y 4.7.12 y Figuras 4.7.18 a 4.7.21 muestran las concentraciones de compuestos orgánicos persistentes (Lípidos, Ácidos grasos, Ácidos resínicos, AOX y EOX) en los camarones *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti* recolectados en el área de estudio, durante las campañas de otoño y primavera 2014.

Samastacus spinifrons

En general, las concentraciones de Lípidos y Ácidos grasos fueron más altas durante la campaña de primavera. Los Lípidos presentaron las concentraciones más altas en la estación 8 (río Pichoy), mientras que los Ácidos grasos presentaron escasa variabilidad entre estaciones de muestreo (Tabla 4.7.11) Los Ácidos resínicos no fueron detectados en el límite de la técnica utilizada.

En general, las concentraciones de los compuestos órgano-halogenados absorbibles (AOX) en S*amastacus spinifrons* presentaron escasa variabilidad entre estaciones y campañas. Por otra parte, la concentración de los órgano-halogenados extraíbles (EOX) en las estaciones 1 y 2 (río Cruces, sectores Ciruelos y Rucaco), fueron más bajas durante la campaña de primavera, mientras que en las estaciones 6, 8 y 12 (río Cruces, sector Punucapa; río Pichoy y río Calle Calle) fueron más altas durante esa estación del año.

Parastacus nicoleti

Similar a lo observado en *S. spinifrons,* las concentraciones de Lípidos y Ácidos grasos en *Parastacus nicoleti* fueron más altas durante la campaña de primavera. Los Ácidos resínicos no fueron detectados en el límite de la técnica utilizada.

En general, las concentraciones de AOX y EOX en especímenes de *Parastacus nicoleti* fueron más altas durante la campaña de primavera (Tabla 4.7.12).

Tabla 4.7.11. Concentración de Lípidos, Ácidos grasos y Ácidos resínicos en tejidos de camarones. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores se han aproximado a un decimal. ND = no detectado; SM= sin muestras.

estación	Lípidos (µg g^{-1})		Ácidos Grasos (µg g^{-1})		Ácidos Resínicos (µg g^{-1})	
Samastacus spinifrons	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	16208,4 (167,1)	29193,9 (52,4)	1393,3 (171,9)	3317,1 (295,4)	ND	ND
2 (sector Rucaco)	18695,5 (360,7)	27634,6 (13,9)	1785,6 (40,0)	2901,4 (79,9)	ND	ND
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
6 (sector Punucapa)	19338,0 (392,3)	13569,3 (106,6)	2210,6 (337,4)	2740,2 (213,3)	ND	ND
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	19692,1 (87,5)	30398,9 (326,0)	1238,7 (72,1)	3612,2 (105,5)	ND	ND
Fuera del humedal del río Cruces (sector estuarial)						
12 (río Calle Calle)	7921,4 (160,4)	24295,5 (680,9)	1035,8 (67,2)	3009,6 (711,4)	ND	ND
Parastacus nicoleti						
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
10 (río Cayumapu interior)	10889,2 (111,9)	15427,0 (152,3)	1251,3 (29,2)	1919,8 (490,3)	ND	ND
Fundo Santa Rosa	SM	17213,0 (675,1)	SM	2582,7 (62,7)	SM	ND

Tabla 4.7.12. Concentración de AOX y EOX en tejidos de camarones. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores se han aproximado a un decimal. SM= sin muestra

estación	AOX (µg g^{-1})		EOX (µg g^{-1})	
	otoño	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Samastacus spinifrons				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	170,1 (16,8)	144,9 (9,7)	4,1 (0,7)	1,9 (0,5)
2 (sector Rucaco)	154,7 (5,2)	152,9 (39,8)	6,5 (0,3)	2,2 (0,7)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	146,4 (14,8)	157,5 (19,0)	5,5 (0,4)	9,0 (0,9)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	152,6 (18,3)	150,5 (2,2)	4,1 (0,5)	7,4 (1,6)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	234,0 (23,7)	133,5 (6,9)	3,4 (0,2)	4,3 (0,9)
Parastacus nicoleti				
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)				
10 (río Cayumapu interior)	141,1 (5,5)	173,8 (96,2)	2,4 (0,1)	3,2 (0,5)
Fundo Santa Rosa	SM	160,0 (28,3)	SM	7,0 (0,0)

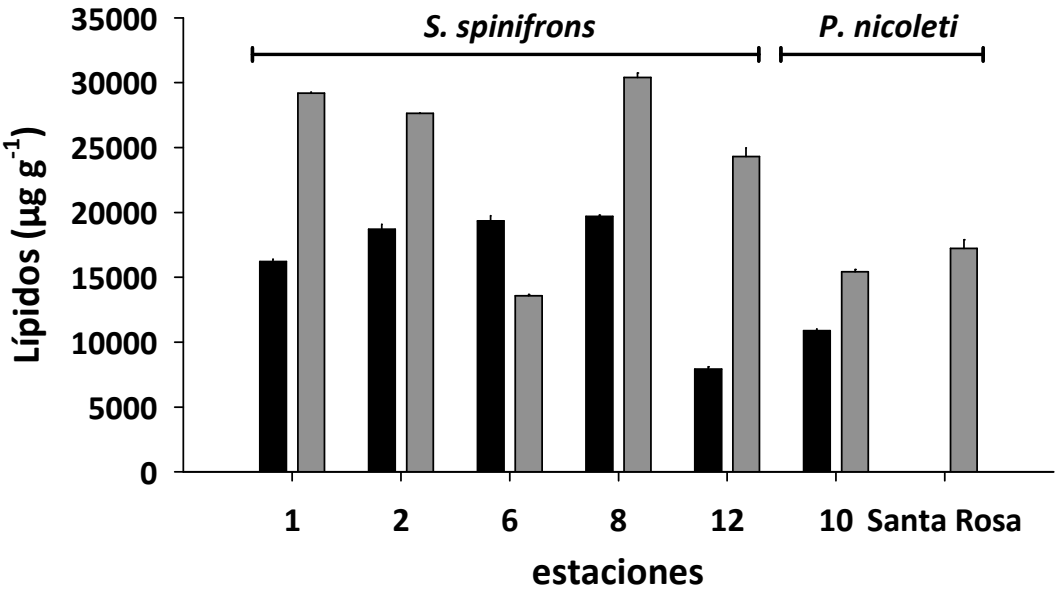


Figura 4.7.18. Concentración de Lípidos en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

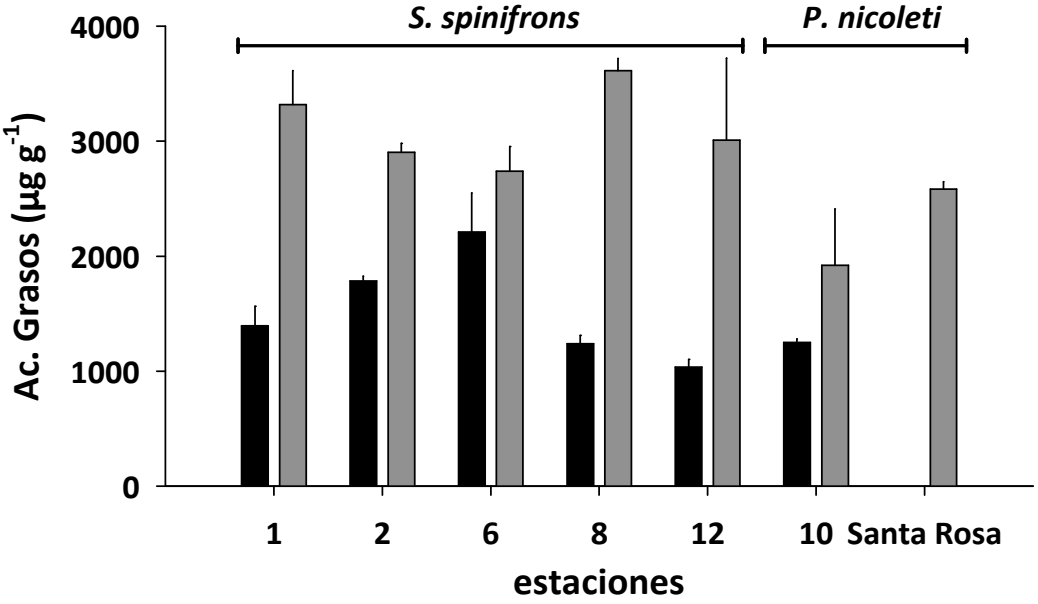


Figura 4.7.19. Concentración de Ácidos Grasos en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

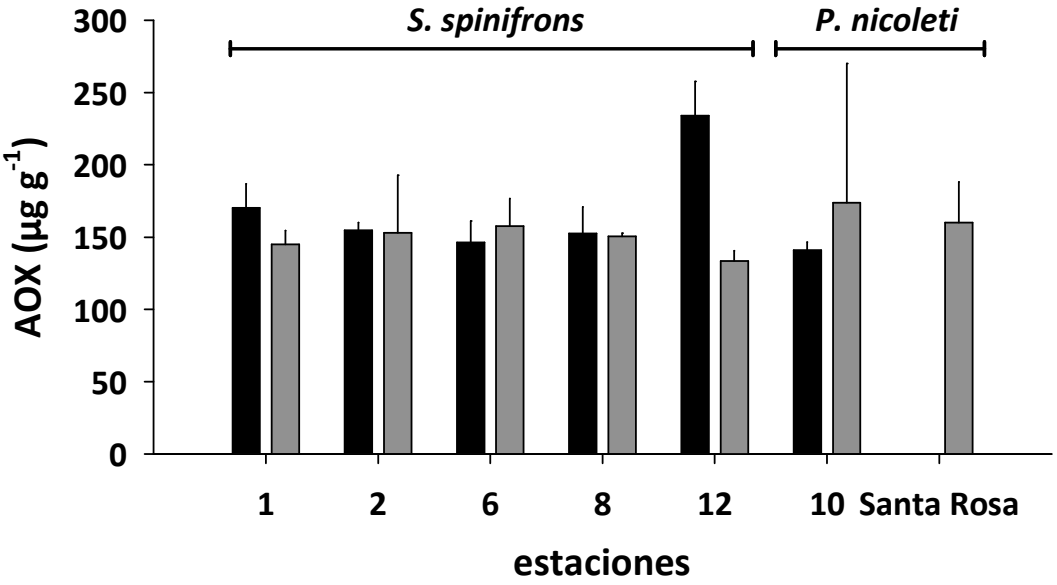


Figura 4.7.20. Concentración de AOX en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

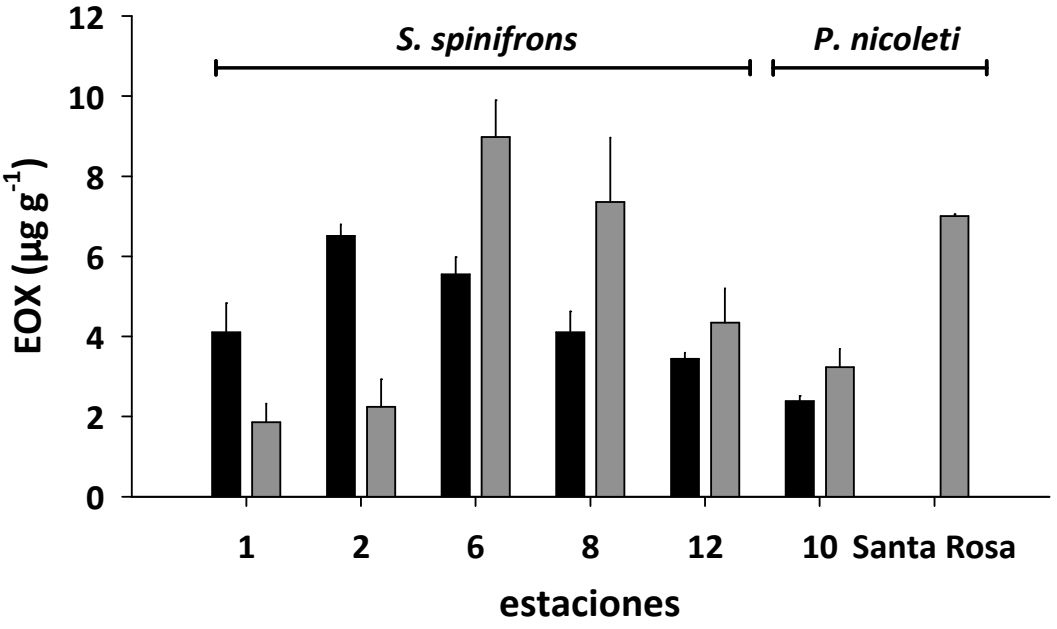


Figura 4.7.21. Concentración de EOX en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Análisis estadísticos

Las concentraciones de Ácidos Resínicos estuvieron bajo el límite de detección de la técnica utilizada.

Todos los compuestos orgánicos persistentes presentaron diferencias significativas en sus concentraciones, en relación a la campaña en la cual fueron muestreadas. Para el caso de los Lípidos, Ácidos Grasos y EOX, éstos presentaron mayores concentraciones durante la campaña de primavera; por el contrario, los AOX fueron más altos durante el otoño (Tabla 4.7.13).

En términos espaciales, se observa que sólo los Lípidos y EOX presentaron diferencias significativas en relación al sector. Estos se presenciaron mayormente en el sector de los ríos tributarios del humedal río Cruces (sector Estuarial); para el caso de los EOX se observan las mayores concentraciones en el eje central del río Cruces (sector estuarial) y en el sector de los ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial).

Por otra parte, para todos los Compuestos orgánicos persistentes, la interacción CxS es significativa, por lo que se debe tener cautela en su interpretación.

Tabla 4.7.13. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Lípidos, Ácidos grasos, AOX y EOX en los ejemplares completos de *Samastacus spinifrons*, entre los factores principales campañas (primavera y otoño de 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en sección 4.7.3.7. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción CxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Lípidos	Campaña (C)	1	373878986	297607775	374,1	**0,000**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	271869062	90623021	113,9	**0,000**	T > L > EE = F
	Campaña x Sector (CxS)	3	282475474	94158491	118,4	**0,000**	
	Error	12	9547029	795586			
	Total	19	937770552				
Ác. Grasos	Campaña (C)	1	12535604	11692519	123,33	**0,000**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	500719	166906	1,76	0,208	
	Campaña x Sector (CxS)	3	1896489	632163	6,67	**0,007**	
	Error	12	1137726	94811			
	Total	19	16070538				
AOX	Campaña (C)	1	2815,6	3156	9,91	**0,008**	otoño > primavera
	Sector (S)	3	2947,6	982,5	3,09	0,068	
	Campaña x Sector (CxS)	3	7789,6	2596,5	8,16	**0,003**	
	Error	12	3820	318,3			
	Total	19	17372,7				
EOX	Campaña (C)	1	0,24	5,394	5,45	**0,038**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	41,016	13,672	13,81	**0,000**	EE = T > L = F
	Campaña x Sector (CxS)	3	44,122	14,707	14,86	**0,000**	
	Error	12	11,878	0,99			
	Total	19	97,255				

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM = Cuadrados Medios; F = Razón; Valor P = Valor de probabilidad de error al rechazar Ho
(*) no cumple supuestos de ANDEVA. Test de Kruskal-Wallis.

Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos

La Tabla 4.7.14 y Figuras 4.7.22 a 4.7.24 muestran las concentraciones de Dioxinas, Furanos y sus Equivalentes Tóxicos (EQTs) en los camarones *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti* recolectados en el área de estudio, durante las campañas de otoño y primavera 2014.

Samastacus spinifrons

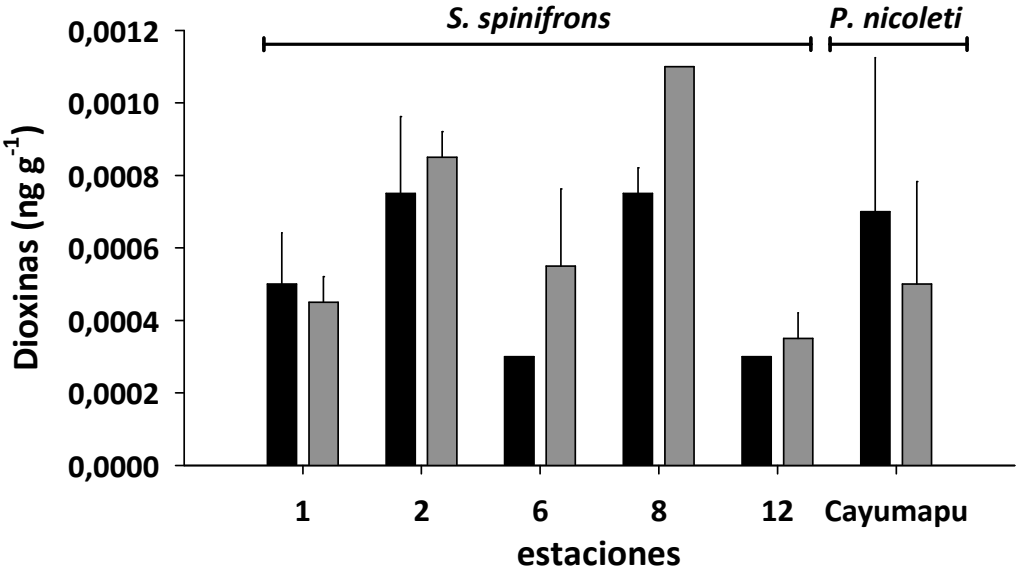
Las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs fueron similares entre campañas en las estaciones 1, 2 (río Cruces, sectores Ciruelos y Rucaco) y 12 (río Calle Calle), a la vez que en las estaciones 6 y 8 las concentraciones fueron más altas durante la primavera (Fig. 4.7.22 a 4.7.24). Llama la atención una réplica de la estación 12 (río Calle Calle) obtenida durante la campaña de otoño, la cual tuvo concentraciones mayores a 0,3 ng g^{-1} tanto en Dioxinas como Furanos y EQTs. Este valor no ha sido incluido en los promedios presentados en la Tabla 4.7.14.

Parastacus nicoleti

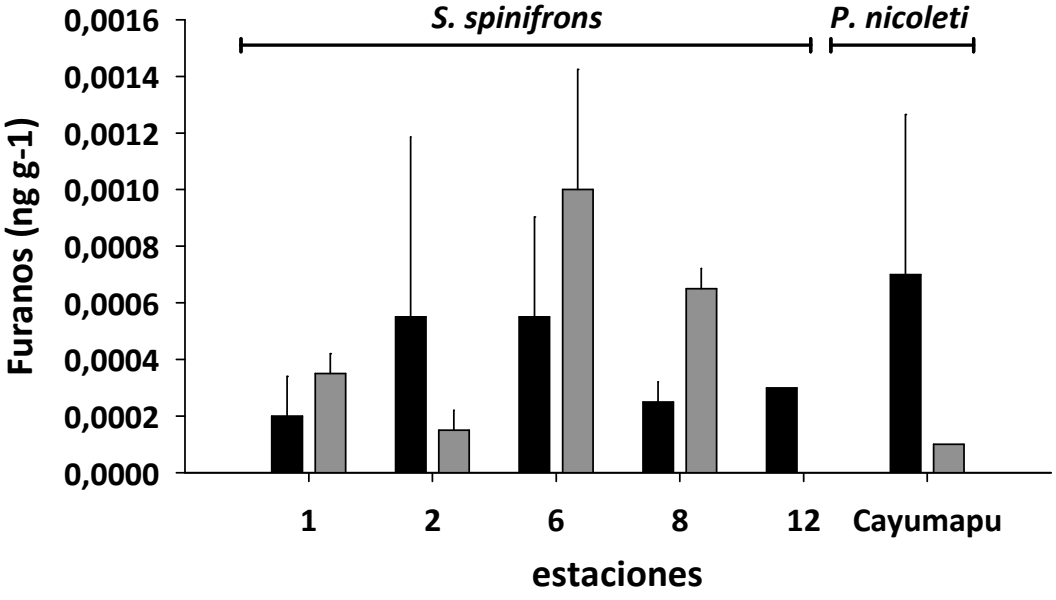
Las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos fueron más altas durante la campaña de otoño (Fig. 4.7.22 a 4.7.24). No se observaron mayores diferencias, al comparar las concentraciones de estos compuestos en esta especie con las estimadas para *Samastacus spinifrons*.

Tabla 4.7.14. Concentración de Dioxinas y Furanos en tejidos de camarones. (*) = un solo dato; SM= sin muestra. ND= no detectado.

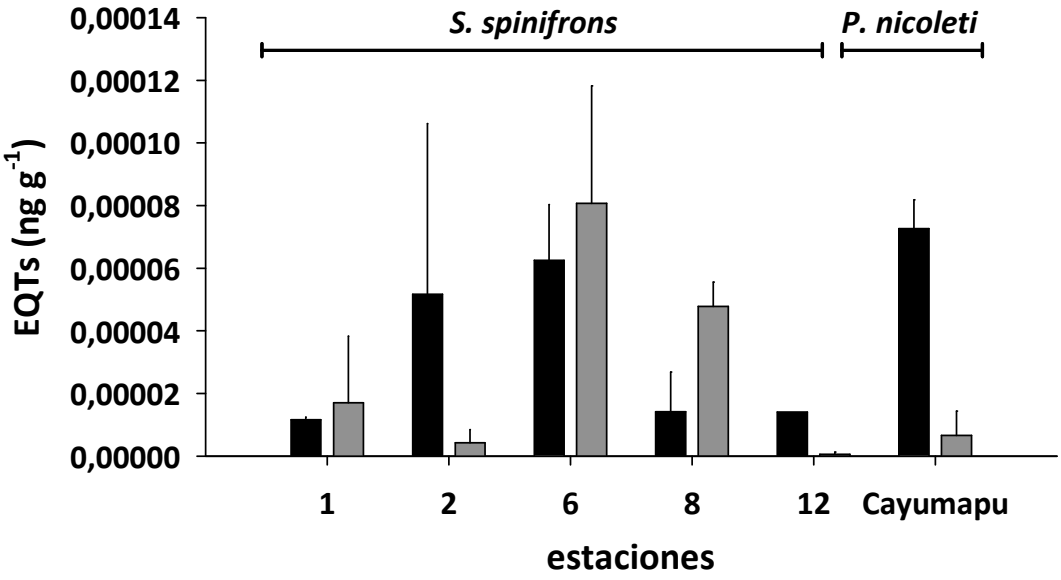
estación	Dioxinas (ng g^{-1})		Furanos (ng g^{-1})		EQTs (ng g^{-1})	
Samastacus spinifrons	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**Primavera**	**otoño**	**primavera**
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	0,00050 (0,0001414)	0,00045 (0,0000707)	0,00020 (0,0001414)	0,00035 (0,0000707)	0,00001(0,0000007)	0,000010 (0,0000205)
2 (sector Rucaco)	0,00075 (0,0002121)	0,00085 (0,0000707)	0,00055 (0,0006363)	0,00015 (0,0000 707)	0,00005 (0,0000545)	0,000004 (0,0000042)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
6 (sector Punucapa)	0,00030*	0,00055 (0,0002121)	0,00055(0,0003535)	0,00100 (0,0004242)	0,00006 (0,0000177)	0,000080 (0,0000375)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	0,00075 (0,0000707)	0,00110 (0,0000000)	0,00025 (0,0000707)	0,00065 (0,0000707)	0,00001 (0,0000127)	0,000040 (0,0000077)
Fuera del humedal del río Cruces (sector estuarial)						
12 (río Calle Calle)	0,00030*	0,00035 (0,0000707)	0,00030*	ND	0,00001*	0,0000005 (0,0000007)
Parastacus nicolleti						
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
10 (río Cayumapu interior)	0,00070 (0,0004242)	0,00005 (0,0002828)	0,00070 (0,0005656)	0,0001 *	0,00007 (0,0000091)	0,000006 (0,0000077)
Fundo Santa Rosa	SM	0,0003*	SM	ND	SM	0,00000009*



Figuras 4.7.22. Concentración de Dioxinas en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar, salvo para la estación 12 donde se presenta el valor de solo una réplica (ver texto).



Figuras 4.7.23. Concentración de Furanos en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.



Figuras 4.7.24. Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQTs) en los camarones del área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Análisis estadísticos

Las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) no presentaron diferencias significativas entre el factor principal campañas (otoño y primavera) (Tabla 4.7.15). Lo mismo ocurre en términos espaciales, donde no se presentan diferencias significativas en relación al Sector.

Debido a que no se cumplieron los supuestos para realizar un ANDEVA factorial, se realizó un Test de Kruskal-Wallis. Éste no permite análisis a posteriori para ver en que campañas y sectores se encontraron las mayores concentraciones.

Tabla 4.7.15. Test de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en los valores de concentración de Lípidos, Ácidos grasos, AOX y EOX en ejemplares completos de *Samastacus spinifrons*, entre los factores principales campañas (primavera y otoño de 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F = sector estuarial, fuera del humedal del río Cruces); ver Análisis estadísticos en sección 4.7.3.7. Material y métodos.

Parámetro	Fuente	GL	F	Valor P
Dioxinas	Campaña (C)	1	0,84	0,361
	Sector (S)	3	3,46	0,326
Furanos	Campaña (C)	1	1,37	0,241
	Sector (S)	3	0,25	0,969
EQT	Campaña (C)	1	1,12	0,29
	Sector (S)	3	5,75	0,124

GL = Grados de Libertad;F = Razón; Valor P = Valor de probabilidad de error al rechazar Ho.

4.7.4.6. Concentraciones de elementos y compuestos químicos en otros crustáceos del Orden Decapoda

Las Tablas 4.7.16 a 4.7.20 muestran los resultados de la búsqueda bibliográfica de las concentraciones de metales pesados, AOX, EOX, Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos obtenidos de diversas especies del Orden Decapoda.

Tabla 4.7.16. Concentraciones de metales pesados (Fe, Al, Mn) en tejido muscular de crustáceos del Orden Decapoda, recolectados de ambientes acuáticos alejados de fuentes antropogénicas. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g-1 de peso seco; (*) = un solo dato; SD= sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	área geográfica	Referencias	Fe (µg g^{-1})	Al (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})
Cancer coronatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	191,93 (263,57)	SD	SD
Cancer edwardsii	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	206,03 (128,99)	SD	SD
Cancer porteri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	38,00*	SD	SD
Cancer setosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	184,86 (201,08)	SD	SD
Callinectes sapidus	estuario Connecticut	Jop *et al.,* 1997	SD	3,01 (1,87)	SD
Callinectes sapidus	estuario, Quinnipiac	Jop *et al.,* 1997	SD	3,35 (2,31)	SD
Fennerropenaeus merguensis	golfo Persian, Irán	Baboli *et al*., 2013	15,13 (0,65)	SD	0,10 (0,00)
Homalaspis plana	costa Bio Bio	CFI NUEVA ALDEA PROMNA	92,01 (77,75)	SD	SD
Litopenaeus vannamei	estuario, México	Paez-Osuna & Ruiz-Fernández, 1995	180,10 (122,40)	SD	7,07 (3,38)
Murcia gaudichaudii	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	66,27 (54,99)	SD	SD
Ovalipes trimaculatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	243,79 (287,12)	SD	SD
Penaeus monodon	río Langat, Malasia	Mokhtar *et al.,* 2009	5,17 (0,29)	SD	0,17 (0,00)
Penaeus schumitti	laguna Unare, Venezuela	Marqués *et al.,* 2008	19,04*		2,93*
*Pleuroncodes monodon***	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	568,10 (728,57)	SD	SD
Peudocorystes sicarius	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	426,18 (529,22)	SD	SD
*Squilla sp***	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	277,92 (109,07)	SD	SD

Tabla 4.7.17. Valores de concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Pb) en tejido muscular de crustáceos del Orden Decapoda, recolectados de ambientes acuáticos alejados de fuentes antropogénicas. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g^{-1} de peso seco; (*) = un solo dato; SD= sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	área geográfica	referencias	**Cu (**µg g^{-1})	**Zn** (µg g^{-1})	**Pb** (µg g^{-1})
Cancer coronatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	71,43 (29,76)	232,06 (89,42)	0,11 (0,17)
Cancer edwardsii	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	106,02 (36,70)	344,32 (74,01)	0,13 (0,17)
Cancer porteri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	48,30*	386,60*	0,00*
Cancer setosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	47,55 (19,04)	193,69 (53,09)	0,06 (0,05)
Callinectes bocourti	río Cubatão, Brazil	Virga & Geraldo, 2008	15,00 (17,00)	16,00 (11,00)	0,61 (0,06)
Callinectes danae	río Cubatão, Brazil	Virga & Geraldo, 2008	14,00 (11,00)	12,00 (7,10)	1,10 (0,12)
Callinectes ornatus	río Cubatão, Brazil	Virga & Geraldo, 2008	17,00 (16,00)	14,90 (9,80)	1,51 (0,16)
Callinectes sapidus	río Cubatão, Brazil	Virga & Geraldo, 2008	18,00 (10,00)	20,00 (12,00)	1,06 (0,11)
Callinectes sapidus	estuario Connecticut	Jop et al., 1997	16,2 (11,55)	31,25 (4,37)	0,01 (0,02)
Callinectes sapidus	estuario, Quinnipiac	Jop et al., 1997	15,95 (3,44)	32,76 (6,29)	0,12 (0,21)
Farfantepenaeus aztecus	laguna Tamiahua, México	Palomarez-García *et al.,* 2009	12,9 - 24,46	SD	0,024 - 0,248
Farfatepenaeus brasiliensis	isla Margarita, Venezuela	Boada *et al.,* 2007	11,98 (7,25)	20,34 (9,68)	8,69 (8,11)
Farfantepenaeus notialis	golfo Cairiaco, Venezuela	Boada *et al.,* 2007	11,80 (4,00)	28,10 (15,40)	8,60 (5,40)
Farfantepenaeus subtilis	golfo Cairiaco, Venezuela	Boada *et al.,* 2007	16,98 (10,40)	59,03 (81,29)	19,05 (22,28)
Fennerropenaeus merguensis	golfo Persian, Irán	*Baboli et al., 2013*	1,26*	13,80*	0,41*
Homalaspis plana	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	36,43 (14,52)	214,53 (18,29)	0,02 (0,02)
Litopenaeus chimitti	golfo Cairiaco, Venezuela	Boada *et al.,* 2007	18,79*	52,77*	SD
Litopenaeus vannamei	estuario, México	Paez-Osuna & Ruiz-Fernández 1995	23,30*	SD	SD
Murcia gaudichaudii	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	33,69 (13,16)	149,67 (22,69)	0,14 (0,16)
Ovalipes trimaculatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	44,31 (11,56)	128,61 (58,69)	0,08 (0,08)
Penaeus monodon	río Langat, Malasia	Mokhtar *et al.,* 2009	3,56*	13,03*	SD
Penaeus schumitti	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	9,86*	25,04*	0,26*
Peudocorystes sicarius	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	25,70 (14,02)	124,56 (67,93)	0,25 (0,25)
*Pleuroncodes monodon***	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	18,44 (17,37)	27,62 (25,29)	0,51 (0,85)
Sesarma mederi	golfo Tailandia	Chaiyara *et al.,* 2013	1,74 - 1,97	3,72 - 4,57	0,54 - 2,04

Tabla 4.7.18. Valores de concentraciones de metales pesados (Cd, As, Hg) en tejido muscular de crustáceos del Orden Decapoda recolectados de ambientes acuáticos alejados de fuentes antropogénicas. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g^{-1} de peso seco; (*) = un solo dato; SD= sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	área geográfica	referencias	Cd (µg g^{-1})	As (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})
Cancer coronatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	1,40 (1,52)	SD	1,24 (6,9)
Cancer edwardsii	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	2,51 (3,68)	SD	1,03 (3,51)
Cancer porteri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,90*	SD	0,03*
Cancer setosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,91 (1,07)	SD	0,11 (0,07)
Callinectes bocourti	río Cubatão, Brazil	Virga & Geraldo 2008	0,137 (0,08)	SD	SD
Callinectes danae	río Cubatão, Brazil	Virga & Geraldo 2008	0,12 (0,09)	SD	SD
Callinectes ornatus	río Cubatão, Brazil	Virga & Geraldo 2008	0,20 (0,12)	SD	SD
Callinectes sapidus	río Cubatão, Brazil	Virga & Geraldo 2008	0,22 (0,13)	SD	SD
Callinectes sapidus	estuario Connecticut	Jop *et al.,* 1997	0,4 (0,79)	0,60 (0,06)	0,11 (0,02)
Callinectes sapidus	estuario, Quinnipiac	Jop *et al.,* 1997	0,05 (0,03)	0,76 (0,44)	0,06 (0,01)
Farfantepenaeus aztecus	laguna Tamiahua, México	Palomarez-García *et al.,* 2009	0,02- 0,07	SD	SD
Farfatepenaeus brasiliensis	isla Margarita, Venezuela	Boada *et al.,* 2007	0,71 (1,30)	SD	SD
Farfantepenaeus notialis	golfo Cairiaco, Venezuela	Boada *et al.,* 2007	2,3 (5,40)	SD	SD
Farfantepenaeus subtilis	golfo Cairiaco, Venezuela	Boada *et al.,* 2007	0,83 (3,83)	SD	SD
Fennerropenaeus merguensis	golfo Persian, Irán	Baboli *et al.,* 2013	0,17*	SD	0,03*
Homalaspis plana	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,74 (0,71)	SD	0,14 (0,10)
Litopenaeus chimitti	golfo Cairiaco, Venezuela	Boada *et al.,* 2007	0,08*	SD	SD
Litopenaeus vannamei	estuario, México	Paez-Osuna & Ruiz-Fernández, 1995	0,57*	SD	SD
Metapenaeus offinis	golfo Persian, Irán	Jalilian *et al.,* 2011	SD	SD	0,07-0,18
Metapenaeus offinis	golfo Persian, Kuwait	Bou-Olayan *et al.,* 1995	SD	0,33-1,23	SD
Murcia gaudichaudii	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,63 (0,85)	SD	0,11 (0,08)
Ovalipes trimaculatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,66 (0,93)	SD	0,15 (0,13)

Continuación **Tabla 4.7.18.**

especie	**área geográfica**	**referencias**	**Cd (**μg g^{-1})	**As** (μg g^{-1})	**Hg** (μg g^{-1})
Penaeus monodon	río Langat, Malasia	Mokhtar *et al.,* 2009	0,25*	SD	SD
Penaeus monodon	estuario Pak Pa_Nang, Tailandia	Chaiyara *et al.,* 2013	SD	0,01*	SD
Penaeus schumitti	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	0,06*	SD	SD
Penaeus semisulcatus	golfo Persian, Irán	Raissy *et al.,* 2014	SD	0,5 - 2,66	SD
Penaeus semisulcatus	golfo Persian, Irán	Raissy *et al.,* 2014	SD	0,11 - 0,30	0,04 - 0,11
Penaeus sp.	Malasia	Rahman *et al.,* 1997	SD	0,21 - 0,57	SD
Peudocorystes sicarius	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,54 (0,95)	SD	0,09 (0,09)
*Pleuroncodes monodon***	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,86 (0,84)	SD	0,02 (0,03)
Samantacus spinifrom	lago Moreno, Argentina	Arcagni *et al.,* 2013	SD	SD	0,26- 0,29
Sesarma mederi	golfo Tailandia	Chaiyara *et al.,* 2013	1,35- 1,58	SD	SD

Tabla 4.7.19. Valores de concentraciones de AOX y EOX en tejido muscular de crustáceos del Orden Decapoda recolectados de ambientes acuáticos alejados de fuentes antropogénicas. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en μg g^{-1} de peso seco; (*) = un solo dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	**área geográfica**	**Referencias**	**AOX** (μg g^{-1})	**EOX** (μg g^{-1})
Callianassa sp.	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	202,12*	30,64*
Cancer coronatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	65,98 (64,99)	0,19 (0,69)
Cancer edwardsii	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	52,13 (69,57)	1,21 (2,85)
Cancer porteri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	1,20*	0,00*
Cancer setosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	69,68 (15,11)	0,00 (0,00)
Homalaspis plana	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	31,21 (41,30)	0,00 (0,00)
Murcia gaudichaudii	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	47,13 (60,26)	0,45 (0,92)
Ovalipes trimaculatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	71,19 (71,44)	0,00 (0,00)
Peudocorystes sicarius	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	80,61 (96,88)	0,91 (2,82)
*Pleuroncodes monodon***	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	304,86 (56,55)	7,54 (7,69)
*Squilla sp***	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	256,25 (22,64)	1,07 (1,86)

Tabla 4.7.20. Valores de concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos en tejidos de crustáceos del Orden Decapoda de ambientes acuáticos alejados y cerca ([a]) de fuentes antropogénicas. Los valores son promedios o rangos y se expresa en ng g^{-1} de peso seco; SD = sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	**área geográfica**	**Tejido**	**Referencias**	**Dioxinas** (ng g^{-1})	**Furanos** (ng g^{-1})	**ETQs** (ng g^{-1})
Cancer coronatus	costa Bio Bio	músculo	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,00018 (0,0004)
Cancer edwardsii	costa Bio Bio	músculo	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,00024 (0,0006)
Cancer pagurus	Bahía Seine, Francia[a]	músculo	Bodin *et al.,* 2007	0,00471	0,00694	0,00412
Carcinus aestuarii	Laguna Santa Liberata, Italia	Cuerpo[c]	Jimenez *et al.,* 1998	0,01132	0,01267	0,00112
Carcinus aestuarii	Laguna Orbello, Italia[a]	Cuerpo[c]	Jimenez *et al.,* 1998	0,08545	0,06328	0,00428
Homalaspis plana	costa Bio Bio	músculo	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,00068*
Maja brashidactyla	Bahía Seine, Francia[a]	músculo	Bodin *et al.,* 2007	0,00327	0,00916	0,00916
Murcia gaudichaudii	costa Bio Bio	músculo	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,00010 (0,0001)
Necora puber	Bahía Seine, Francia[a]	músculo	Bodin *et al.,* 2007	0,00727	0,02466	0,0132
Ovalipes trimaculatus	costa Bio Bio	músculo	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,00014 (0,0002)
Peudocorystes sicarius	costa Bio Bio	músculo	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,00010 (0,0002)
Squilla sp	costa Bio Bio	cuerpo	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,00006*

4.7.4.7. Análisis de comparación con concentraciones de elementos y compuestos químicos de la literatura

La Figura 4.7.25 muestra las concentraciones de metales pesados medidas en camarones recolectados durante el Programa de Diagnóstico del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios 2014-15 (en adelante PD 14-15) *versus* las encontradas en la literatura.

En general, las concentraciones promedio de Hierro, Aluminio, Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en especímenes de *Samastacus spinifrons*, fueron similares a las concentraciones promedio de estos metales pesados en crustáceos decápodos y encontradas en la literatura. Sin embargo, las concentraciones más altas de Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en este estudio fueron más bajas que los valores más altos tomados de la literatura (Fig. 4.7.25).

Las concentraciones promedio de Hierro, Aluminio y Cobre en tejidos de *Parastacus nicoleti*, fueron más altas que los valores encontrados en la literatura para crustáceos decápodos (Fig. 4.7.25). Similar a lo observado en *Samastacus spinifrons* y aun cuando las concentraciones promedio de Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en *Parastacus nicoleti* fueron similares a los valores referenciales, los rangos fueron más bajos (Fig. 4.7.25).

En ninguno de los camarones aquí estudiados se detectó Arsénico (Fig. 4.7.25).

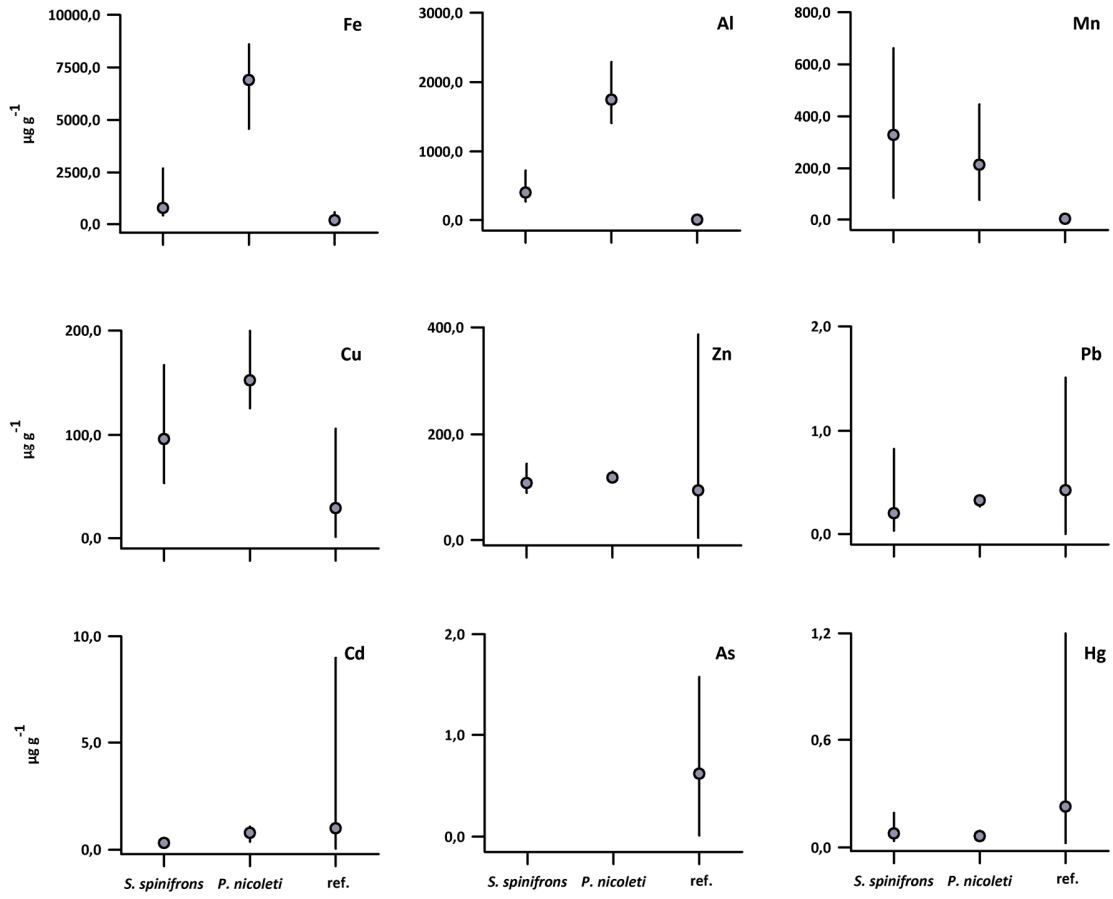


Figura 4.7.25. Concentraciones promedio de metales pesados en *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti versus* datos de concentraciones citadas en la literatura. Los círculos representan las concentraciones promedio, a la vez que las líneas en torno a estos unen los valores más altos y más bajos de concentración. ref. = valores estimados a partir de la literatura.

La Figura 4.7.26 muestra las concentraciones de AOX y EOX medidas en camarones recolectados durante este Programa de Diagnóstico *versus* las encontradas en la literatura. Las concentraciones promedios y rangos de AOX obtenidos en este estudio son similares a las encontradas en la literatura, a la vez que los rangos en las concentraciones de EOX son menores en los camarones estudiados en este Programa, aun cuando los promedios son similares (Fig. 4.7.26).

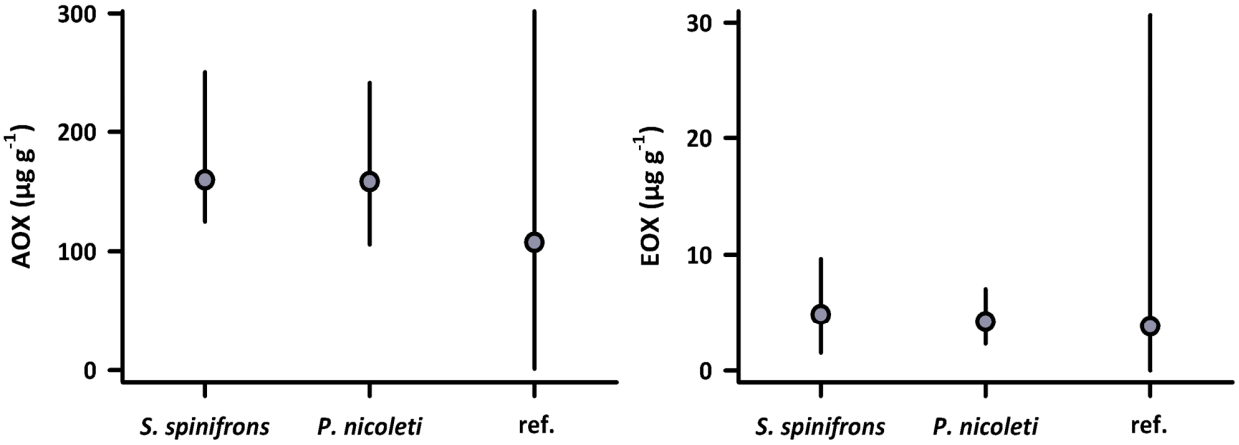


Figura 4.7.26. Concentraciones promedio de AOX y EOX en *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti versus* datos de concentraciones citadas en la literatura. Los círculos representan las concentraciones promedio, a la vez que las líneas en torno a estos unen los valores más altos y más bajos de concentración. ref. = valores estimados a partir de la literatura.

La Figura 4.7.27 muestra las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en camarones recolectados durante este estudio; los promedios y rangos de los mismos fueron inferiores a los encontrados en la literatura.

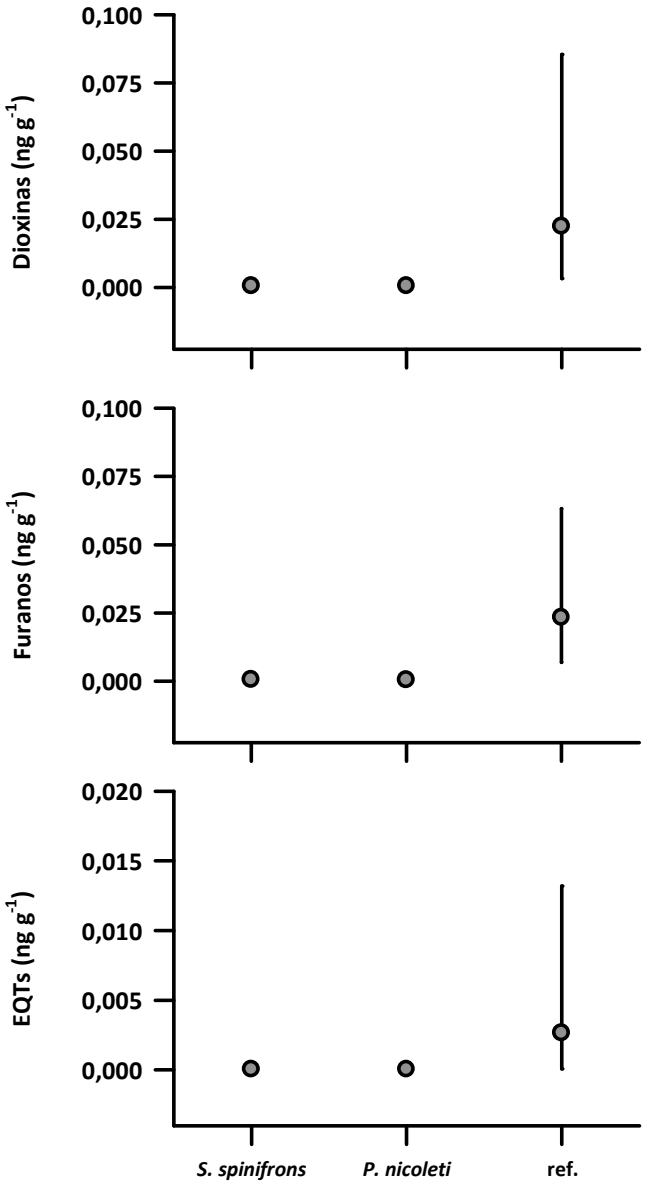


Figura 4.7.27. Concentraciones promedio de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos en *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti versus* datos de concentraciones citadas en la literatura. Los círculos representan las concentraciones promedio, a la vez que las líneas en torno a estos unen los valores más altos y más bajos de concentración. ref. = valores estimados a partir de la literatura.

4.7.5. Discusión

Los resultados de este estudio muestran que el Camarón de río *Samastacus spinifrons*, está presente en gran parte del área de estudio y en el microhábitat en que esta especie ocurre habitualmente, tales como áreas de profundidades someras con vegetación, sustratos pedregosos, troncos y palos (Jara, 1994; Rudolph, 1996, 2010). Esto puede explicar la ausencia de este camarón en la estación 10 (río Cayumapu interior), donde este tipo de microhábitat está escasamente representado. Por otra parte, en el río Cayumapu, donde el microhábitat terreno semipantanoso, conocido como "vega" o "hualve" (Rudolph, 2010), está ampliamente representado, permitió la recolección del Camarón de vega *Parastacus nicoleti*, lo mismo en el Fundo Santa Rosa de la UACh.

Los análisis estadísticos realizados para evaluar eventuales diferencias en las abundancias de *Samastacus spinifrons*, no mostraron un patrón definido de variabilidad espacial (sitios de muestreo) o temporal (períodos de otoño y primavera). Por lo tanto, para evaluar como varía la abundancia en este camarón, no se puede prestar atención a cada factor por separado (sitios o períodos), dado que ambos factores interactúan entre sí. Esto sugiere que la variabilidad en la abundancia de *Samastacus spinifrons* dentro de cada sitio es afectada por la estacionalidad, lo que permite hipotetizar que cada estación se comporta de manera diferente en relación al periodo del año. Por ejemplo, en algunos de los sitios, la variabilidad estacional del caudal hídrico puede afectar la disponibilidad de microhábitat, mientras que en otros tal variabilidad puede permitir a los camarones llegar a nuevas áreas.

Los especímenes de *Samastacus spinifrons* recolectados durante la campaña de otoño tuvieron rangos de tallas superiores a los recolectados durante la campaña de primavera; *i.e*., el promedio general de talla corporal (considerando todos los individuos por cada campaña) fue más bajo en la campaña de primavera (2,18 *versus* 2,46 cm en otoño). El mayor tamaño corporal encontrado durante la campaña de otoño, refleja que durante la segunda campaña probablemente estaba ocurriendo un proceso de

reclutamiento de nuevos individuos (*i.e.,* juveniles) en las estaciones estudiadas. Bocic *et al., (*1988) y Rudolph (2002a) han sugerido un incremento del número de hembras ovígeras en los meses de febrero-marzo y de junio-julio. En estudios de laboratorio se ha observado que la duración del desarrollo embrionario del Camarón de río es de aproximadamente 69 días (Rudolph & Iraçabal, 1994), lo que al relacionarse con los periodos de hembras ovígeras, sugiere que el reclutamiento de estos organismos se da en los meses de abril-mayo y septiembre-octubre. No obstante lo anterior, estas observaciones deben ser tomadas con precaución, debido a las diferencias en el número de camarones analizados en cada sitio; *e.g.,* 26 *versus* 119 especímenes obtenidos en la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa) durante las campañas de otoño y primavera, respectivamente.

La relación longitud - peso para ambas campañas fue bastante homogénea, mostrando leves diferencias en algunas estaciones (*e.g.,* el caso de la estación 1 río Cruces, sector Ciruelos). Una posible explicación de estas diferencias, es que el crecimiento en estos crustáceos se vincula directamente al proceso de muda o ecdisis, ya que durante el ciclo de vida hay una sucesión de las mismas. Estas mudas están separadas por inter mudas, lo que transforma el crecimiento en un proceso aparentemente discontinuo (Petriella & Boschi, 1997) lo que puede resultar en diferencias estacionales entre las relaciones longitud - peso en el tiempo.

En general, la comparación de los valores de las proporciones macho / hembras por estación no muestra un patrón definido al comparar ambas campañas de muestreo. Esto concuerda con lo mencionado por Bocic *et al.,* (1988) y Rudolph (2002), que recolectaron *Samastacus spinifrons* de distintas poblaciones (río Chifin, río Forrahue, río Maullin, Lago Rupanco y río Gol – Gol, ubicados en la Región de los Lagos) y en distintas épocas del año, encontrando una proporción 1:1.

Los metales son constituyentes normales de los sistemas acuáticos y muchos de ellos son esenciales para la vida, dado que su ausencia puede afectar el crecimiento de los organismos y a su vez pueden llegar a ser tóxicos para la biota si se superan las concentraciones que son necesarias como micronutrientes (Morel *et al.*, 2004). Para el caso de los camarones de agua dulce, específicamente *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti*, la información acerca de las concentraciones de metales en sus tejidos en ambientes acuáticos alejados de fuentes antrópicas de emisión es escasa. Arcagni *et al.,* (2013) encontraron concentraciones de Mercurio de 0,26 – 0,29 μg g^{-1} en tejidos musculares de *Samastacus spinifrons* recolectados en el lago Moreno (Patagonia Argentina), el cual está clasificado como lago ultra oligotrófico (por consiguiente, se asume que es un lago alejado de fuentes antropogénicas de emisión de contaminantes). Las concentraciones de Mercurio anteriormente mencionadas son mayores a las obtenidas en este estudio.

La búsqueda bibliográfica realizada en este estudio y focalizada en concentraciones de metales pesados en crustáceos del Orden Decapoda, permitió estimar una aproximación acerca de si las concentraciones encontradas en este Programa de Diagnóstico están por sobre o debajo de la media y rangos generales de valores conocidos y publicados. Entre los metales pesados de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica en los ambientes acuáticos están el Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio (Castañe *et al*., 2003); las concentraciones de todos estos metales pesados en *Samastacus spinifrons* y *Parastacus nicoleti* dentro del área de estudio están por debajo de los rangos máximos encontrados en la literatura; más aún, no se detectó Arsénico en los camarones aquí estudiados. Las mayores concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso encontradas en los camarones estudiados *versus* los valores de la literatura están relacionadas a las características intrínsecas del área de estudio, la que se caracteriza por presentar de manera natural altas concentraciones de estos metales pesados (Ver **Estudio 1**: Calidad de Agua y Sedimentos).

Similar a lo observado para los metales pesados, las concentraciones de AOX, EOX, Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos encontradas en los tejidos de los camarones analizados fueron inferiores a los valores encontrados en la literatura.

Es necesario recordar que en sistemas acuáticos como ríos y lagos, el contenido de elementos y compuestos químicos en los mismos, puede ser altamente variable dependiendo del tipo de sistema y el área de drenaje asociada con el cuerpo de agua en particular (Castañe *et al*., 2003). Esto puede verse reflejado en la variabilidad espacio temporal en las concentraciones de metales pesados, AOX, EOX, Dioxinas y Furanos. Tal situación podría explicar el por qué se observó una alta variabilidad en las concentraciones de esos elementos y compuestos químicos en los camarones estudiados, al comparar campañas y sectores de muestreo. Por otra parte, la captación y toxicidad de esos elementos y compuestos para los organismos acuáticos están influidas no sólo por sus concentraciones, sino también por el tiempo de exposición a los mismos (Castañe *et al*., 2003).

Para el hemisferio norte, existen algunos ejemplos de utilización de este tipo de camarones en el monitoreo y evaluación de la salud ambiental de ríos (Suárez-Serrano *et al.,* 2010; Webb 2011). Como resultado de algunos de esos estudios, se ha encontrado que perturbaciones ambientales de origen antropogénico en tales cuerpos acuáticos, pueden provocar alteraciones en el crecimiento, tamaño, capacidad de reproducción y/o sobrevivencia de esos camarones (Webb, 2011). En Chile, Martínez *et al.* (2010), describieron malformaciones del exoesqueleto de *Samastacus spinifrons*, puntualmente un dáctilo birrámeo en una hembra y sugirieron que las causas de tal malformación pueden ser atribuibles a diferentes factores, entre los que citan focos de alteración de calidad de agua, no descartándose la existencia de ejemplares con otras malformaciones corporales.

En este Programa de Diagnóstico se han estudiado dos especies de camarones, debido al convencimiento de que tanto *Samastacus spinifrons* como *Parastacus nicoleti*, son organismos apropiados para evaluar el estado de salud ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios: el primero por ser sustento importante de niveles superiores de la cadena trófica del humedal y el segundo, ya que debido a su especial hábito de vida (semi – sedentario y engullendo sedimentos probablemente enriquecidos por elementos y compuestos químicos) es un buen indicador de la calidad de agua subterránea del área.

4.7.6. Conclusiones

• Durante la campaña de otoño, las abundancias más altas del camarón de río *Samastacus spinifrons* se encontraron en las estaciones 2, 3 y 8 (río Cruces, sectores Rucaco y Fuerte San Luis y río Pichoy interior, respectivamente), a la vez que durante la campaña de primavera, las mayores abundancias ocurrieron en el río Cruces, sector Punucapa y en el río Calle Calle (estaciones 6 y 12, respectivamente).

• En general (*i.e.*, considerando a todos los especímenes recolectados de *Samastacus spinifrons*), los camarones de río recolectados durante la campaña de otoño presentaron rangos de tallas superiores a los estudiados durante la campaña de primavera, lo que probablemente refleja que durante esta última estaba ocurriendo un proceso de reclutamiento de nuevos individuos (*i.e.*, juveniles) en el área de estudio.

• Las relaciones longitud - peso en *S. spinifrons*, no parecen estar asociadas a estaciones o campañas, situación que puede estar relacionada al crecimiento discontinuo (debido a la presencia de mudas) de estos invertebrados.

• Durante ambas campañas, la representación porcentual de machos, hembras y juveniles de *S. spinifrons* fueron similares (considerando todas las estaciones en conjunto). En general, la comparación de los valores de las proporciones macho /

hembras por estación no muestra un patrón definido al comparar ambas campañas de muestreo.

• Las concentraciones promedio de metales pesados en especímenes de *Samastacus spinifrons*, no mostraron un patrón asociado a la estación o a la campaña (otoño o primavera). En el Camarón de vega *Parastacus nicoleti*, las concentraciones de tales metales fueron más altas durante la campaña de otoño.

• Las concentraciones promedio de Hierro, Aluminio y Cobre en tejidos de *Parastacus nicoleti*, fueron más altas que los valores encontrados en la literatura para crustáceos decápodos, situación probablemente relacionada al tipo de alimentación de este camarón (sedimentívoro). Similar a lo observado en *Samastacus spinifrons* y aun cuando las concentraciones promedio de Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en *Parastacus nicoleti* fueron similares a los valores referenciales, los rangos de variabilidad fueron más bajos.

• En ninguno de los camarones aquí estudiados se detectó Arsénico.

• Las concentraciones promedios y rangos de AOX obtenidos en los camarones analizados en este estudio son similares a las encontradas en la literatura, a la vez que los rangos en las concentraciones de EOX son menores en los camarones estudiados en este Programa, aun cuando los promedios son similares.

• Las concentraciones promedio de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en los camarones recolectados durante este estudio, fueron inferiores a los valores citados en la literatura para crustáceos decápodos.

4.7.7. Referencias

Arcagni, M., L. Campbell, M. A. Arribére, M. Marvin-DiPasquale, A. Rizzo, and S. R. Guevara. 2013. Differential mercury transfer in the aquatic food web of a double basined lake associated with selenium and habitat. Science of the Total Environment 454:170-180.

Bocic, V., E. Rudolph, y D. López. 1988. Biología reproductiva y dinámica poblacional del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 59: 9-21.

Castañé, P. M., M. L. Topalián, R. R. Cordero, y A. Salibián. 2003. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. Revista de Toxicología 20: 13-18.

Corales, E.S. y R.A. Figueroa. 1999. Observaciones sobre la dieta del huairavo (*Nycticorax nycticorax*) en el sur de Chile. IV Congreso Nacional de Ornitología y VI Encuentro Nacional de Ornitólogos. Antofagasta.

Dalannais, R. 1984. Contribución al conocimiento de la biología y ecología del camarón de vega *Parastacus pugnax* (Poeppig) (Crustacea, Parastacidae) en la zona de Talcahuano. Seminario de Título de Pedagogía en Biología, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, Talcahuano, 38 pp.

Figueroa, R., y E. Corales. 1997. Dieta de la garza grande (*Casmerodius albus*) durante el período de crianza en agroecosistemas del sur de Chile. III Congreso Chileno de Ornitología. Santiago. Noviembre de 1997.

Franco, M., G. Guevara, L. Correa and M. Soto-Gamboa. 2013. Trophic interactions of the endangered Southern river otter (*Lontra provocax*) in a Chilean Ramsar wetland inferred from prey sampling, fecal analysis, and stable isotopes. Naturwissenschaften 100: 299-310.

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology 22: 241-253.

Jara, C. 1994. Camarones dulceacuícolas en Chile: Informe técnico-científico. Camarones dulceacuícolas en Chile: Informe técnico-científico. Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 15 pp.

Martínez, A.W. y E.H. Rudolph. 2010. Primera descripción de un caso teratológico en el camarón de río del sur *Samastacus Spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda: Parastacidae). Boletín de Biodiversidad de Chile 2: 3-9.

Medina, G. 1997. A comparison of the diet and distribution of southern river otter (*Lutra provocax*) and mink (*Mustela vison*) in southern Chile. Journal of Zoology 242:291-297.

Morel, F., A. Milligan and M. Saito. 2004. Marine Bioinorganic Chemistry: The role of trace metals in the oceanic cycles of major nutrients. In the oceans and marine geochemistry. Treatise on Geochemistry, second edition. H.D. Holland and K.K. Turekian, Oxford. 6: 113-144.

Orellana, G. T. 2010. Evaluación de hábitos alimenticios de salmónidos escapados y asilvestrados de vida libre en ríos y lagos del sur de Chile (Tesis para optar al título de Ingeniero en Acuicultura). Universidad Austral de Chile, Puerto Montt.

Petriella, A. M., y E. E. Boschi. 1997. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. Investigaciones marinas 25: 135-157.

Rudolph, E. 1984. Perspectivas del cultivo de camarones de agua dulce en Chile. Memorias de la Asociación Latinoamericana Acuicultura 5: 769-773.

Rudolph, E., and J. Iraçabal. 1994. Desarrollo embrionario y postembrionario del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae), en condiciones de laboratorio. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 65: 43-49.

Rudolph, E. 1996. Aspects biologiques et perspectives d'élevage de l'écrevisse de rivières chilienne *Samastacus spinifrons* (Decapoda, Parastacidae). L'Astaciculteur de France 46: 12-16.

Rudolph, E. H. 2002a. New records of intersexuality in the freshwater crayfish *Samastacus spinifrons* (Decapoda, Parastacidae). Journal of Crustacean Biology 22: 377-389.

Rudolph, E. H. 2002b. Sobre la biología del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi 1882) (Decapoda, Parastacidae). Gayana (Concepción) 66: 147-159.

Rudolph, E. 2010. Sobre la distribución geográfica de las especies chilenas de Parastacidae (Crustacea: Decapoda: Astacidea). Boletín de Biodiversidad de Chile 3: 32-46.

Sharma, M. P., S. Sharma, V. Goel, P. Sharma, and A. Kumar. 2006. Water quality assessment of Behta River using benthic macroinvertebrates. Life Science Journal 3: 68-74.

Webb, D. 2011. Freshwater shrimp (*Palaemonetes australis*) as a potential bioindicator of crustacean health. Environmental monitoring and assessment 178: 537-544.

4.8. Estado de la Ictiofauna (Estudio 8):

4.8.1. Antecedentes

La ictiofauna chilena se caracteriza por estar constituida por una riqueza moderada de especies en relación a otras áreas de Sudamérica y por un alto grado de endemismo (Vila *et al.,* 1999; Dyer, 2000; Habit *et al*., 2006a), mostrando las especies de aguas continentales un claro patrón de incremento en el número de especies presentes desde los extremos norte y sur hacia la zona centro sur (Vila *et al*., 1999). De acuerdo a la fauna de peces de agua dulce que habita en Chile, Dyer (2000) definió tres provincias biogeográficas: Atacameña, Chilena y Patagónica, siendo la segunda la que contiene mayor diversidad, de manera que las cuencas hidrográficas con mayor número de especies nativas son aquellas ubicadas entre los ríos Itata y Bueno, tramo en el que se ubica el área de estudio incluida en este Programa de Diagnóstico.

El humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, posee un número importante de especies de peces nativas e introducidas (Arismendi & Penaluna, 2009; Habit *et al.,* 2006a; http://ceachile.cl/Cruces/Fauna.htm#peces). Estas especies requieren de áreas como las presentes en este humedal para su desarrollo temprano, dado que allí encuentran abundante alimento orgánico particulado, producto resultante del material que es arrastrado por el río y termina por depositarse en el fondo de éste. En ese material, los juveniles de esas especies encuentran el alimento imprescindible para su desarrollo, pues éste contiene proteínas, grasas, minerales, hidratos de carbono y otras sustancias básicas para la nutrición, crecimiento y desarrollo de los mismos. Alguno de estos peces son habitantes permanentes y otros transitorios del humedal del río Cruces, por lo que constituyen bioindicadores apropiados para evaluar el estado ambiental de este cuerpo de agua, ya que interactúan con todos los elementos abióticos y bióticos del ecosistema.

Los peces han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países (Aguilar, 2005; Velásquez *et al.*, 2004) y han sido considerados como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad de

preservar la calidad de ríos y lagos (Cowx & Collares Pereira, 2002). Debido a lo anterior, la caracterización de la ictiofauna de cualquier cuerpo acuático es importante porque la misma es una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (Boulton, 1999) y puede ser utilizada en la confección de índices de la calidad del medio acuático (*e.g.*, Soto Galera *et al.*, 1998; Kestemont *et al.*, 2000; McDowall & Taylor, 2000; Oberdorff *et al.*, 2002) para identificar diversos niveles de degradación ambiental (Fauch *et al.*, 1990; Scott & Hall, 1997; Wichert & Rapport, 1998) y definir el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos (Paller *et al.*, 2000).

La gran ventaja de utilizar a los peces para evaluar calidad ambiental de un cuerpo acuático, es que son organismos relativamente fáciles de identificar y manipular (Aguilar, 2005); más aún, la aceptación de conceptos como la integridad biótica es más fácil para el público en general y autoridades utilizando peces, que organismos de menor tamaño como por ejemplo, diatomeas o invertebrados (Davis, 1995).

Una forma de evaluar como los cambios en la calidad de agua afectan la estructura comunitaria de los peces, es a través de estudios de índices que entregan información sobre la riqueza de especies, diversidad y abundancias poblacionales de la ictiofauna. Esto permite conocer el comportamiento de una comunidad biológica (que especies están presentes y en que abundancias) y la "calidad" de un hábitat; asimismo, diversos fenómenos ambientales (*e.g.,* sequías, indundaciones) pueden explicarse a través de la presencia o ausencia de especies indicadoras de peces (Chediack, 2009). Por consiguiente, un monitoreo biológico espacial y temporal de la ictiofauna es un método para conocer la dinámica de los ecosistemas; más específicamente, el efecto de las fluctuaciones que éste pueda presentar. En algunos casos y cuando el número de especies sensibles declina con la degradación, especies más tolerantes llegan a ser más comunes y el resultado es que la comunidad no cambia en el número de especies, pero sí en las especies que la conforman (Wang *et al.,* 2000; Vila-Gispert *et al.*, 2002).

Por otra parte, los cambios en la calidad del agua pueden resultar en consecuencias significativas para el estado sanitario de la ictiofauna; consecuentemente, el análisis de la salud de la ictiofauna, es de importancia relevante, ya que permite evaluar la eventual presencia de agentes patógenos asociados a cambios en la estructura macro y microscópica de los tejidos. Esto último permite establecer el estado de salud o enfermedad en las poblaciones naturales, como también deformaciones y trastornos de la reproducción. Del mismo modo, los cambios microscópicos de los tejidos se pueden asociar a la presencia de sustancias tóxicas, resultantes de productos exógenos introducidos en la columna de agua. Adicionalmente, estos productos exógenos impactan la capacidad de los peces para responder defensivamente a los patógenos, por lo que la medición de la actividad de la respuesta defensiva, se constituye en una herramienta para determinar su estado de salud. Algunos productos exógenos se pueden transportar a grandes distancias por las corrientes atmosféricas y el agua, afectando la calidad de las mismas, dentro de las cuales tenderán a acumularse en los tejidos grasos de los animales, ya que por lo general son sustancias lipofílicas (Spacie *et al*., 1979). Esto resulta particularmente importante en los organismos bentónicos de los ecosistemas acuáticos, que pueden absorber las partículas en suspensión de la columna del agua, bioacumulando los productos exógenos. Posteriormente, depredadores como peces bentófagos biomagnifican la acumulación de estos compuestos.

Para el caso de los estudios tendientes a evaluar eventuales bioacumuladores en órganos corporales, los análisis de las concentraciones de metales pesados, compuestos orgánicos persistentes y evaluación de la eventual presencia de Dioxinas y Furanos, permiten vislumbrar la cantidad de éstos en los peces, y su relación a distintos niveles tróficos.

En el marco de lo anteriormente expuesto, es que se ha diseñado el presente estudio, el cual apunta a evaluar estacionalmente (otoño y primavera) parámetros comunitarios y poblacionales de la ictiofauna del área de estudio, además de caracterizar la situación sanitaria de los integrantes de la misma y evaluar la eventual bioacumulación

de elementos y compuestos químicos en tejidos de los peces del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

4.8.2. Objetivos

● Estimar estacionalmente la diversidad y abundancia de peces; primariamente de aquellos que habitan las riberas del área de estudio.

● Medir los tamaños corporales y obtener el peso de los individuos recolectados.

● Evaluar las relaciones longitud - peso e Índice de Condición.

● Evaluar la proporción sexual e Índice Gónado - Somático de hembras.

● Analizar la concentración de metales pesados (Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Cadmio, Plomo, Zinc, Arsénico y Mercurio) en tejidos musculares de esos peces.

● Analizar la concentración de compuestos orgánicos persistentes incluyendo Lípidos, Ácidos grasos, Ácidos resínicos, AOX y EOX en tejidos musculares.

● Analizar la concentración de Dioxinas y Furanos en tejidos musculares.

● Evaluar la presencia de eventuales enfermedades infecto-contagiosas (de origen bacteriano, viral, parasitario o micótico), así como tóxicas y de la presencia de agentes patógenos y/o potencialmente patógenos en peces.

● Analizar el estado inmunitario de los peces mediante la determinación de parámetros de respuesta inmune.

● Obtener preparaciones histológicas de tejidos (cerebro, hígado, riñón, páncreas, corazón, branquias, estómago, ciegos pilóricos, gónadas y epidermis) para estudios histopatológicos.

4.8.3. Material y métodos

4.8.3.1. Obtención de las muestras en las riberas de los sitios de estudio

Durante abril del año 2014 se procedió a realizar muestreos tendientes a estudiar la ictiofauna correspondiente a la campaña de otoño, mientras que durante los meses de octubre y noviembre del mismo año, se recolectaron los peces correspondientes a la campaña de primavera. Ambas campañas se realizaron en las siguientes ocho estaciones de muestreo: estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos), estación 2 (río Cruces, sector Rucaco), estación 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis), estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), estación 8 (rio Pichoy interior), estación 10 (río Cayumapu interior), estación 12 (río Calle Calle) y estación 14 (río Angachilla) (Fig. 4.8.1 y Tabla 4.8.1). La realización de estos muestreos contó con la autorización de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (ANEXO I).

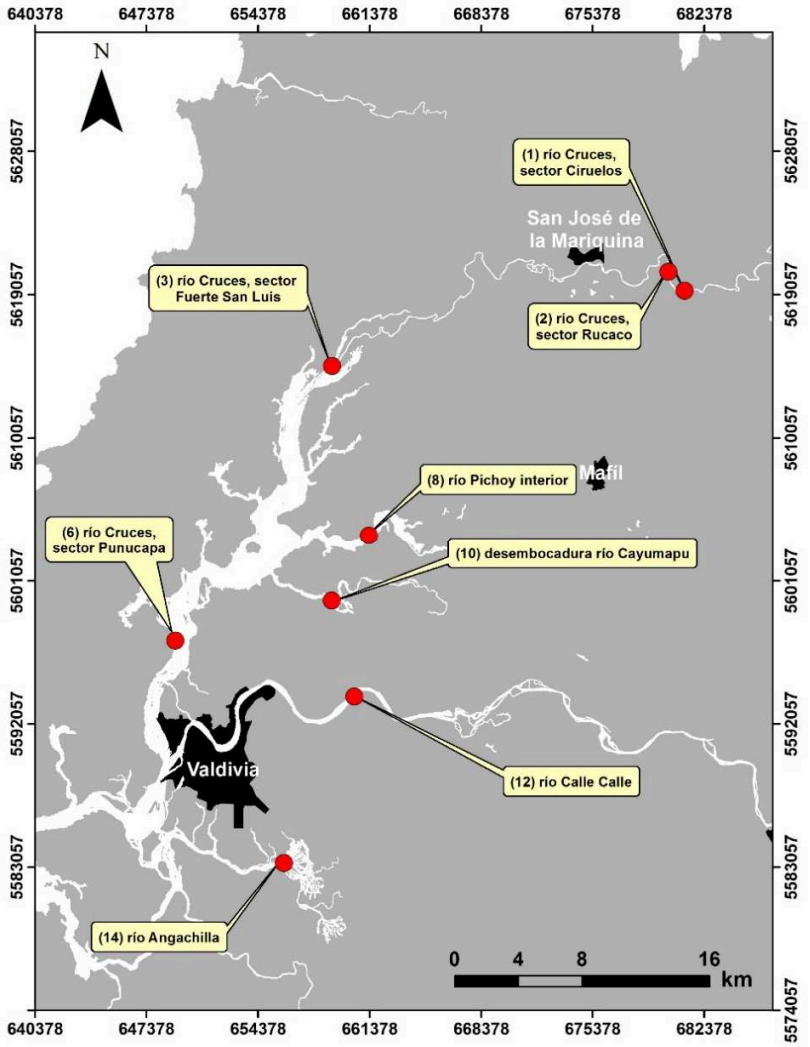


Figura 4.8.1. Ubicación de los sitios de muestreo seleccionados para los estudios de la ictiofauna del área de estudio.

La captura de peces se realizó con un equipo de pesca eléctrica EFKO-Elektrofischfanggeräte GMBH, Typ FEG 1500 el que se utilizó a lo largo de tres secciones de aproximadamente 15 m y ubicadas aleatoriamente en las riberas de cada sitio de muestreo. El tiempo de trabajo en cada sección fue de aproximadamente 8 minutos. La profundidad de captura no excedió el metro de profundidad. Los peces recolectados se guardaron en bolsas ziploc, para la posterior identificación taxonómica y recuento de especímenes en el laboratorio.

Tabla 4.8.1. Fechas de muestreo donde se realizaron muestreos con sistema de pesca eléctrica en las riberas del área de estudio durante las campañas de otoño y primavera, año 2014.

estaciones de muestreo	otoño	primavera
Porción superior del río Cruces (sector límnico)		
1 (sector Ciruelos)	14-abr-14	03-oct-14
2 (sector Rucaco)	14-abr-14	03-oct-14
Eje central del río Cruces (sector estuarial)		
3 (sector Fuerte San Luis)	14-abr-14	23-nov-14
6 (sector Punucapa)	17-abr-14	09-oct-14
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)		
8 (río Pichoy interior)	16-a br-14	08-oct-14
10 (río Cayumapu interior)	16-abr-14	09-oct-14
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios		
12 (río Calle Calle)	25-abr-14	10-oct-14
14 (río Angachilla)	17-abr-14	09-nov-14

4.8.3.2. Obtención de las muestras en los cauces de los sitios de estudio

Durante mayo y junio de 2014 (campaña de otoño), se recolectaron muestras de peces del cauce en cuatro sitios de muestreo: estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), estación 8 (río Pichoy interior), estación 10 (río Cayumapu interior) y estación 12 (río Calle Calle) (Fig. 4.8.1). Durante octubre y noviembre de 2014 (campaña de primavera), se realizaron muestreos en cinco sitios: estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos), estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), estación 8 (río Pichoy interior), estación 10 (río Cayumapu interior) y estación 12 (río Calle Calle) (Tabla 4.8.2). No fue posible realizar este tipo de muestreos en otras estaciones debido a problemas logísticos, como imposibilidad de instalar redes en cauces no apropiados para tales maniobras.

La captura de peces se realizó con diferentes artes de pesca incluyendo: i) uso de mallas de 50 m de largo, 4 m de alto y aberturas de 2 y 4 cm (destinadas a pejerreyes,

salmonídeos y carpas, respectivamente), ii) uso de espinel con cebo de navajuelas y iii) uso de lienzas con anzuelo y cebo de lombrices terrestres. Estas artes de pesca estuvieron destinadas a obtener especímenes de Pejerrey *(Basilichthys australis),* Trucha arco íris (*Oncorhynchus mykiss)*, Trucha café (*Salmo trutta*) y Carpa (*Cyprinus carpio*), ya que por experiencia de los investigadores y lugareños del humedal, estas especies son las más representativas de los cauces del área de estudio. Se entiende por cauce a las secciones de los sitios de estudio, con profundidades superiores a dos metros aproximadamente.

Tabla 4.8.2. Fechas de muestreos y artes de pesca utilizadas para la obtención de los peces de los cauces de los sitios de estudio, durante las campañas de otoño y primavera. Se indica entre paréntesis las aberturas de las mallas utilizadas.

estaciones de muestreo	otoño	primavera	arte de pesca
Porción superior del río Cruces (sector límnico)			
1 (sector Ciruelos)		21-oct-14	anzuelos y espineles
		22-oct-14	anzuelos y espineles
		23-oct-14	anzuelos y espineles
		24-oct-14	anzuelos y espineles
		30-oct-14	anzuelos y espineles
		14-nov-14	anzuelos y espineles
		15-nov-14	anzuelos y espineles
		16-nov-14	anzuelos y espineles
		17-nov-14	anzuelos y espineles
Eje central del río Cruces (sector estuarial)			
6 (sector Punucapa)	27-may-14	23-oct-14	redes (2 y 4 cm)
	31-may-14	24-oct-14	redes (2 y 4 cm)
	03-jun-14	27-oct-14	redes (2 y 4 cm)
	04-jun-14	28-oct-14	redes (2 y 4 cm)
	06-jun-14	29-oct-14	redes (2 y 4 cm)
		30-oct-14	redes (2 y 4 cm)
		31-oct-14	redes (2 y 4 cm)
		01-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		02-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		03-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		04-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		05-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		12-nov-14	redes (2 y 4 cm)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)			
8 (río Pichoy interior)	23-may-14	04-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
	26-may-14	05-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
	29-may-14	06-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
	30-may-14	07-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
	04-jun-14	08-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		09-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		10-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		11-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		12-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		13-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		14-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		19-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		23-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		24-oct-14	anzuelos y red (4 cm)
		25-oct-14	anzuelos y red (4 cm)

Continuación **Tabla 4.8.2.**

Estaciones de muestreo	otoño	primavera	arte de pesca
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)			
10 (río Cayumapu interior)	17-jun-14	29-oct-14	redes (2 y 4 cm)
	18-jun-14	30-oct-14	redes (2 y 4 cm)
	19-jun-14	31-oct-14	redes (2 y 4 cm)
	23-jun-14	01-nov-14	redes (2 y 4 cm)
	24-jun-14	02-nov-14	redes (2 y 4 cm)
	25-jun-14	03-nov-14	redes (2 y 4 cm)
	26-jun-14	10-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		11-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		12-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		13-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		14-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		15-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		16-nov-14	redes (2 y 4 cm)
		17-nov-14	redes (2 y 4 cm)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios			
12 (río Calle Calle)	09-jun-14	16-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
	10-jun-14	17-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
	11-jun-14	18-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
		19-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
		20-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
		21-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
		22-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
		23-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
		24-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)
		25-nov-14	anzuelos y redes (2 y 4 cm)

4.8.3.3. Análisis taxonómicos

La identificación taxonómica de los peces capturados se realizó en base a su morfología externa y considerando los estudios de Arratia (1981, 1987), Campos (1982, 1984), Campos & Gavilán (1996), Campos *et al*. (1993), Dyer (1997), Pequeño (1981), Ruiz & Marchant (2004) y Arismedi & Penaluna (2009).

4.8.3.4. Abundancias e índices comunitarios de la ictiofauna

Los datos de abundancia de las tres muestras obtenidas en las riberas de los sitios de estudio, fueron promediados para los análisis de estructura comunitaria de la ictiofauna de los sitios de estudio. Debido al tipo de muestreo llevado a cabo con los peces de los cauces (cualitativo), no se realizaron estimaciones de abundancia de los peces capturados en en ese tipo de micro hábitat.

Los datos de abundancia de los peces recolectados en las riberas se utilizaron para cálculos de índices de diversidad mediante el uso del paquete estadístico PRIMER 6.0 (Clarke & Gorley, 2001). En particular, se efectuaron los siguientes cálculos utilizándose el menú DIVERSE de PRIMER:

- Índice de Margalef para la riqueza de especies: d = (S-1)/log N, en donde N es el número total de individuos y S el número de especies. El índice representa la riqueza de especies en un sentido clásico, pero en función del número total de individuos por período de muestreo.

- Índice de diversidad de Shannon-Wiener: H’ = - Σipi (log pi), en donde pi es la proporción del número total de individuos que aparece representada en la especie i. El índice permite obtener un indicador (H’) de la relación entre el número de especies en cada período de muestreo y sus respectivas abundancias numéricas, reflejando el grado de incerteza (en términos de información) dentro de la comunidad (Magurran, 1991). Para todos los cálculos efectuados en este estudio, se utilizó Log en base 10.

- Índice de uniformidad de Pielou: J = H’ (observado) / H’ (máx), en donde H’ (máx) es la diversidad máxima posible que se podría obtener si todas las especies fueran igualmente abundantes. El índice representa la uniformidad (equitatividad) en la distribución numérica entre las diferentes especies del conjunto estudiado en cada período de muestreo.

Los datos de abundancia de los peces recolectados en las riberas se utilizaron también para la obtención de índices de similitud, mediante el uso del paquete estadístico SIMPER 6.0 (Clarke & Gorley, 2001).

Finalmente, los parámetros univariados fueron representados de manera multivariada o bi-dimensional utilizando criterios de ordenación de muestras (en este caso, las ocho diferentes estaciones de muestreo) según el método de escalamiento multidimensional (MDS) (Field *et al*., 1982). Esta ordenación se basó en una matriz de similitud utilizando los índices de Bray-Curtis y Jaccard. Se realizó además un análisis SIMPER (porcentaje de similitud) entre estaciones y dentro de cada estación, basados al igual que el MDS, en los índices de similitud de Bray-Curtis y Jaccard.

4.8.3.5. Relaciones longitud - peso e Índice de Condición

Se midieron y pesaron (peso húmedo; 0,01 g de precisión) especímenes de las especies numéricamente dominantes (*Galaxias maculatus* y *Gambusia affinis*) en los muestreos realizados con pesca eléctrica en las riberas de los sitios de estudio. Esto con el objetivo de analizar las relaciones longitud - peso y el índice de condición de cada una de esas especies. Debido al bajo número de especímenes recolectados en los cauces de los sitios de estudio, no se realizaron análisis de longitud - peso para esos peces.

Se midió la longitud total (distancia entre el extremo del hocico y el extremo distal de la aleta caudal) (Fig. 4.8.2). Se estimaron los valores de a y b de la relación longitud - peso ($W=aL^b$, donde W es el peso total en gramos y L la longitud total en cm) (Froese, 2006) por especie, mediante regresión lineal previa linealización de la ecuación con logaritmo. Para esto, se utilizaron al menos 15 individuos por estación.

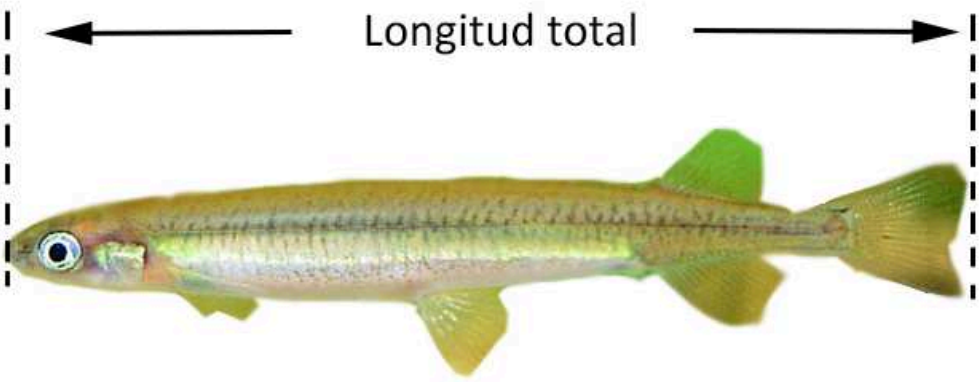


Figura 4.8.2. Mediciones de longitud realizadas en los especímenes de peces recolectados en este estudio. Estas se indican sobre el esquema de un Puye.

El estado de condición por individuo se estimó mediante el índice de Fulton (K) (Ricker, 1987); $K = 100 (W/L^3)$, donde W es el peso corporal húmedo en gramos y L la longitud total en cm.

4.8.3.6. Proporción sexual e Índice Gónado – Somático de hembras

Además de ser medidos y pesados, los peces recolectados en los cauces de los sitios de estudio, fueron sexados para estimar proporción machos: hembras. Se obtuvo además el peso seco de las gónadas femeninas a fin de estimar el Índice Gónado - Somático (IGS) de las hembras el cual se expresa como: IGS = (peso ovario / peso total del pez - peso del ovario) x 100.

Nota: Para la ictiofauna de las riberas de los sitios de estudio se había seleccionado al Puye como organismo representativo de la misma (i.e., la especie numéricamente dominante). Sin embargo, no se pudieron realizar análisis de gónadas en los puyes capturados debido al pequeño volumen o escaso desarrollo de esos órganos.

4.8.3.7. Análisis de elementos y compuestos químicos

Debido a la necesidad de contar con una biomasa adecuada para realizar los análisis químicos, se trabajó con ejemplares completos de Puye, mientras que para el caso de los peces capturados en los cauces (Salmonídeos, Carpas y Pejerreyes), se eligió tejido muscular. Los ejemplares completos y los tejidos obtenidos se lavaron con abundante agua desionizada, se sonicaron para eliminar los restos de sedimento que pudieran haber quedado adheridos a los mismos y luego se secaron por liofilización; posteriormente, los tejidos asi tratados se pulverizaron.

Las muestras así preparadas para análisis de metales pesados, se atacaron mediante una digestión ácida en microondas para posteriormente ser analizadas por Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama. Debido a la conocida baja concentración de Plomo en esta matriz, los análisis para cuantificar la concentración de este elemento se realizaron con ICP-MS y/o Espectroscopía de Absorción Atómica con horno de grafito.

Luego de la adsorción de los compuestos halogenados en carbón activado y extracción con un solvente (AOX y EOX, respectivamente), las muestras se analizaron mediante titulación microcoulombimétrica según la Norma Europea EN ISO 9562 y EN 1485, respectivamente. Las muestras para análisis de Dioxinas y Furanos fueron analizadas en el laboratorio Marschwood Scientific Service en Inglaterra, mediante Cromatografía Gaseosa de Alta Resolución-Espectrometría de Masa de Alta Resolución (HRGC-HRMS), de acuerdo al método EPA 1613.

Análisis estadísticos

Con el fin de evaluar eventuales diferencias de las concentraciones de los elementos y compuestos químicos medidas en los peces de las riberas, se realizó un ANDEVA Factorial. Esto con el objetivo de evaluar si las concentraciones (variable dependiente) varían significativamente entre estaciones y campañas. Para estos se definieron dos factores dependientes: (1) Campañas (otoño y primavera) y (2) Sectores, los cuales estan predefinidos para el área de estudio: L = sector límnico, donde se incluyen las estaciones 1 y 2 (río Cruces, sectores Ciruelos y Rucaco), EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, donde se incluyen la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, donde se incluyen las estaciones 8 y 10 (ríos Pichoy y Cayumapu) y F =sector estuarial, fuera del humedal río Cruces, donde se incluye la estación 12 (río Calle Calle).

Para los peces de los cauces, se realizó un ANDEVA a fin de evaluar eventuales diferencias entre los siguientes efectos principales; Campaña, Sector y Especies (*Basilichthys australis*, *Cyprinus carpio*, *Oncorhynchus mykiss* y *Salmo trutta*). No fue posible realizar análisis de dos o tres vías, debido a que hubo especies que no estuvieron representadas en todas las campañas o sectores estudiados.

4.8.3.8. Búsqueda de referencias para comparaciones químicas

Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre concentraciones de metales pesados, Lípidos, Ácidos Grasos y Resínicos, AOX, EOX, Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos en especies de peces para comparar los resultados obtenidos en el Programa de Diagnóstico (en adelante PD 14-15), con los encontrados en la literatura. Aun cuando en general, las referencias encontradas no corresponden a las especies aquí estudiadas ni tampoco a especies congenéricas de las mismas, esas referencias permitieron establecer rangos comparativos de concentraciones en los elementos y compuestos químicos aquí estudiados.

Entre esas referencias están aquellas incluidas en el PROMNA CFI Nueva Aldea (Programa de Monitoreo del Medio Ambiente Marino Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea) y que incluye muestreos realizados en la costa de la Región del Bio Bio, entre Cobquecura por el norte y Dichato por el sur (*ca.* 36-37^{o}S). Esos muestreos (n = 35) se realizaron cada tres meses entre los años 2006 y 2014 e incluyen 16 estaciones submareales y 10 intermareales en la costa arriba mencionada.

4.8.3.9. Evaluación del estado sanitario

Para establecer el estado sanitario de la ictiofauna del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, evaluar eventuales enfermedades infecto-contagiosas (de origen bacteriano, viral, parasitario o micótico) y la presencia de agentes patógenos y/o potencialmente patógenos, se consideraron cinco especies (*Galaxias maculatus*, *Basilichthys australis*, *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta* y *Cyprinus carpio*), dentro de las cuales se eligieron tres especies por estación de muestreo. Los peces fueron analizados en el Laboratorio de Biotecnología y Patología Acuática, Laboratorio de Anatomía Patológica y Laboratorio de Parasitología del Instituto de Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile.

A cada grupo de peces muestreado e ingresado al Laboratorio, se le asignó un n° de caso, con fecha de ingreso, identificación de la especie y número de especímenes recolectados. Se realizó examen clínico y necropsia de cada pez, con determinación del peso húmedo y longitud, condición gonádica y toma de muestras de tejidos para análisis de laboratorio (bacteriología, virología y parasitología) por grupo de muestreo y tomando nota de toda anormalidad clínica en una ficha de necropsia. Aparte de lo anterior, se obtuvieron muestras de tejidos para análisis histopatológicos. Todos los procedimientos e instructivos están normalizados y forman parte del SOP ("Standard Operational Procedures") del Laboratorio de Biotecnología y Patología Acuática del Instituto de Patología Animal y están basados en el Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals de la OIE (Organización Mundial de Salud Animal (OIE 2012).

Los estudios para detectar eventuales agentes virales y bacterianos se realizaron en “pools” o grupos de órganos de cada ejemplar (normalmente corazón y riñón, órganos de elección para realizar exámenes sanitarios). Para los análisis parasitológicos se realizó inspección macroscópica y microscópica de piel, branquias, cavidad abdominal y contenido intestinal, que también es de utilidad para la visualización de la eventual presencia de hongos. Para analizar el estado inmunitario de los peces salmónideos, se evaluó la expresión del mRNA de Interferón 1 mediante PCR de tiempo real, en muestras de riñón y bazo (órganos de elección para realizar estos análisis) mantenidas en RNA Later en pooles de cinco peces.

4.8.3.10. Análisis histopatológicos

Los exámenes histológicos se realizaron en diversos órganos de cada pez o en peces completos, dependiendo de su tamaño y posterior a la fijación de los especímenes en formalina al 10%. Para los estudios en Puyes se conservaron ejemplares *in toto* (*i.e.,* en su totalidad); para las otras especies muestreadas y de mayor tamaño, se conservaron órganos aislados.

Las muestras de tejidos de peces fueron procesados en el Laboratorio de Anatomía Patológica del Instituto de Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile, donde se les asignó un número de laboratorio. Los órganos y Puyes completos fueron introducidos en cassettes plásticos, los que se procesaron de acuerdo a lo descrito por Luna (1968), en un equipo con frascos conteniendo alcoholes graduados en forma ascendente, pasando por solventes y terminando en parafina líquida, con el fin de deshidratar e impregnar en parafina los tejidos. Finalmente, los órganos y Puyes se incluyeron en parafina sólida, para luego ser cortados mediante micrótomo a cinco micras de grosor, obteniéndose una lámina muy delgada. Las láminas de órganos y Puyes (conteniendo la mayoría de los órganos desde la cabeza al intestino) se montaron en portaobjetos para ser teñidas con hematoxilina eosina y ser cubiertas con un cubreobjetos para posteriormente ser analizadas mediante el uso de microscopio óptico.

Mediante la observación microscópica y en base a Ferguson (2006), Roberts (2012) y Bruno *et al*. (2013), se evaluaron las características histopatológicas del sistema nervioso central (SNC), hígado, riñón, páncreas, corazón, branquias, estómago, intestino, gónadas y piel. Dado el grosor de la lámina que se corta y el pequeño tamaño de los Puyes, no siempre se obtuvieron muestras de todos los tejidos. Este examen microscópico permite evaluar las características microscópicas de los tejidos, estableciéndose evidencias de normalidad o alteraciones patológicas (*e.g.,* inflamaciones, degeneraciones, alteraciones circulatorias, necrosis, malformaciones o neoplasias). Por otra parte, en peces tan pequeños como los Puyes, la histopatología es una forma apropiada para observar la presencia de parásitos en los tejidos (Gardiner & Poynton, 1999), metodología utilizada en este estudio para identificar los parásitos presentes.

4.8.4. Resultados

4.8.4.1. Composición taxonómica de la ictiofauna de las riberas y cauces

Durante la campaña de otoño se recolectaron siete especies de peces en las riberas de los sitios de muestreo (cinco nativas y dos introducidas), mientras que durante la campaña de primavera se recolectaron cinco especies (cuatro nativas y una introducida) (Tabla 4.8.3). Los peces capturados en los cauces de los sitios estudiados durante otoño y primavera, estuvieron representados por cinco especies: una nativa y cuatro introducidas (Tabla 4.8.4).

Tabla 4.8.3. Nombres científicos y comunes de las especies recolectadas en las riberas de los sitios de muestreo durante las campañas de otoño y primavera del año 2014. **N** = especie nativa; **I** = especie introducida; o = campaña de otoño; p = campaña de primavera; X = presencia.

nombre científico	**nombre común**	**campaña**	
		o	p
Galaxias maculatus (Jenyns, 1842) **N**	Puye, Puye chico	X	X
Gambusia affinis (Baird & Girard, 1853) **I**	Gambusia, Pez mosquito	X	X
Percichthys trucha (Valenciennes,1833) **N**	Perca trucha		X
Percilia gillissi (Girard, 1855) **N**	Carmelita, Carmelia común, Coloradita		X
Cheirodon sp. **N**	Pocha, Pocha del sur	X	
Geotria australis (Gray,1851) **N**	Lamprea de bolsa, Anguila blanca, Lamprea agua dulce	X	X
Trichomycterus areolatus (Valenciennes, 1848) **N**	Bagre de agua dulce	X	
Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792) **I**	Trucha arcoíris	X	
Basilichthys australis (Eigenmann, 1928) **N**	Pejerrey, Pejerrey Chileno	X	

Tabla 4.8.4. Nombres científicos y comunes de las cuatro especies recolectadas en los cauces de los sitios de muestreo durante las campañas de otoño y primavera 2014. **N**= especie nativa; **I**=especie introducida.

nombre científico	**nombre común**
Basilichthys australis (Eigenmann, 1928) **N**	Pejerrey, Pejerrey Chileno
Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792) **I**	Trucha arco íris
Oncorhynchus kysutch (Walbaum, 1792) **I**	Salmon coho, Salmon del Pacífico.
Salmo trutta (Linnaeus, 1758) **I**	Trucha común, Trucha café, Trucha marrón
Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758) **I**	Carpa

4.8.4.2. Abundancia de la ictiofauna en las riberas y cauces en el área de estudio

La Tabla 4.8.5 muestra la representación numérica y porcentual de las especies de peces recolectados en las riberas del río Cruces (sectores Ciruelos, Rucaco, Fuerte San Luis y Punucapa), ríos tributarios del humedal (Pichoy y Cayumapu) y río Calle Calle, durante las campañas de otoño y primavera 2014.

La campaña de otoño estuvo dominada por el Puye *Galaxias maculatus*, y la Gambusia o Pez mosquito *Gambusia affinis* (Tabla 4.8.5). La representación porcentual de la muestra general (*i.e.,* considerando todas las especies de las riberas) fue muy similar para ambas especies; 47,7 y 46,1%, respectivamente. En las riberas de la estación 14 (río Angachilla), no se recolectó ningún pez, por lo que esta estación fue excluida de los siguientes análisis.

Durante la campaña de primavera, la especie más representativa de las riberas nuevamente fue *G. maculatus*, con una representación porcentual de 82,3% de la abundancia total de la ictiofauna recolectada en las riberas. La Tabla 4.8.5 muestra también un notorio aumento del Puye durante la campaña primaveral.

Tabla 4.8.5. Promedio (tres réplicas) de la abundancia numérica de los peces recolectados en las riberas de las estaciones de muestreo para las campañas de otoño y primavera (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones las que está representadas por números).

	1				**2**				**3**				**6**			
especie	**otoño**		**primavera**		**otoño**		**primavera**		**otoño**		**primavera**		**otoño**		**primavera**	
	N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
G. maculatus	9,7	46,0	61,3	86,4	14,3	79,6	9,0	90,0	10,0	40,0	3,0	23,7	20,7	93,9	17,0	78,0
G. affinis	7,7	36,5			2,7	14,8			13,7	54,7	9,0	71,1	0,3	1,5	2,0	9,2
P.gillissi			12,3	12,7			1,0	10,0			0,7	5,3				
Cheirodon sp.															2,7	12,0
G. australis	0,3	1,6							0,7	2,7						
T. areolatus	2,3	11,1	0,7	0,9	0,7	3,7			0,3	1,3						
O. mykkys	0,7	3,2														
B. australis					0,3	1,9										
P. trucha													0,7	3,0		

Continuación **Tabla 4.8.5.**

especie	8				10				12				14			
	otoño		primavera		otoño		Primavera		otoño		Primavera		otoño		primavera	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
G. maculatus	11,3	36,6	10,0	100	10,0	22,7	1,7	100	4,7	66,7	22,0	100			7,7	92,0
G. affinis	19,0	61,3			34,3	78,0			0,3	4,8					0,7	8,0
P.gillissi																
Cheirodon sp.																
G. australis																
T. areolatus																
O. mykkys																
B. australis																
P. trucha	0,7	2,2							2,0	28,6						

La Tabla 4.8.6 muestra la representación numérica y porcentual, de las cinco especies recolectadas en los cauces del río Cruces (sector Punucapa), ríos tributarios del humedal (río Pichoy y río Cayumapu) y río Calle Calle. El Pejerrey *Basilichthys australis* dominó en las estaciones 6 (río Cruces, sector Punucapa) y 12 (río Calle Calle), la Carpa *Cyprinus carpio* hizo lo propio en la estación 8 (río Pichoy interior), a la vez que la Trucha arco íris *Oncorhynchus mykiss* fue el pez recolectado con mayor abundancia en el cauce de la estación 10 (río Cayumapu interior).

Tabla 4.8.6. Número total de peces y su representación porcentual, para las cinco especies de los cauces obtenidas de los sitios de muestreo 6, 8, 10 y 12 (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones).

	6. río Cruces, sector Punucapa		8. río Pichoy interior		10. río Cayumapu interior		12. río Calle Calle	
especie	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
B. australis	79,0	92,9					30,0	68,2
O. mykiss	2,0	2,4			10,0	50,0	6,0	13,6
O. kysutch	1,0	1,2					7,0	15,9
S. trutta	3,0	3,5	9,0	37,5	5,0	25,0		
C. carpio			15,0	62,5	5,0	25,0	1,0	2,3

4.8.4.3. Diversidad de la ictiofauna en las riberas

Durante la campaña de otoño, los valores más altos y más bajos en cuanto a número y riqueza de especies se refiere, se estimaron en las estaciones 1 (río Cruces, sector Rucaco) y 10 (río Cayumapu) respectivamente (Tabla 4.8.7). Durante esta campaña, los valores del Índice de Diversidad de Shannon Wienner variaron entre 0,09 (estación 6, río Cruces, sector Punucapa) y 0,50 (estación 1, río Cruces, sector Ciruelos).

Durante la campaña de primavera, el valor más alto en cuanto a número y riqueza de especies se refiere, fue encontrado en la estación 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis), mientras que los valores más bajos se encontraron en las estaciónes 8 (río Pichoy) y 12 (río Calle Calle), donde sólo se encontró *Galaxia maculatus.* En la estación 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis), se obtuvo el valor más alto para el índice de Shanon Wienner (H' = 0,33), mientras que para las estaciones 8 y 12 se obtuvo un valor de H´ = 0 (debido a la presencia de solo una especie en las muestras).

En general, la campaña de primavera se caracterizó por presentar un menor número de individuos, especies y riqueza de especies y una mayor equidad en la abundancia de las especies encontradas en cada estación, lo que se ve reflejado en el aumento de los valores del índice de uniformidad de Pielou (J).

Tabla 4.8.7. Índices univariados estimados para la ictiofauna de las riberas del área de estudio (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones). Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, a excepción del n° especies, donde se muestra el total de especies encontradas.

	1		2		3		6	
	otoño	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
n° especies	5,00 (1,73)	3,00 (0,58)	4,00 (0,57)	2,00 (0,00)	4,00 (0,58)	3,00 (0,58)	3,00 (1,00)	3,00 (1,00)
n° individuos	21,00 (10,02)	10,67 (5,00)	18,00 (8,50)	4,00 (1,00)	25,00 (5,03)	5,00 (1,00)	22,00 (2,51)	6,00 (1,73)
riqueza de especies	1,32 (0,45)	0,57 (0,14)	1,04 (0,15)	0,74 (0,09)	0,94 (0,04)	0,86 (0,34)	0,65 (0,32)	0,51 (0,50)
Shannon & Wienner Log_{10}	0,50 (0,17)	0,29 (0,07)	0,29 (0,08)	0,25 (0,02)	0,37 (0,01)	0,33 (0,12)	0,09 (0,07)	0,23 (0,24)
uniformidad	0,71 (0,07)	0,83 (0,14)	0,48 (0,26)	0,82 (0,07)	0,61 (0,03)	0,91 (0,10)	0,20 (0,01)	0,58 (0,52)

Continuación **Tabla 4.8.7**

	8		10		12		14	
	otoño	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
n° especies	3,00 (0,57)	1,00 (0,00)	2,00 (1,53)	3,00 (1,53)	3,00 (0,57)	1,00 (0,00)	0,00 (0,00)	2,00 (0,58)
n° individuos	31,00 (4,00)	3,00 (1,00)	44,0 (5,85)	2,33 (2,52)	7,00 (7,93)	4,67 (1,15)	0,00 (0,00)	3,00 (1,00)
riqueza de especies	0,58 (0,2)	0,00 (0,00)	0,26(0,01)	0,39 (0,68)	1,03 (0,25)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,29 (0,50)
Shannon & Wienner Log_{10}	0,32 (0,03)	0,00 (0,00)	0,23 (0,04)	0,16 (0,27)	0,34 (0,15)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,10 (0,17)
uniformidad	0,68 (0,17)	0,00 (0,00)	0,77 (0,12)	0,33 (0,57)	0,70 (0,10)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,33 (0,57)

4.8.4.4. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM) – ictiofauna de riberas

Las Figuras 4.8.3 y 4.8.4, muestran el ordenamiento espacial de las réplicas de las estaciones muestreadas en base a sus características ictio faunísticas, durante las campañas de otoño y primavera y derivadas del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM). El valor de stress resultante para este análisis fue de 0,1, lo cual sugiere una buena representación gráfica de las diferencias y similitudes de la composición faunística de la ictiofauna de las riberas de las estaciones de muestreo.

Durante ambas campañas, no se observa un patrón claro en la distribución de los grupos asociados a las estaciones en base a una similitud del 60%; esto permite asumir que existe una alta homogeneidad entre estaciones e inclusive réplicas.

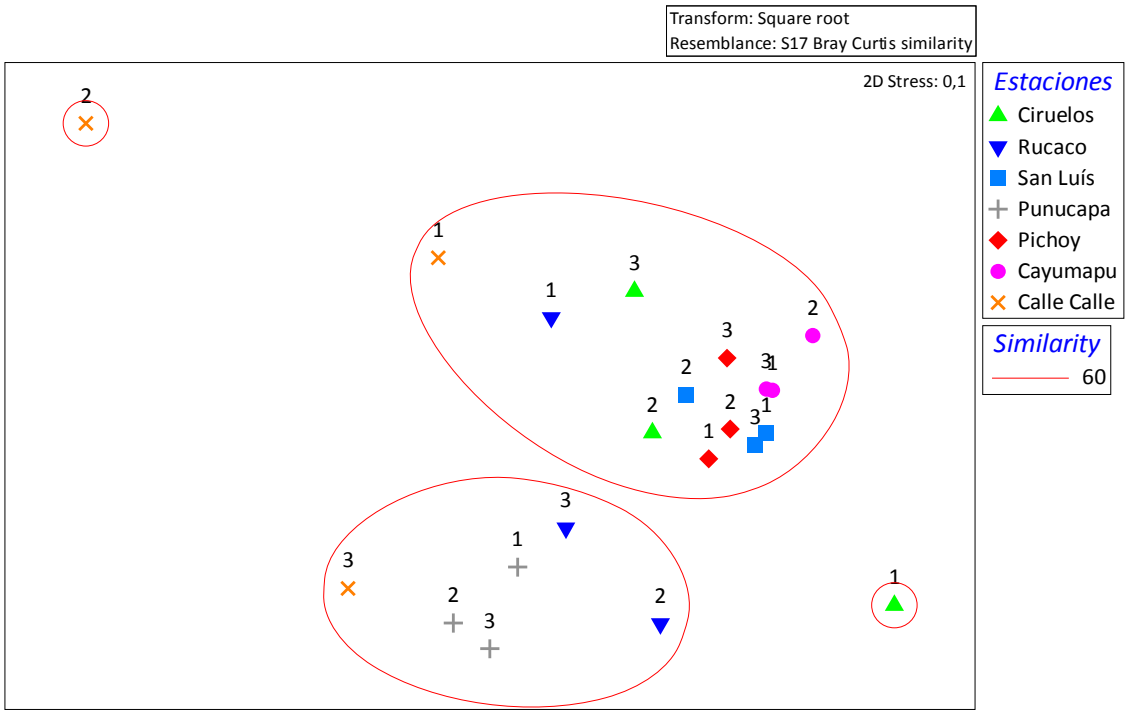


Figura 4.8.3. Representación gráfica resultante del análisis de escalamiento multidimensional no métrico de las muestras (tres réplicas), en base a las características ictio faunísticas de las estaciones analizadas durante la campaña de otoño. Los contornos rojos agrupan estaciones con similitud de 60% o más.

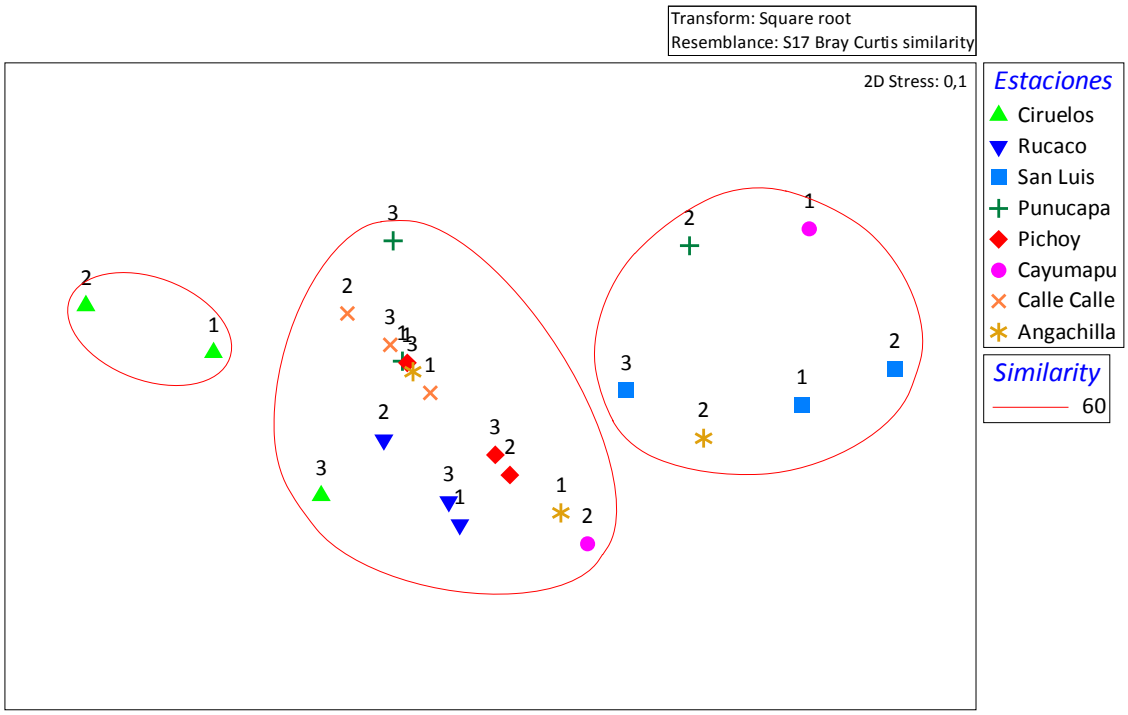


Figura 4.8.4. Representación gráfica resultante del análisis de escalamiento multidimensional no métrico de las muestras (tres réplicas), en base a las características ictio faunísticas de las estaciones analizadas durante la campaña de primavera. Los contornos rojos agrupan las estaciones que presentan una similitud de 60% o más.

4.8.4.5. Porcentajes de similitud (SIMPER)

La Tabla 4.8.8 muestra los porcentajes de similitud entre réplicas de estaciones de muestreo acorde la ictiofauna de sus riberas. Para la campaña de otoño, se observa que las especies que contribuyeron mayoritariamente a las similitudes faunísticas entre réplicas, fueron *Galaxias maculatus* (Puye) y *Gambusia affinis* (Gambusia), las especies más comunes del área de estudio. Estos resultados muestran que en general, la similitud entre réplicas fue superior al 80%, lo que da cuenta de la homogeneidad en abundancia de las réplicas obtenidas. Un patrón similar a este fue el observado al comparar la similitud faunística entre estaciones de muestreo.

Por otra parte, los resultados de la campaña de primavera muestran que la especie que contribuyó mayormente a las similitudes faunísticas entre réplicas fue *Galaxias*

maculatus, donde contribuye a nivel general (*i.e.,* considerando a todas las estaciones), con un 82,3% de la totalidad de especímenes encontrados. En esta campaña, *Gambusia affinis* sólo contribuyó con un 8,1% del total de la abundancia, disminuyendo su presencia en sitios de muestreo donde anteriormente había sido recolectada (*e.g.,* estación 1, 2, 8 y 10).

Tabla 4.8.8. Similitud entre réplicas para cada estación y contribución porcentual de las principales especies que contribuyen a esta similitud (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones).

	1		**2**		**3**		**6**		**8**		**10**		**12**		**14**	
	otoño	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
similitud promedio en %	67,3	65,9	62,3	89,5	83,8	64,4	90,6	58,6	87	82,9	87,5	13,2	90,6	86,3		60,8
contribución en %																
G. maculatus	45,6	67,1	78,4	71,5	45,4	45,6	98,3	88,5	33	100	23,5	100	100	100		100
G. affinis	54,5		21,6		53,2	54,4			65,7		76,6					
P. gillisi		32,9		28,5												

4.8.4.6. Relaciones longitud – peso e Índice de Condición, para los peces de las riberas

Durante la campaña de otoño, se midieron y pesaron 1116 individuos representados por las dos especies más representativas (*i.e., Galaxias maculatus* y *Gambusia affinis)*, provenientes de las riberas de los sitios muestreados. Por otra parte, para la campaña de primavera, se midieron y pesaron 1051 individuos. Los principales parámetros descriptivos de las poblaciones, número de individuos (n), longitud, peso y valores de la relación longitud peso se muestran en la Tabla 4.8.9, en la cual se consideraron las dos especies más representativas del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Para longitud total y peso se entregan los valores mínimo y máximo, promedio, desviación estándar (de) y moda. Para ambas campañas, los valores promedio de R^2 de la relación longitud peso, indican que el 90% de la variabilidad en el peso de *G. maculatus* y *G. affinis* puede ser explicado por la variabilidad en la longitud de los peces recolectados.

Galaxia maculatus presenta un claro patrón de incremento en su longitud y peso, desde la campaña de otoño hacia la primavera. Por otra parte, en *Gambusia affinis* se presentó el caso contrario, con una disminución de la longitud y peso desde la campaña de otoño a primavera, así como de la abundancia de ésta, donde el número de individuos recolectados en relación a la unidad de esfuerzo, fue menor.

Tabla 4.8.9. Número total de individuos, tallas máximas y mínimas y parámetros de la relación entre longitud y peso (a y b) para las dos especies más representativas de las riberas del área de estudio, durante las campañas de otoño y primavera; R^2 es el coeficiente de determinación. Datos para el total de la muestra (*i.e.,* todos los individuos recolectados de las estaciones).

		longitud total (cm)				peso (g)				$W=aL^b$		
especie	**n**	**min.**	**max.**	**promedio ± de**	**moda**	**min.**	**max.**	**media ± de**	**moda**	**a**	**b**	**R^2**
otoño												
G. maculatus	838	0,5	7,8	4,7 ± 0,1	5	0,09	2,9	0,7 ± 0,5	0,5	0,003	3,3	0,9
G. affinis	328	0,3	6,5	3,2 ± 1,0	3	0,04	4,5	0,6 ± 0,7	0,2	0,011	3,1	0,9
primavera												
G. maculatus	1012	2,4	12,5	5,8 ± 0,9	6	0,19	13,9	1,4 ± 0,7	1,1	0,010	2,8	0,9
G. affinis	39	1,8	4,2	2,9 ± 0,6	2,5	0,09	0,8	0,32 ± 0,2	0,3	0,018	2,6	0,9

La Tabla 4.8.10 muestra los valores de la ecuación destinada a describir la relación longitud - peso para cada estación de muestreo, tanto para *G. maculatus* y *G. affinis.* En general, cada campaña presenta valores de R^2 similares, sin embargo se ve una disminución de este valor en la campaña de primavera.

Tabla 4.8.10. Parámetros de la relación entre longitud y peso (a y b) para las dos especies más abundantes en las distintas estaciones, durante las campañas de otoño y primavera.

estaciones			*G. maculatus*		*G. affinis*	
			otoño	primavera	otoño	primavera
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
		a	0,003	0,007	0,028	
1 (sector Ciruelos)	$W=aL^b$	b	3,4	3,037	2,423	
		R^2	0,951	0,935	0,827	
		a	0,008	0,008	0,028	
2 (sector Rucaco)	$W=aL^b$	b	2,742	2,887	2,387	
		R^2	0,91	0,867	0,826	
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
		a	0,006	0,002	0,02	0,014
3 (sector Fuerte San Luis)	$W=aL^b$	b	3,066	3,52	2,802	2,821
		R^2	0,946	0,853	0,926	0,909
		a	0,004	0,007	0,017	0,016
6 (sector Punucapa)	$W=aL^b$	b	3,173	2,949	2,565	2,933
		R^2	0,935	0,841	0,814	0,988
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
		a	0,004	0,01	0,02	
8 (río Pichoy interior)	$W=aL^b$	b	3,237	2,782	2,438	
		R^2	0,906	0,818	0,867	
		a	0,004	0,009	0,017	
10 (río Cayumapu interior)	$W=aL^b$	b	3,184	2,891	2,536	
		R^2	0,899	0,898	0,954	
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
		a	0,003	0,012		
12 (río Calle Calle)	$W=aL^b$	b	3,382	2,611		
		R^2	0,944	0,876		
		a		0,017		
14 (río Angachilla)	$W=aL^b$	b		2,409		
		R^2		0,808		

Durante la campaña de primavera, se recolectó Galaxia maculatus en la estación 3 (río Cruces, sector Fuerte San Luis) y Gambusia affinis en las estaciones 6 (río Cruces, sector Punucapa), 10 (río Cayumapu) y 14 (río Angachilla). Sin embargo, las muestras de estas especies no superaron los 15 individuos por estación, por lo cual fueron excluidos de los análisis relación longitud – peso.

La Tabla 4.8.11 muestra los valores del Índice de condición de las dos especies más representativas de las riberas de los distintos sitios de muestreos para las campañas de otoño y primavera. En *Galaxias maculatus s*e observa que el factor de condición, aumenta en todas las estaciones desde otoño a primavera, mientras que en *Gambusia affinis* ocurre el caso contrario (aunque éste este basado en sólo una estación).

Tabla 4.8.11. Valores promedio del Índice de condición (desviaciones estándar en paréntesis) de las dos especies de peces más representativas de las riberas del área de estudio.

estaciones	***G. maculatus***		***G. affinis***	
	otoño	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	0,53 (0,09)	0,70 (0,09)	1,51 (0,41)	
2 (sector Rucaco)	0,56 (0,10)	0,67 (0,11)	1,42 (0,22)	
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
3 (sector Fuerte San Luis)	0,66 (0,07)		1,52 (0,26)	1,16 (0,18)
6 (sector Punucapa)	0,57 (0,07)	0,68 (0,09)	1,09 (0,36)	
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	0,55 (0,08)	0,69 (0,15)	1,20 (0,18)	
10 (río Cayumapu interior)	0,58 (0,11)	0,71 (0,08)	1,02 (0,14)	
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	0,52 (0,08)	0,62 (0,13)	-	
14 (río Angachilla)		0,58 (0,11)		

4.8.4.7. Proporción sexual e Índice Gonado – Somático de peces de los cauces

La Tabla 4.8.12 muestra el número de machos, hembras y proporción machos/hembras estimados para los peces recolectados en los cauces durante las campañas de otoño y primavera.

En otoño, el Pejerrey *Basilichthys australis* en la estación 6 (río Cruces, Punucapa) y la Carpa *Cyprinus carpio* en la estación 10 (río Cayumapu interior) estuvieron dominados por machos, a la vez que *B. australis* y la Trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* en la estación 12 (río Calle Calle) y la Trucha café *Salmo trutta* en la estación 8 (Pichoy interior), estuvieron representados mayoritariamente por hembras.

Durante la primavera, *B. australis* en la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa) y *C. carpio* en las estaciones 8 y 10 (ríos Pichoy y Cayumapu) estuvieron dominados por machos, situación similar a la campaña de otoño. Por otra parte, *O. mykiss* en las estaciones 1 (río Cruces, sector Ciruelos) y 12 (río Calle Calle), *S. trutta* en la estación 10 (río Cayumapu interior) y *C. carpio* en la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos), estuvieron más representados por hembras.

Las estimaciones deben ser tomadas con precaución debido al bajo número de peces recolectados, lo cual pueden llevar a asumir estimaciones incorrectas en las proporciones sexuales obtenidas durante este Prgrama de Diagnóstico.

Tabla 4.8.12. Número de machos (m), hembras (h) y radio machos / hembras (m/h) de los peces del cauce recolectados en el área de estudio, durante las campañas de otoño y primavera, año 2014.

estaciones	*B. australis*						*O. mykiss*						*S. trutta*						*C. carpio*					
	otoño			primavera			otoño			primavera			otoño			primavera			otoño			primavera		
	m	h	m/h	m	h	m/h	m	h	m/h	m	h	m/h	M	h	m/h	m	h	m/h	m	h	m/h	m	h	m/h
Porción superior del río Cruces (sector límnico)																								
1 (sector Ciruelos)							2,0	4,0	0,5							2,0	2,0	1,0				2,0	3,0	0,7
Eje central del río Cruces (sector estuarial)																								
6 (sector Punucapa)	23,0	18,0	1,3	68,0	29,0	2,3	-	-	-				-	-	-				-	-	-			
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)																								
8 (río Pichoy interior)	-	-	-				-	-	-				1,0	4,0	0,3				3,0	1,0	3,0	3,0	2,0	1,5
													0,2	0,8					0,8	0,3				
10 (río Cayumapu interior)	-	-	-				-	3,0	-		1,0		-	2,0	-	1,0	5,0	0,2	1,0	-	-	4,0	1,0	4,0
								1,0						1,0					1,0					
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios																								
12 (río Calle Calle)	3,0	12,0	0,3	4,0	4,0	1,0	1,0	2,0	0,5				-	-	-				-	-	-			
	0,2	0,8					0,3	0,7																

La Tabla 4.8.13 muestra los valores de los índices gónado - somáticos de machos y hembras de los peces capturados en los cauces durante las campañas de otoño y primavera. Para otoño, se observan valores bajos para el Pejerrey *B. australis* y la Trucha café *S. trutta* y valores más altos para la Trucha arco iris *O. mykiss* y la Carpa *C. carpio*.

El valor IGS aumentó notoriamente de 0,6 a 7,3 desde otoño a primavera en *B. australis*. En *C. carpio* en la estación 8 (río Pichoy) se observó una disminución en los valores del IGS.

Tal como mencionado con anterioridad, estas estimaciones deben ser tomadas con precaución debido al bajo número de peces recolectados, situación que se replica en ambas campañas y lo que puede llevar a asumir estimaciones incorrectas de los índices gónado somáticos.

Tabla 4.8.13. Valores del índice Gónado - Somático (IGS) de los peces del cauce recolectados en el área de estudio, durante las campañas de otoño y primavera, año 2014. IGS_m: Índice Gónado - Somático promedio de los machos; IGS_h: Índice Gónado - Somático promedio de las hembras; IGS_p: Índice Gónado - Somático promedio total.

estaciones	*B. australis*						*O. mykiss*						*S. trutta*						*C. carpio*					
	otoño			primavera			otoño			Primavera			otoño			primavera			otoño			primavera		
	IGS_m	IGS_h	IGS_p	IGS_m	IGS_h	IGS_p	IGS_m	IGS_h	IGS_p	IGS_m	IGS_h	IGS_p	IGS_m	IGS_h	IGS_p	IGS_m	IGS_h	IGS_p	IGS_m	IGS_h	IGS_p	IGS_m	IGS_h	IGS_p
Porción superior del río Cruces (sector límnico)																								
1 (sector Ciruelos)										-	0,3	-				-	0,3	-				0,8	5,6	3,2
Eje central del río Cruces (sector estuarial)																								
6 (sector Punucapa)	0,4	1,0	0,6	3,2	11,4	7,3	-	-	-				-	-	-				-	-	-			
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)																								
8 (río Pichoy interior)	-	-	-				-	-	-				0,5	0,2	0,2				3,6	10,5	5,9	1,3	2,4	1,8
10 (río Cayumapu interior)	-	-	-				-	6,1	4,6				-	0,3	0,3	-	0,6	-	0,1	-	0,1	2,2	9,0	5,6
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios																								
12 (río Calle Calle)	0,3	0,8	0,7	4,2	5,2	4,7	0,2	0,2	0,2				-	-	-				-	-	-			

4.8.4.8. Elementos y compuestos químicos

Metales pesados en peces de las riberas

Las Tablas 4.8.14 a 4.8.16 y Figuras 4.8.5 a 4.8.11 muestran la concentración de metales pesados en ejemplares completos del Puye *Galaxias maculatus* durante las campañas de otoño y primavera.

Los metales pesados más representados (*i.e*., mayores concentraciones) fueron Hierro, Aluminio, Manganeso y Zinc, respectivamente (Tabla 4.8.14 y 4.8.15). En general, las concentraciones de Hierro, Aluminio, Cobre, Plomo y Mercurio fueron más altas durante la campaña de primavera.

El Manganeso y el Zinc presentaron escasa variabilidad entre campañas y estaciones de muestreo, mientras que el Cadmio y el Arsénico no se detectaron en ninguna estación ni campaña de muestreo.

Tabla 4.8.14. Concentración de Hierro, Aluminio y Manganeso en ejemplares completos de *Galaxias maculatus,* recolectados en el área de estudio durante las campañas de otoño y primavera. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

Estación	Hierro (µg/g)		Aluminio (µg/g)		Manganeso (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Galaxias maculatus						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	266,09 (1,5)	270,59 (5,6)	186,75 (10,3)	218,09 (7,5)	89,90 (1,3)	42,18 (0,4)
2 (sector Rucaco)	410,79 (5,8)	409,71 (9,0)	383,51 (2,0)	414,64 (17,3)	57,16 (1,4)	50,81 (0,7)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	237,56 (9,4)	472,51 (20,9)	322,37 (33,6)	420,47 (25,5)	24,80 (0,3)	32,19 (2,3)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	293,27 (23,7)	548,58 (41,6)	313,00 (0,7)	542,19 (16,4)	77,93 (4,2)	68,47 (1,2)
10 (río Cayumapu interior)	217,19 (10,3)	211,51 (9,9)	213,39 (7,7)	186,07 (4,3)	44,41 (0,5)	36,71 (0,6)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	254,03 (20,5)	523,11 (9,7)	209,94 (6,1)	458,57 (9,7)	21,07 (0,5)	27,71 (0,2)

Tabla 4.8.15. Concentración de Cobre, Zinc y Plomo en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*, recolectados en el área de estudio estudio durante las campañas de otoño y primavera. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Cobre (µg/g)		Zinc (µg/g)		Plomo (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Galaxias maculatus						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	**0,100**	3,412 (0,0)	254,164 (5,3)	208,626 (3,1)	0,045 (0,0)	0,044 (0,0)
2 (sector Rucaco)	**0,100**	3,306 (0,0)	225,999 (4,7)	213,245 (7,8)	0,061 (0,0)	0,131 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	3,457 (0,3)	4,222 (0,1)	161,872 (4,1)	178,009 (3,8)	0,055 (0,0)	0,094 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	3,402 (0,2)	3,914 (0,1)	184,949 (3,4)	150,849 (2,2)	0,042 (0,0)	0,192 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	3,133 (0,0)	3,673 (0,1)	1,93,691 (1,0)	183,405 (1,9)	0,060 (0,0)	0,057 (0,0)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	3,541 (0,0)	5,951 (0,0)	140,692 (4,7)	193,613 (1,1)	0,111 (0,0)	0,958 (0,2)

Tabla 4.8.16. Concentración de Cadmio, Arsénico y Mercurio en ejemplares completos de *Galaxias maculatus,* recolectados en el área de estudio durante las campañas de otoño y primavera. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Cadmio (µg/g)		Arsénico (µg/g)		Mercurio (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Galaxias maculatus						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,2701 (0,0)	0,2806 (0,0)
2 (sector Rucaco)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,2258 (0,0)	0,2605 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,1071 (0,0)	0,1360 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,0769(0,0)	0,1698 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,1215 (0,0)	0,1335 (0,0)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,1975 (0,0)	0,2718 (0,0)

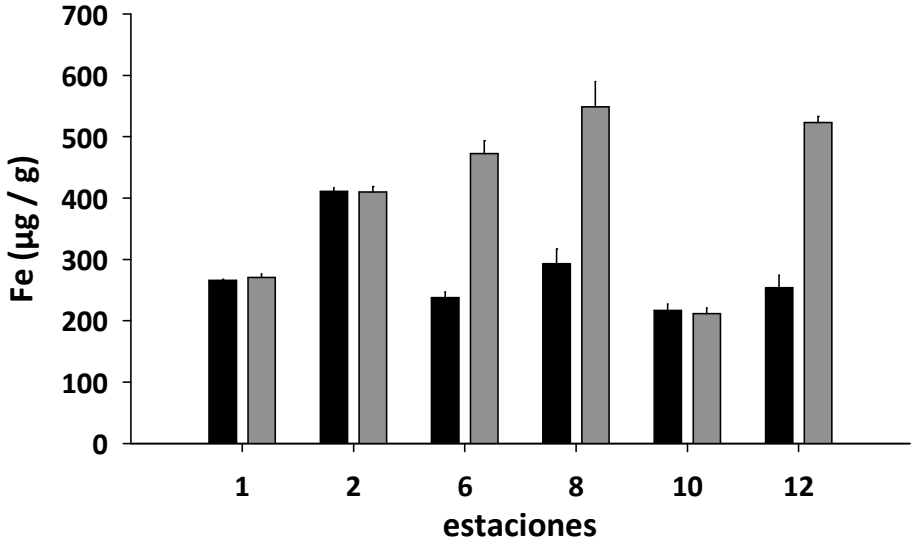


Figura 4.8.5. Concentraciones de Hierro en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

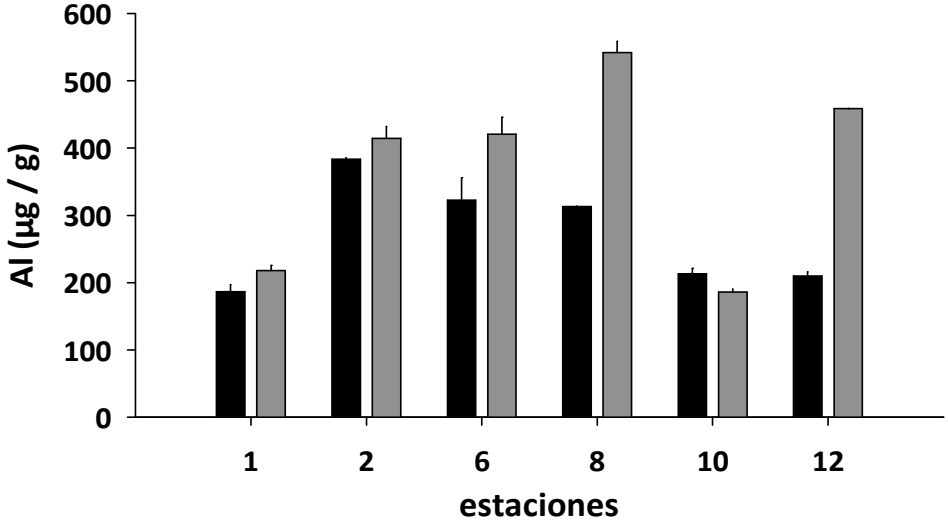


Figura 4.8.6. Concentraciones de Aluminio en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

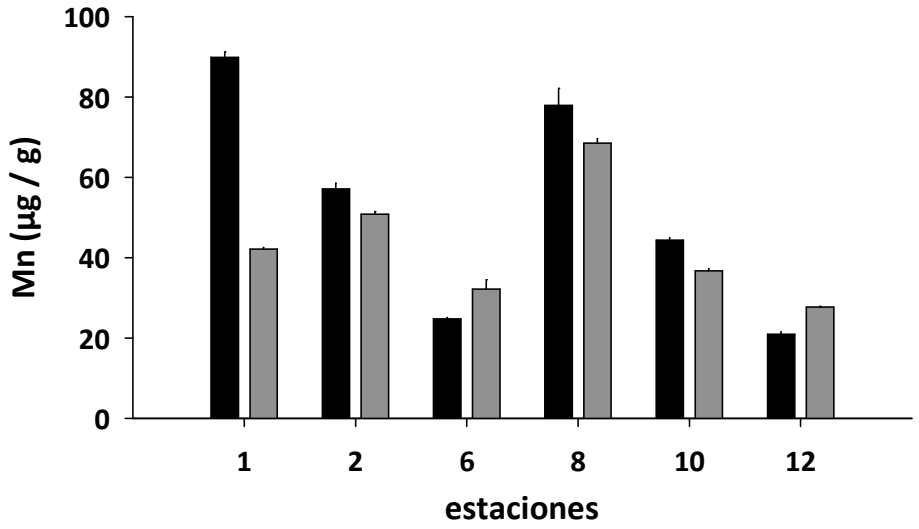


Figura 4.8.7. Concentraciones de Manganeso en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

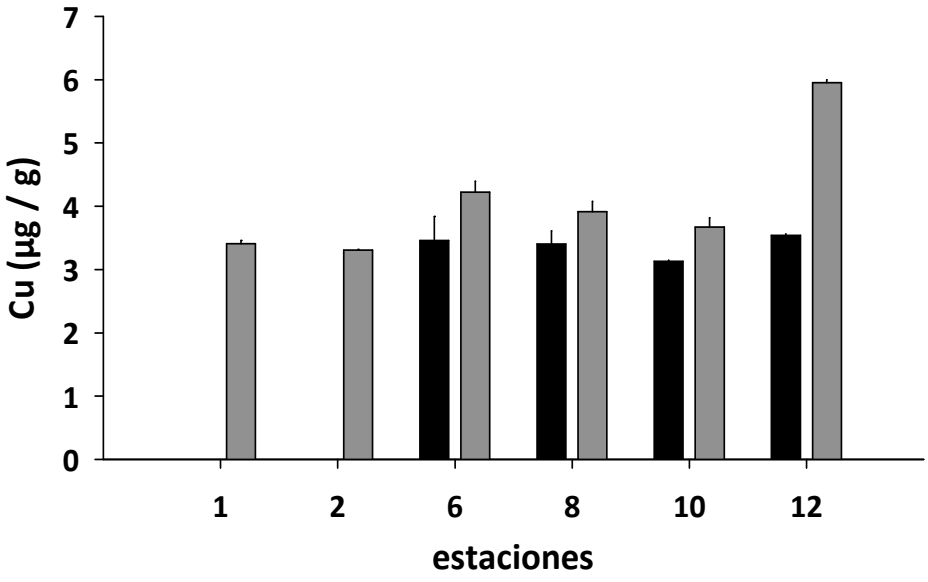


Figura 4.8.8. Concentraciones de Cobre en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

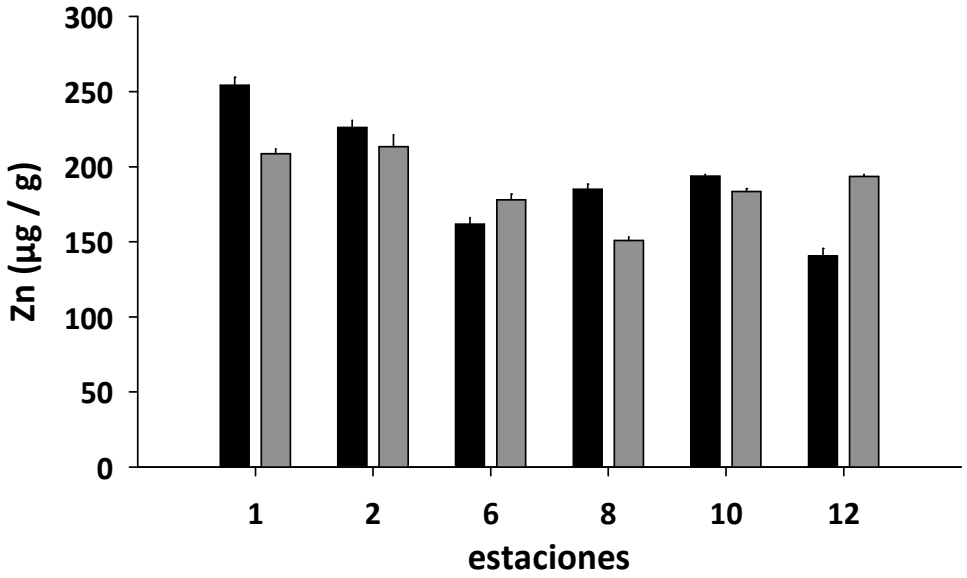


Figura 4.8.9 Concentraciones de Zinc en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

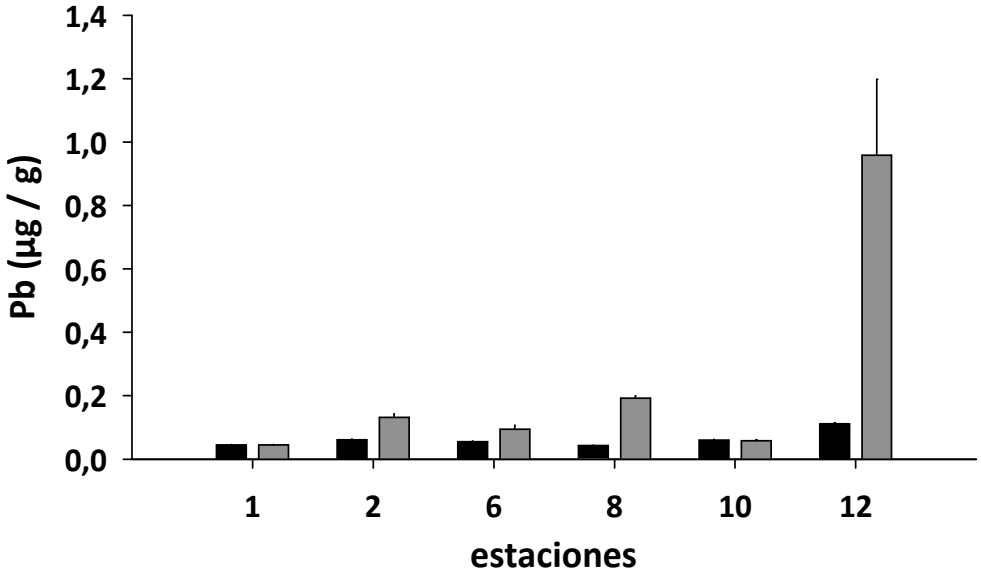


Figura 4.8.10. Concentraciones de Plomo en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

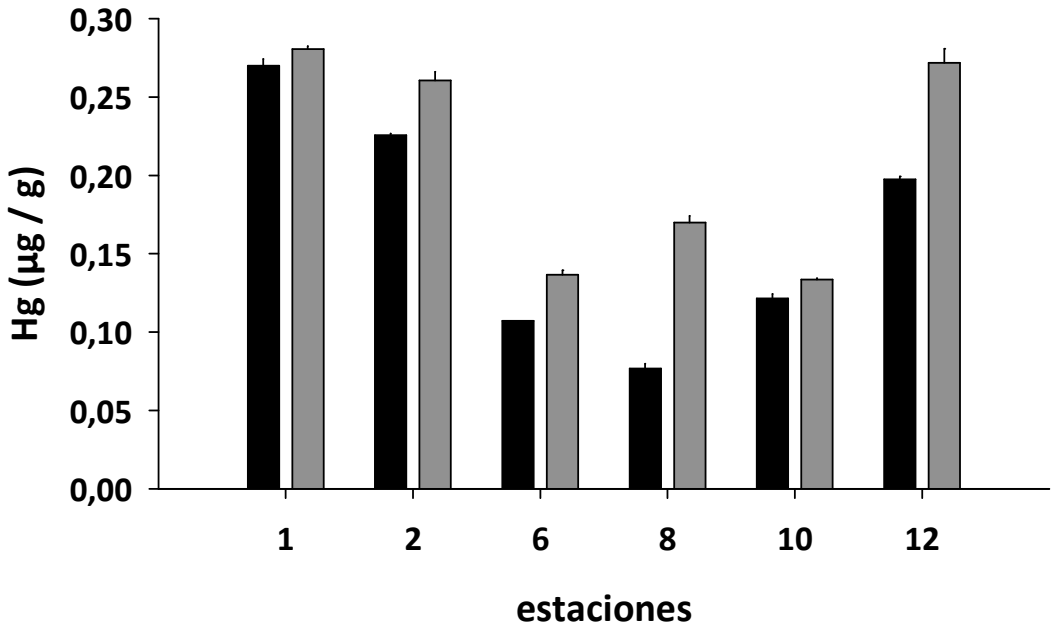


Figura 4.8.11. Concentraciones de Mercurio en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Análisis estadísticos

Las concentraciones de Cadmio y Arsénico no alcanzaron valores por sobre el límite de detección de la técnica utilizada. Cuando se detectó Cobre, este no se detectó en todas las estaciones. Debido a lo anterior, ninguno de los metales anteriormente mencionados fue incluido en los análisis estadísticos.

Con la excepción del Manganeso y el Zinc, los metales pesados presentaron diferencias significativas entre campañas (otoño y primavera), con las concentraciones más altas detectadas durante la campaña de primavera (Tabla 4.8.17). En términos espaciales, Manganeso, Zinc y Mercurio tuvieron concentraciones más altas en el sector límnico, mientras que el Plomo tuvo valores más altos fuera del humedal del río Cruces. Para el caso

del Zinc, la interacción Campaña x Sector fue significativa, por lo que se debe tener cautela en su interpretación.

Tabla 4.8.17. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Hierro, Aluminio, Manganeso, Zinc, Plomo y Mercurio, en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*, entre los factores principales campaña (primavera y otoño de 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F =sector estuarial, fuera del humedal río Cruces); ver análisis estadísticos en 4.8.3.7. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción CxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Fe	Campaña (C)	1	0,12902	0,18573	11,37	**0,004**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	0,02738	0,00913	0,56	0,650	
	Campaña x Sector (CxS)	3	0,09303	0,03101	1,90	0,171	
	Error	16	0,26129	0,01633			
	Total	23	0,51071				
Al	Campaña (C)	1	62210	76416	5,64	**0,030**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	14532	4844	0,36	0,784	
	Campaña x Sector (CxS)	3	31527	10509	0,78	0,524	
	Error	16	216758	13547			
	Total	23	325027				
Mn	Campaña (C)	1	0,01351	0,00022	0,02	0,891	
	Sector (S)	3	0,59693	0,19898	17,69	**0,000**	L = T > F = EE
	Campaña x Sector (CxS)	3	0,09547	0,03182	2,83	0,072	
	Error	16	0,17994	0,01125			
	Total	23	0,88585				
Zn	Campaña (C)	1	189,3	103,8	0,77	0,393	
	Sector (S)	3	14887,8	4962,6	36,88	**0,000**	L > EE = F = T
	Campaña x Sector (CxS)	3	5553,5	1851,2	13,76	**0,000**	
	Error	16	2153	134,6			
	Total	23	22783,6				
Pb	Campaña (C)	1	0,77419	0,92285	24,77	**0,000**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	1,54185	0,51395	13,79	**0,000**	L = T = EE < F
	Campaña x Sector (CxS)	3	0,42105	0,14035	3,77	0,032	
	Error	16	0,59612	0,03726			
	Total	23	3,33321				
Hg	Campaña (C)	1	0,010004	0,009919	27,48	**0,000**	primavera > otoño
	Sector (S)	3	0,101458	0,033819	93,70	**0,000**	EE = T < F = L
	Campaña x Sector (CxS)	3	0,002558	0,000853	2,36	0,110	
	Error	16	0,005775	0,000361			
	Total	23	0,119796				

Metales pesados en peces de los cauces

***Basilichtys australis* (Atherinopsidae)**

Las Tablas 4.8.18 a 4.8.20 y Figuras 4.8.12 a 4.8.14 muestran las concentraciones de metales pesados en tejidos musculares del Pejerrey *Basilichtys australis,* durante las campañas de otoño y primavera.

Los metales pesados más representados (*i.e.*, mayores concentraciones) fueron Hierro y Zinc (Tabla 4.8.18 y 4.8.19). En general, las concentraciones de Zinc y Mercurio fueron más altas durante la campaña de primavera. El Hierro no presentó un patrón asociado a alguna campaña o estación de muestreo. El Plomo sólo fue detectado en peces de una estación durante la campaña de otoño, mientras que no se detectó la presencia de Aluminio, Manganeso, Cobre, Cadmio y Arsénico en ninguna estación ni campaña.

Tabla 4.8.18. Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso en tejidos musculares de especímenes de *Basilichtys australis* (Atherinopsidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Hierro (µg/g)		Aluminio (µg/g)		Manganeso (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Basilichtys australis						
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	19,13 (2,4)	13,01 (1,2)	**0,3**	**0,3**	**0,1**	**0,1**
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	10,49 (0,4)	13,02 (0,2)	**0,3**	**0,3**	**0,1**	**0,1**

Tabla 4.8.19. Concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo en tejidos musculares de especímenes de *Basilichtys australis* (Atherinopsidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado. (*) = un solo dato.

estación	Cobre (µg/g)		Zinc (µg/g)		Plomo (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Basilichtys australis						
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	**0,1**	**0,1**	47,75 (2,1)	49,12 (0,0)	0,01*	**0,01**
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (Calle Calle)	**0,1**	**0,1**	46,98 (0,2)	58,95 (1,1)	**0,01**	**0,01**

Tabla 4.8.20. Concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio en tejidos musculares de especímenes de *Basilichtys australis* (Atherinopsidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Cadmio (µg/g)		Arsénico (µg/g)		Mercurio (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Basilichtys australis						
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,17 (0,0)	0,21 (0,0)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,21 (0)	0,23 (0,0)

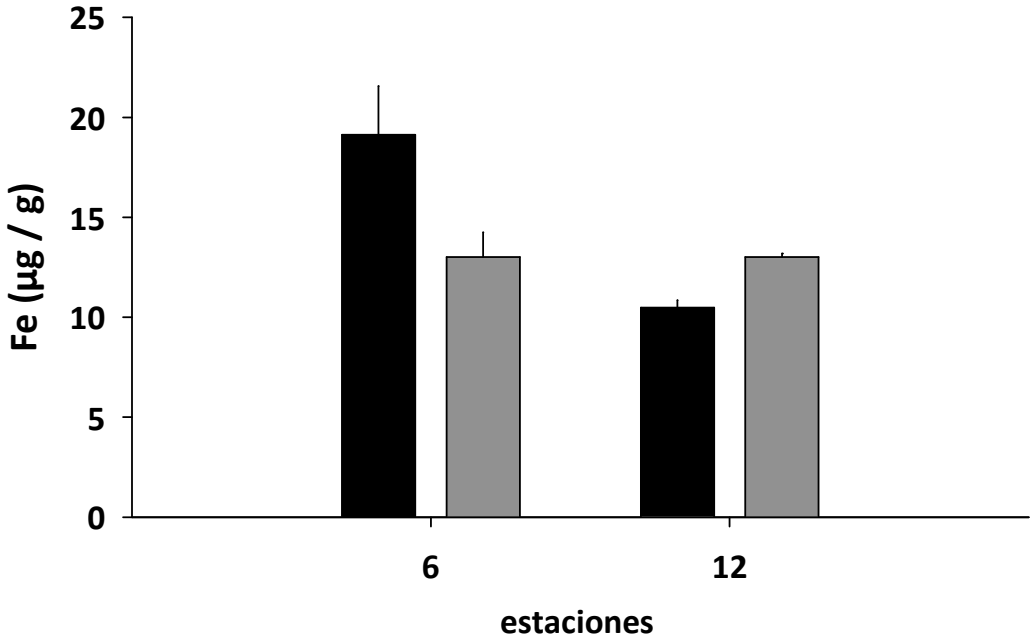


Figura 4.8.12. Concentraciones de Hierro en tejidos musculares de especímenes de *Basilichtys australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

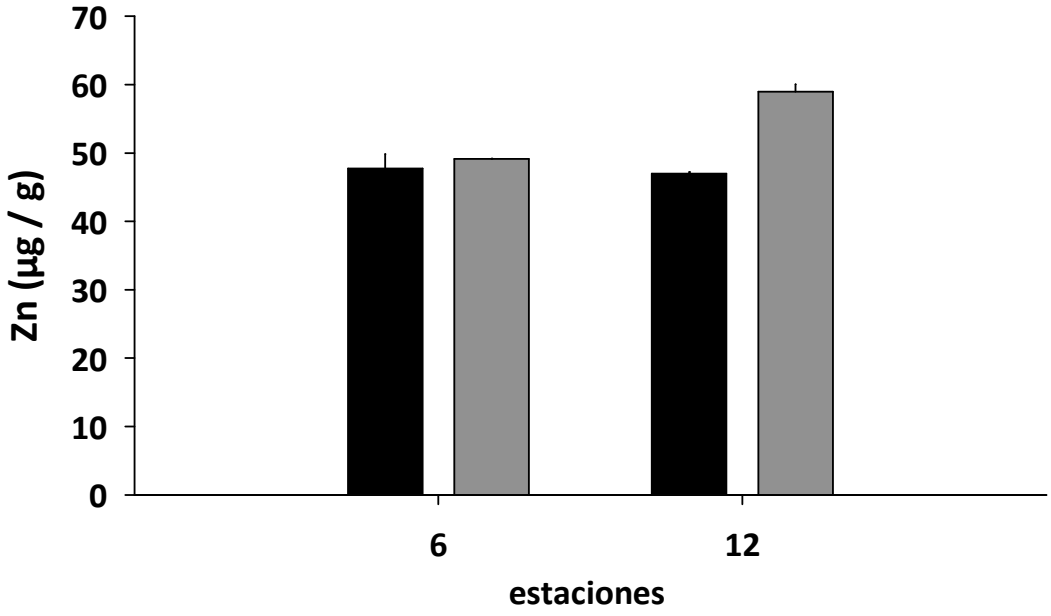


Figura 4.8.13. Concentraciones de Zinc en tejidos musculares de especímenes de *Basilichtys australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

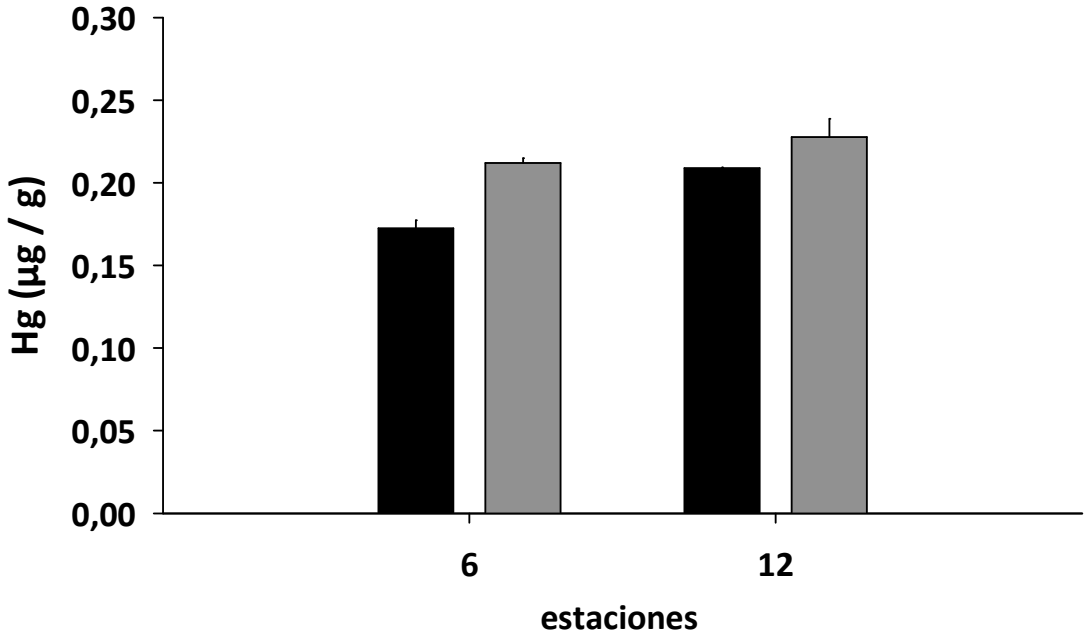


Figura 4.8.14. Concentraciones de Mercurio en tejidos musculares de especímenes de *Basilichtys australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

***Cyprinus carpio* (Cyprinidae)**

Las Tablas 4.8.21 a 4.8.23 y Figuras 4.8.15 a 4.8.18 muestran las concentraciones de metales pesados en tejidos musculares de la Carpa *Cyprinus carpio,* durante las campañas de otoño y primavera.

Cabe destacar que para *C. carpio* y durante la campaña de primavera, fue posible obtener especímenes de dos estaciones más que las estudiadas durante el otoño (estaciones 1 y 6; río Cruces, sectores Ciruelos y Punucapa, respectivamente), por lo que las comparaciones mencionadas a continuación, están basadas en las estaciones en las que se obtuvieron especímenes durante ambas campañas.

Los metales pesados más representados (*i.e.*, mayores concentraciones) fueron Hierro y Zinc (Tablas 4.8.21 y 4.8.22). La variabilidad de estos metales no presentó un patrón

asociado a alguna campaña o estación de muestreo. Las concentraciones de Mercurio fueron más altas durante la campaña de primavera; el Plomo sólo fue detectado en una estación durante la campaña de otoño, mientras que el Aluminio, Manganeso, Cobre, Cadmio y Arsénico no se detectaron en peces de ninguna estación y campaña.

Tabla 4.8.21. Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso en tejidos musculares de especímenes de *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) recolectados en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, correspondientes a los períodos de otoño y primavera. SM= sin muestra. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Hierro (µg/g)		Aluminio (µg/g)		Manganeso (µg/g)	
	otoño	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Cyprinus carpio						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	18,17 (0,4)	SM	**0,3**	SM	**0,1**
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
6 (sector Punucapa)	SM	44,77 (1,4)	SM	**0,3**	SM	**0,1**
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	33,46 (0,9)	28,31 (0,3)	**0,3**	**0,3**	**0,1**	**0,1**
10 (río Cayumapu interior)	17,42 (0,6)	38,60 (1,2)	**0,3**	**0,3**	**0,1**	**0,1**

Tabla 4.8.22. Concentraciones de Cobre, Zinc y Plomo en tejidos musculares de *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) recolectados en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, correspondientes a los períodos de otoño y primavera. (*) = un solo dato; SM= sin muestra. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Cobre (µg/g)		Zinc (µg/g)		Plomo (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Cyprinus carpio						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,1**	SM	36,52 (0,2)	SM	0,06*
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
6 (sector Punucapa)	SM	**0,1**	SM	45,97 (0,6)	SM	0,10 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	**0,1**	**0,1**	39,59 (0,4)	27,60 (0,4)	**0,01**	0,08 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	**0,1**	**0,1**	39,88 (1,7)	29,46 (1,0)	0,01*	0,07 (0.0)

Tabla 4.8.23. Concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio en tejidos musculares de especímnes de *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) recolectados en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, correspondientes a los períodos de otoño y primavera. SM= sin muestra. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Cadmio (µg/g)		Arsénico (µg/g)		Mercurio (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Cyprinus carpio						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,36 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)						
6 (sector Punucapa)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,12 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,17 (0,0)	0,25 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,08 (0,0)	0,23 (0,0)

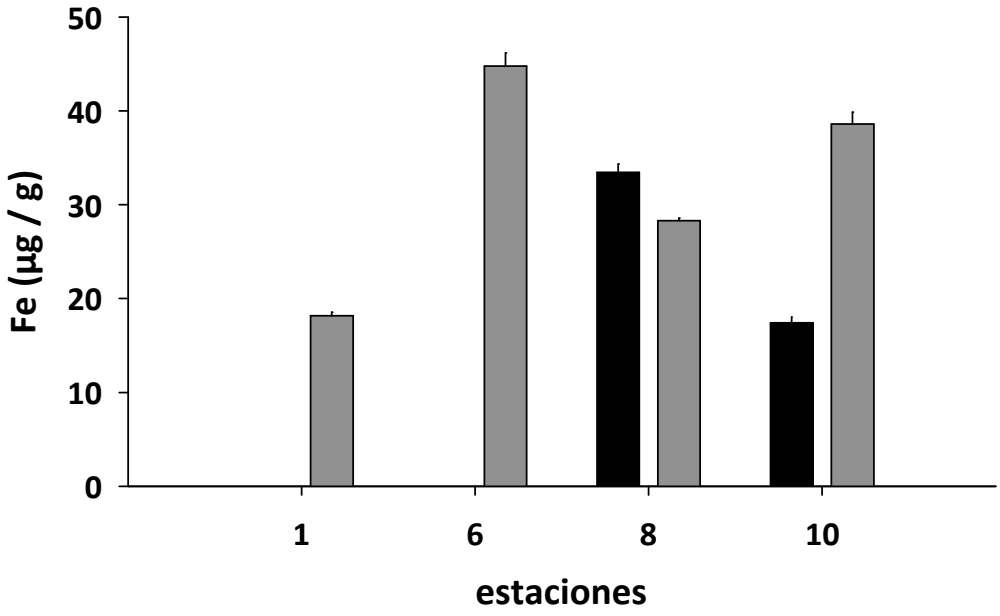


Figura 4.8.15. Concentraciones de Hierro en tejidos musculares de especímenes de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

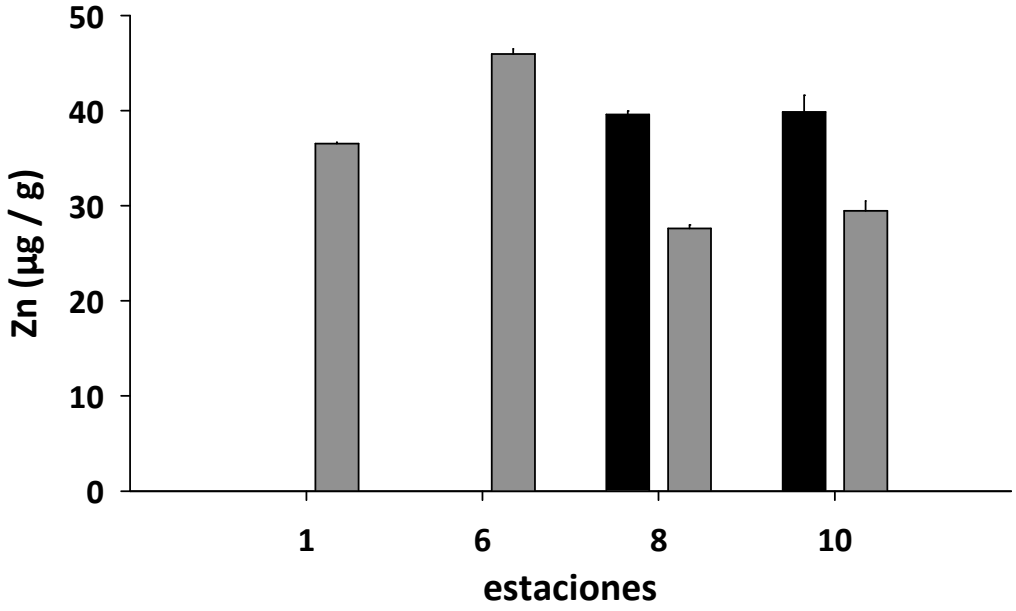


Figura 4.8.16. Concentraciones de Zinc en tejidos musculares de especímenes de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

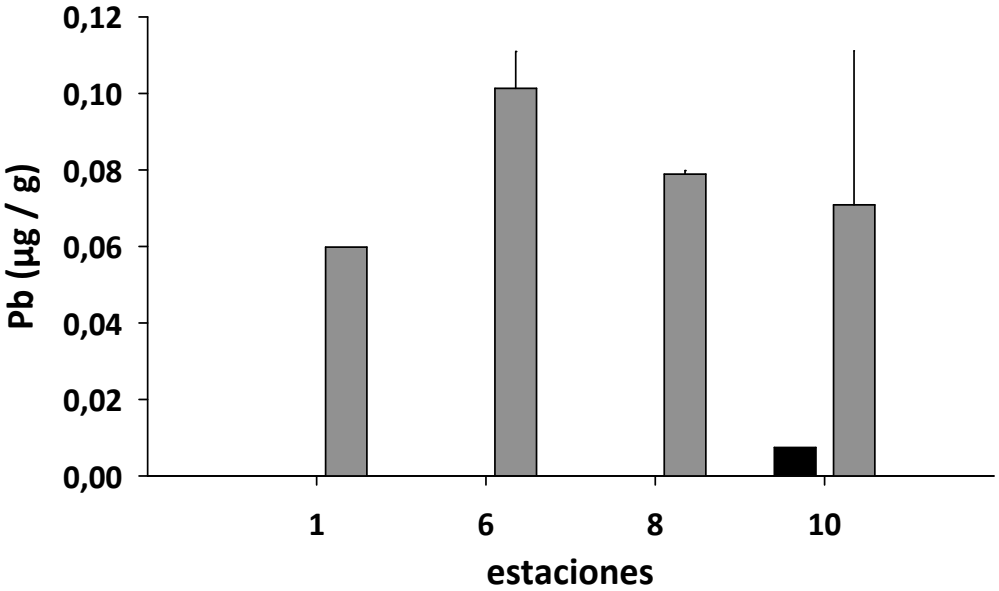


Figura 4.8.17. Concentraciones de Plomo en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

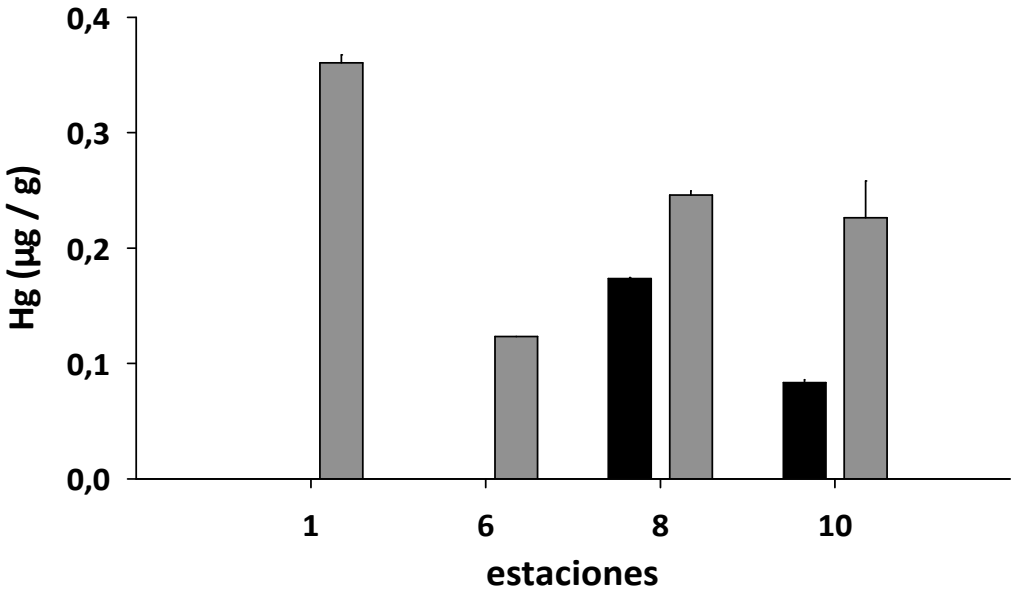


Figura 4.8.18. Concentraciones promedio de Mercurio en tejidos musculares de especímenes de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

***Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae)**

Las Tablas 4.8.24 a 4.8.26 y Figuras 4.8.19 a 4.8.22 muestran las concentraciones de metales pesados en tejidos musculares de la Trucha café *Salmo trutta* y la Trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss,* durante las campañas de otoño y primavera.

Cabe destacar que para *S. trutta*, durante la campaña de otoño se recolectaron especímenes en las estaciones 6 (río Cruces, sector Punucapa), 8, 10 y 12 (ríos Pichoy, Cayumapu y Calle Calle, respectivamente), mientras que en primavera se recolectaron especímenes de esta especie en las estaciones 1 (río Cruces, sector Ciruelos), 10 y 12 (ríos Cayumapu y Calle Calle, respectivamente). Para *O. mykiss* y durante la campaña de otoño, se recolectaron peces en la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), mientras que en primavera se recolectaron especímenes de esta especie en las estaciones; 1 (río Cruces, sector Ciruelos), 8 y 10 (ríos Pichoy y Cayumapu, respectivamente). Las comparaciones

mencionadas a continuación, están basadas en las estaciones en las que se obtuvieron especímenes durante ambas campañas.

Para ambas especies de salmonídeos, los metales pesados más representados (*i.e*., mayores concentraciones) fueron Hierro y Zinc (Tablas 4.8.24 y 4.8.25), los que no mostraron un patrón asociado a alguna campaña o estación de muestreo.

El Mercurio presentó sus mayores concentraciones durante la campaña de otoño, mientras que las del Plomo fueron más altas durante la campaña de primavera. No se detectó Aluminio, Manganeso, Cobre, Cadmio y Arsénico en ninguna estación o campaña.

Tabla 4.8.24. Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso en tejidos musculares de especímenes de *Salmo trutta* y *Oncorhyncus mykkis* (Salmonidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, correspondientes a los períodos de otoño y primavera. SM= sin muestra.Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Hierro (µg/g)		Aluminio (µg/g)		Manganeso (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Salmo trutta						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	14,67 (0,1)	SM	**0,3**	SM	**0,1**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	10,77 (0,7)	SM	**0,3**	SM	**0,1**	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	8,64 (0,9)	SM	**0,3**	SM	**0,1**	SM
10 (río Cayumapu interior)	11,25 (0,9)	11,93 (0,8)	**0,3**	**0,3**	**0,1**	**0,1**
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (sector río Calle Calle)	14,01 (0,0)	11,71 (0,7)	**0,3**	**0,3**	**0,1**	**0,1**
Oncorhynchus mykiss						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	19,49 (0,8)	SM	**0,3**	SM	**0,1**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	19,54 (0,7)	SM	**0,3**	SM	**0,1**	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	SM	12,99 (0,2)	SM	**0,3**	SM	**0,1**
10 (río Cayumapu interior)	SM	15,58 (0,1)	SM	**0,3**	SM	**0,1**

Tabla 4.8.25. Concentraciones promedio de Cobre, Zinc y Plomo en tejidos musculares de especímenes de *Salmo trutta* y *Oncorhyncus mykkis* (Salmonidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. (*)= un solo dato; SM= sin muestra. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Cobre (µg/g)		Zinc (µg/g)		Plomo (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Salmo trutta						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,1**	SM	26,09 (0,4)	SM	0,08 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	**0,1**	SM	18,75 (0,3)	SM	0,02*	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	**0,1**	SM	29,64 (0,7)	SM	0,01 (0,0)	SM
10 (río Cayumapu interior)	**0,1**	**0,1**	21,04 (0,0)	17,71 (0,3)	0,01 (0,0)	0,07*
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	**0,1**	**0,1**	26,47 (0,6)	58,95 (1,1)	0,01 (0,0)	0,07 (0,0)
Oncorhynchus mykiss						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,1**	SM	24,99 (0,4)	SM	0,05 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	**0,1**	SM	20,62 (0,7)	SM	0,01 (0,0)	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	SM	**0,1**	SM	25,04 (0,4)	SM	0,04 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	SM	**0,1**	SM	19,04 (0,2)	SM	0,06 (0,0)

Tabla 4.8.26. Concentraciones de Cadmio, Arsénico y Mercurio en tejidos musculares de especímenes de *Salmo trutta* y *Oncorhyncus mykkis* (Salmonidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis, correspondientes a los períodos de otoño y primavera. SM= sin muestra. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Cadmio (µg/g)		Arsénico (µg/g)		Mercurio (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Salmo trutta						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,32 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,29 (0,0)	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,51 (0,0)	SM
10 (río Cayumapu interior)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,55 (0,0)	0,27 (0,0)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	1,15 (0,0)	0,66 (0,0)
Oncorhynchus mykiss						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,17 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,27 (0,0)	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,24 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	1,10 (0,0)

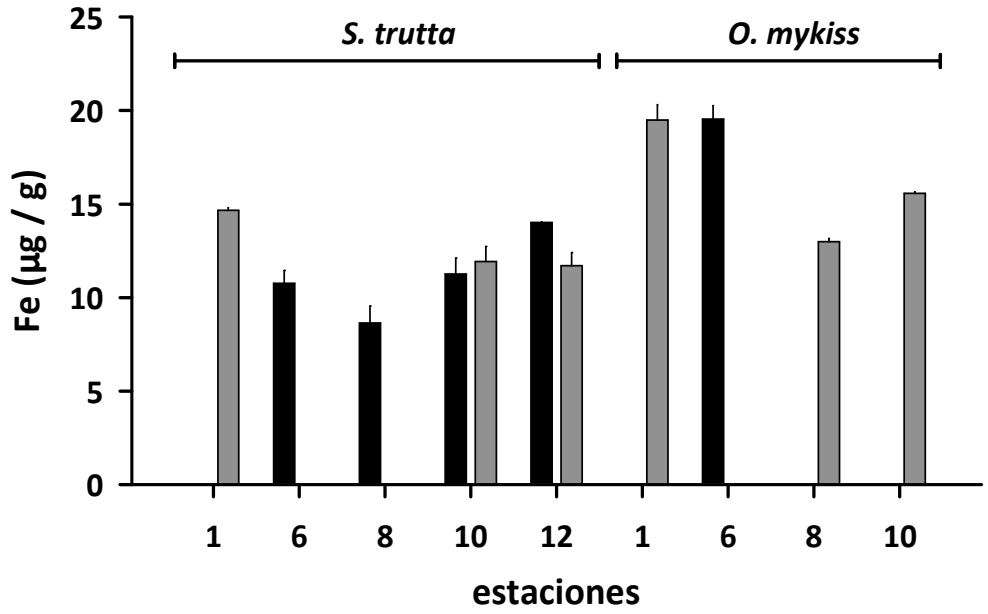


Figura 4.8.19. Concentraciones de Hierro en tejidos musculares de especímenes de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

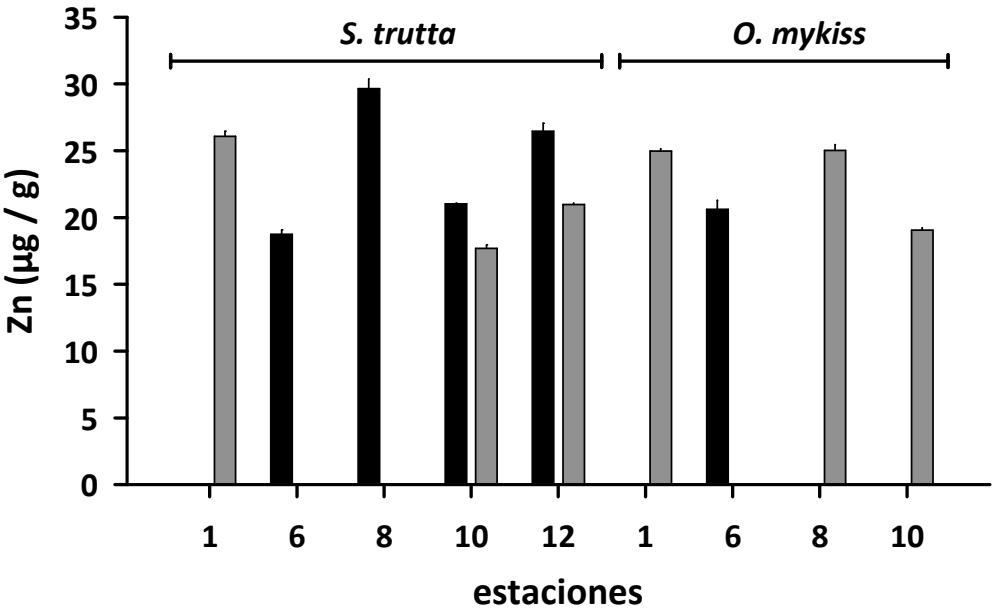


Figura 4.8.20. Concentraciones de Zinc en tejidos musculares de especímenes de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

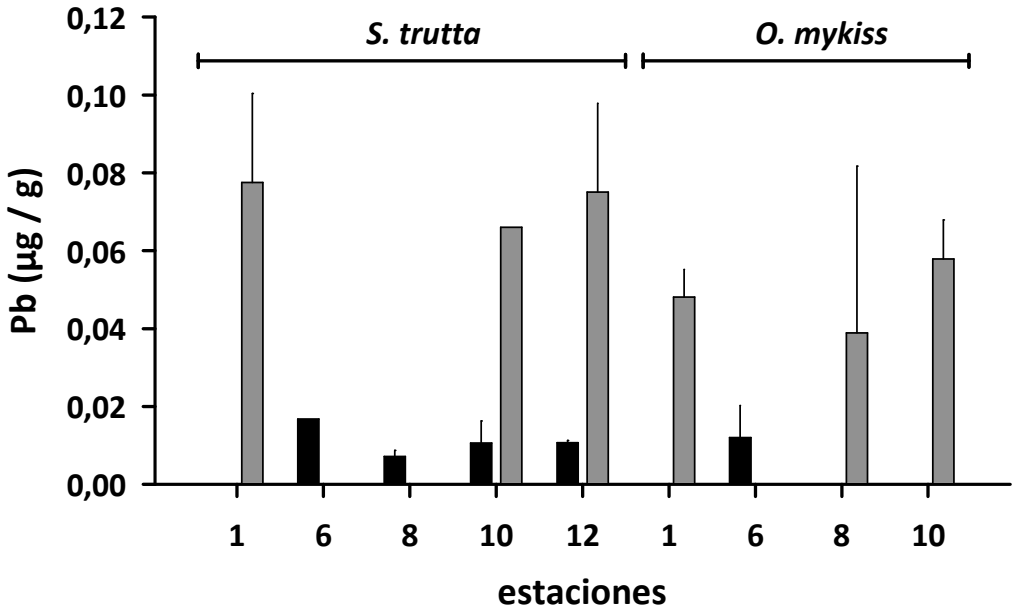


Figura 4.8.21. Concentraciones de Plomo en tejidos musculares de especímenes de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

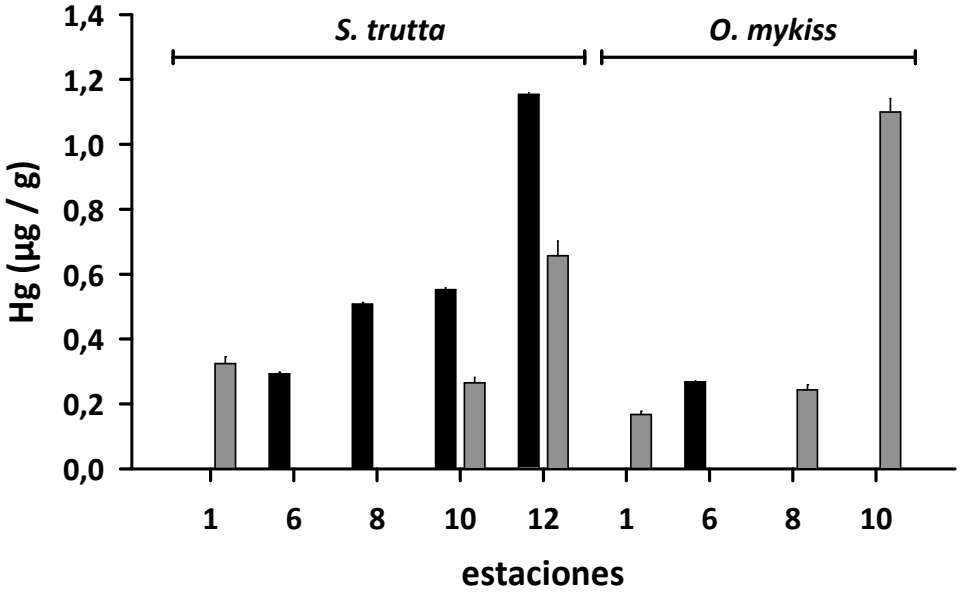


Figura 4.8.22. Concentraciones de Mercurio en tejidos musculares de especímenes de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Análisis estadísticos

Las concentraciones de Aluminio, Manganeso, Cobre, Cadmio y Arsénico en tejidos musculares de las especies analizadas, no alcanzaron valores que fueran más altos que el límite de detección de la técnica utilizada. Cuando se detectó Plomo, este no se detectó en todas las especies. Debido a lo anterior, éste no fue incluido en los análisis estadísticos.

Las concentraciones de Hierro, Zinc y Mercurio, no mostraron diferencias significativas entre campañas (Tabla 4.8.27). En términos espaciales, sólo el Hierro mostró diferencias significativas entre sectores, con las concentraciones más altas en tejidos musculares de peces recolectados en el eje central del río Cruces (sector estuarial) (Tabla 4.8.27).

Para el caso del Hierro y Zinc, se detectaron concentraciones significativamente más altas en la Carpa *Cyprinus carpio* y el Pejerrey *Basilichthys australis*, respectivamente (Tabla 4.8.27). Las concentraciones más altas de Mercurio se detectaron en tejidos musculares de la Trucha café *Salmo trutta* y la Trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* (Tabla 4.8.27).

Tabla 4.8.27. Resumen del ANDEVA y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de metales pesados, en el tejido muscular de los peces del cauce, entre los factores principales campaña (primavera y otoño de 2014), entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F =sector estuarial, fuera del humedal río Cruces) y entre especies (*Basilichthys australis* (Ba)*, Cyprinus carpio* (Cc)*, Salmo trutta* (St) *y Oncorhynchus mykiss* (Om); ver análisis estadísticos en 4.8.3.7. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. N= normalidad; H= Homocedasticidad; ✓= cumple; x= no cumple.

Parametro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Tukey	Supuestos	
								N	H
Log Fe	Campaña	1	0,07949	0,02199	1,98	0,168		✓	x
	Seccion	3	0,1869	0,03308	2,98	**0,045**	EE > TT = L = F		
	Especie	3	0,87446	0,29149	26,25	**0,000**	Cc > Ba = Om > St		
	Error	34	0,37757	0,0111					
	Total	41	1,51841						
Zn	Campaña	1	2,69	11,5	0,44	0,510		✓	x
	Seccion	3	917,52	29,05	1,12	0,356			
	Especie	3	4090,82	1363,61	52,45	**0,000**	Ba > Cc = Om = St		
	Error	34	883,86	26					
	Total	41	5894,9						
Log Hg	Campaña	1	0,00028	0,01748	0,37	0,545		✓	x
	Seccion	3	0,49521	0,11118	2,38	0,087			
	Especie	3	1,20717	0,40239	8,61	**0,000**	St = Om > Ba = Cc		
	Error	34	1,5892	0,04674					
	Total	41	3,29185						

Compuestos orgánicos persistentes en peces de las riberas

Las Tablas 4.8.28 y 4.8.29 y Figuras 4.8.23 a 4.8.26 muestran las concentraciones de Lípidos, Ácidos Grasos y Resínicos, AOX y EOX, en ejemplares completos del Puye *Galaxias maculatus* durante las campañas de otoño y primavera.

En general, las concentraciones más altas de Lípidos y Ácidos grasos se encontraron en los peces recolectados durante la campaña de otoño; no se detectaron Ácidos resínicos en ninguna de las muestras analizadas (Tabla 4.8.28).

Las concentraciones de AOX no mostraron un patrón claro al comparar ambas campañas, a la vez que las concentraciones de EOX fueron en general más altas en las muestras de peces recolectadas durante el otoño (Tabla 4.8.29).

Tabla 4.8.28. Concentraciones de Lípidos, Ácidos grasos y Ácidos resínicos en ejemplares completos de *Galaxias maculatus,* recolectados en el área de estudio durante las campañas de otoño y primavera. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado. SM= sin muestra. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Lípidos (µg/g)		Ác. Grasos (µg/g)		Ác. Resínicos (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Galaxias maculatus						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	39578 (434,7)	56799 (536,2)	2686 (347,3)	3486 (533,5)	**0,01**	**0,01**
2 (sector Rucaco)	57587 (460,1)	39649 (434,8)	4102 (115,1)	2734 (37,9)	**0,01**	**0,01**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	88176 (299,5)	4055 (698,3)	5965(151,8)	1813 (306,5)	**0,01**	**0,01**
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	SM	48075 (43,0)	2710 (256,9)	1758 (71,2)	**0,01**	**0,01**
10 (río Cayumapu interior)	67494 (583,2)	45591 (998,0)	3192 (242,2)	2223 (33,3)	**0,01**	**0,01**
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	126798 (3273)	30830 (301,5)	6692 (188,9)	3968 (866,6)	**0,01**	**0,01**

Tabla 4.8.29. Concentraciones de AOX y EOX en ejemplares completos de *Galaxias maculatus,* recolectados en el área de estudio durante las campañas de otoño y primavera. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estación	AOX (µg/g)		EOX (µg/g)	
	otoño	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Galaxias maculatus				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	19,9 (2,6)	24,4 (1,4)	5,4 (0,5)	7,5 (0,9)
2 (sector Rucaco)	31,3 (4,2)	13,9 (0,5)	8,2 (0,8)	6,2 (3,4)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	27,9 (0,1)	27,4 (3,7)	7,8 (0,3)	5,2 (1,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	42, 2 (4,7)	18,7 (1,8)	4,7 (0,1)	5,4 (0,4)
10 (río Cayumapu interior)	27,6 (4,7)	15,3 (1,8)	12,8 (1,9)	4,6 (1,7)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	22,7 (3,4)	38,1 (3,3)	7,1 (0,0)	1,9 (0,3)

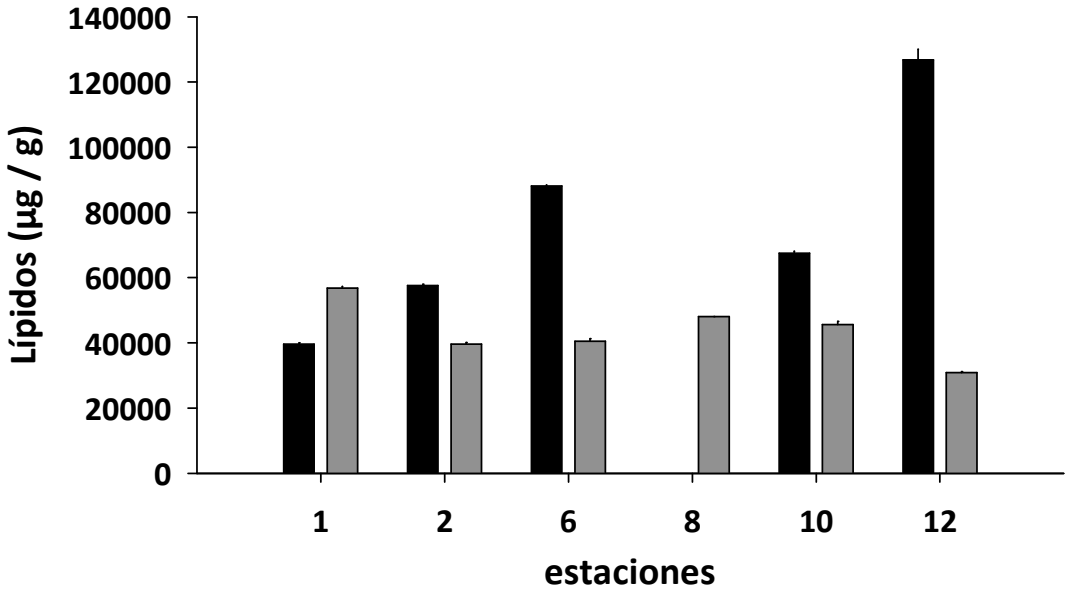


Figura 4.8.23. Concentraciones de Lípidos en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

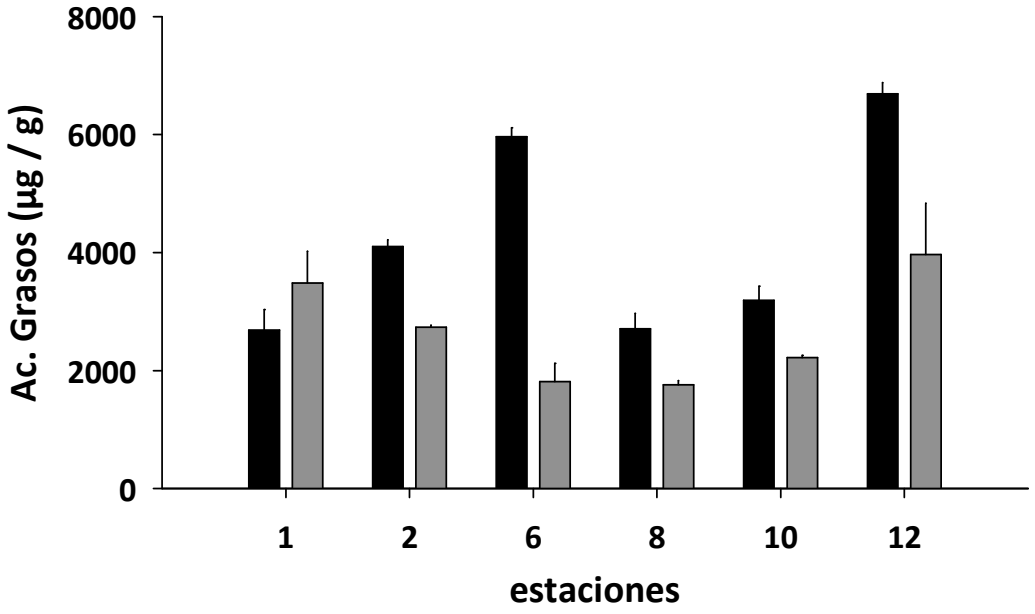


Figura 4.8.24. Concentraciones de Ácidos Grasos en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

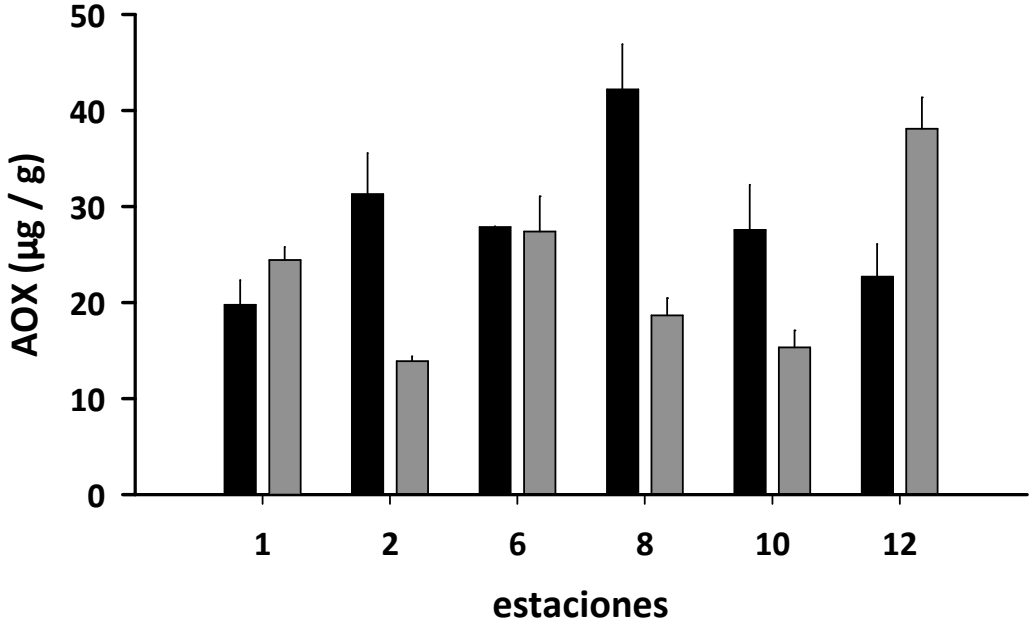


Figura 4.8.25. Concentraciones de AOX en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

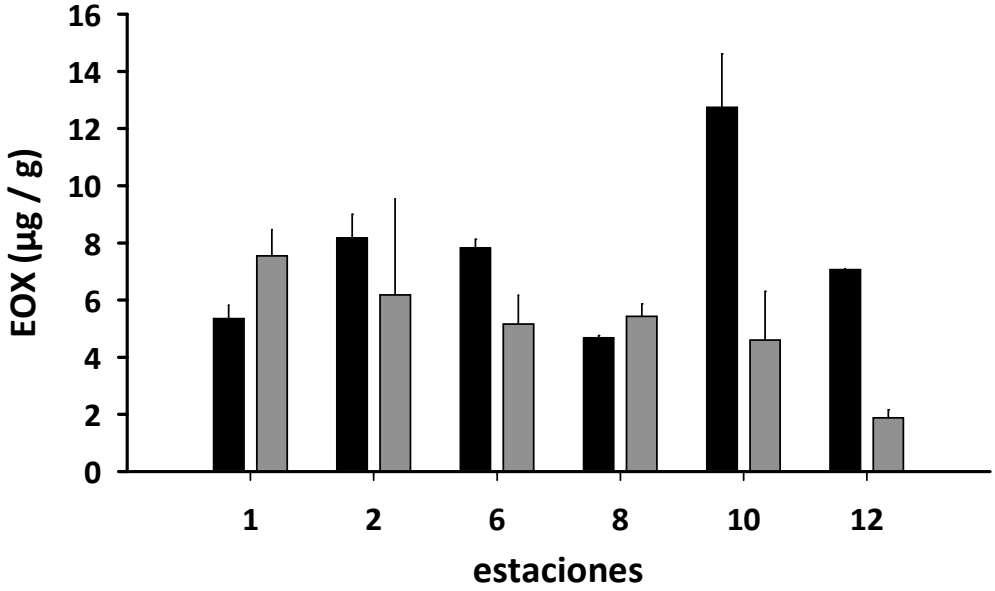


Figura 4.8.26. Concentraciones de EOX en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Análisis estadísticos

Las concentraciones de Ácidos Resínicos no alcanzaron valores que estuviesen por sobre el límite de detección de la técnica utilizada. Cuando se detectaron Lípidos, este no se detectó en todas las estaciones. Debido a lo anterior, estos compuestos no fueron incluidos en los análisis estadísticos.

Con excepción de los AOX, los Ácidos Grasos y EOX presentaron diferencias significativas entre el factor principal campañas (otoño y primavera), con las concentraciones más altas durante la campaña de otoño (Tabla 4.8.30).

En términos espaciales, sólo los Ácidos Grasos presentaron diferencias significativas en relación al sector; las concentraciones más altas de estos compuestos se encontraron en peces recolectados fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Tabla 4.8.30). Para el caso de los AOX, la interacción C x S fue significativa, por lo que se debe tener cautela en su interpretación (Tabla 4.8.30).

Tabla 4.8.30. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Ácidos Grasos, AOX y EOX, en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*, entre los factores principales campaña (primavera y otoño de 2014) y entre los cuatro sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces y F =sector estuarial, fuera del humedal río Cruces); ver análisis estadísticos en 4.8.3.7. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción CxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Ác. grasos	Campaña (C)	1	14616954	21982748	78,58	**0,000**	otoño > primavera
	Sector (S)	3	22900908	7633636	27,29	**0,000**	T < L = EE < F
	Campaña x Sector (CxS)	3	12053267	4017756	14,36	**0,000**	
	Error	16	4476259	279766			
	Total	23	54047389				
AOX	Campaña (C)	1	188,27	29,02	0,8	0,385	
	Sector (S)	3	194,08	64,69	1,78	0,192	
	Campaña x Sector (CxS)	3	772,11	257,37	7,06	**0,003**	
	Error	16	582,97	36,44			
	Total	23	1737,43				
EOX	Campaña (C)	1	37,7	43,682	7,24	**0,016**	otoño > primavera
	Sector (S)	3	17,939	5,98	0,99	0,422	
	Campaña x Sector (CxS)	3	23,602	7,867	1,3	0,307	
	Error	16	96,494	6,031			
	Total	23	175,735				

Compuestos orgánicos persistentes en peces de los cauces

***Basilichtys australis* (Atherinopsidae)**

Las Tablas 4.8.31 y 4.8.32 y Figuras 4.8.27 a 4.8.30 muestran las concentraciones de Lípidos, Ácidos Grasos y Resínicos, AOX y EOX, en tejidos musculares del Pejerrey *Basylicthus australis* durante las campañas de otoño y primavera.

Las concentraciones de Lípidos y Ácidos grasos fueron más altas en muestras de peces recolectadas en la campaña de otoño. No se detectaron Ácidos Resínicos en las muestras analizadas (Tabla 4.8.31).

Las concentraciones de AOX y EOX fueron más altas durante la campaña de otoño (Tabla 4.8.32).

Tabla 4.8.31. Concentraciones de Lípidos, Ácidos grasos y Ácidos resínicos en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* (Atherinopsidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Lípidos (µg/g)		Ác. Grasos (µg/g)		Ác. Resínicos (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Basilichtys australis						
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	230006,6 (78,0)	25869,1 (672,5)	3383,1 (745,1)	2014,6 (41,7)	**0,01**	**0,01**
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	45519,6 (75,9)	29410,8 (744,4)	4118,7 (135,0)	2788,6 (222,7)	**0,01**	**0,01**

Tabla 4.8.32. Concentraciones de AOX y EOX en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* (Atherinopsidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estación	AOX (µg/g)		EOX (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera
Basilichtys australis				
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	10,0 (1,7)	6,2 (0,7)	6,2 (0,8)	5,4 (1,1)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	13,8 (1,9)	12,0 (0,1)	8,8 (0,5)	2,2 (0,3)

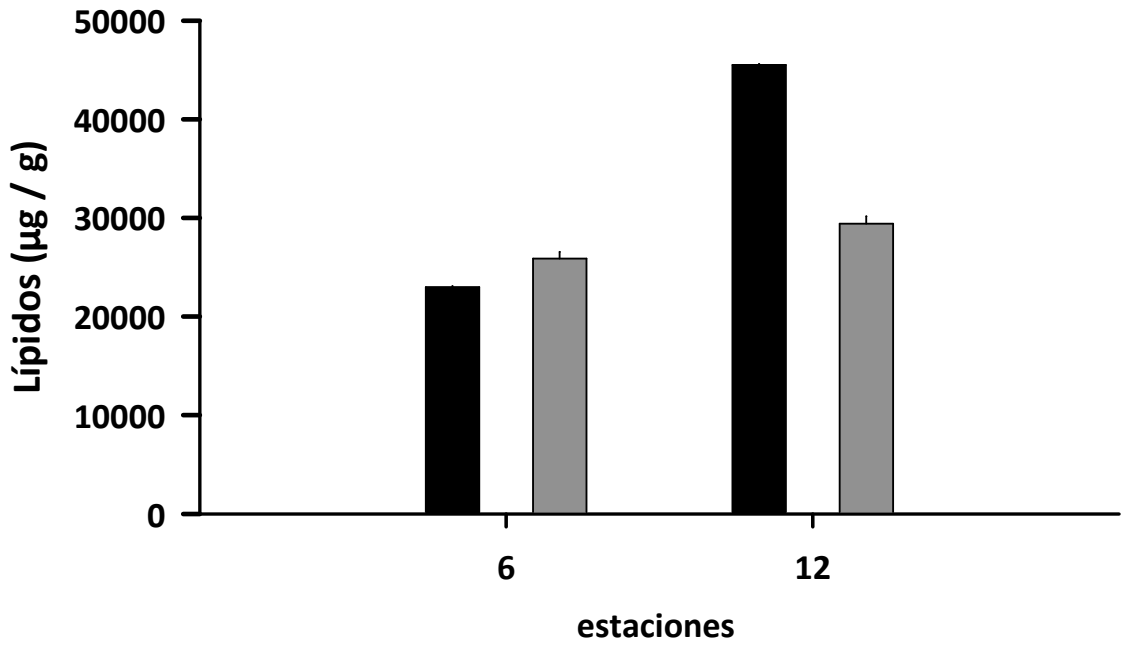


Figura 4.8.27. Concentraciones de Lípidos en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

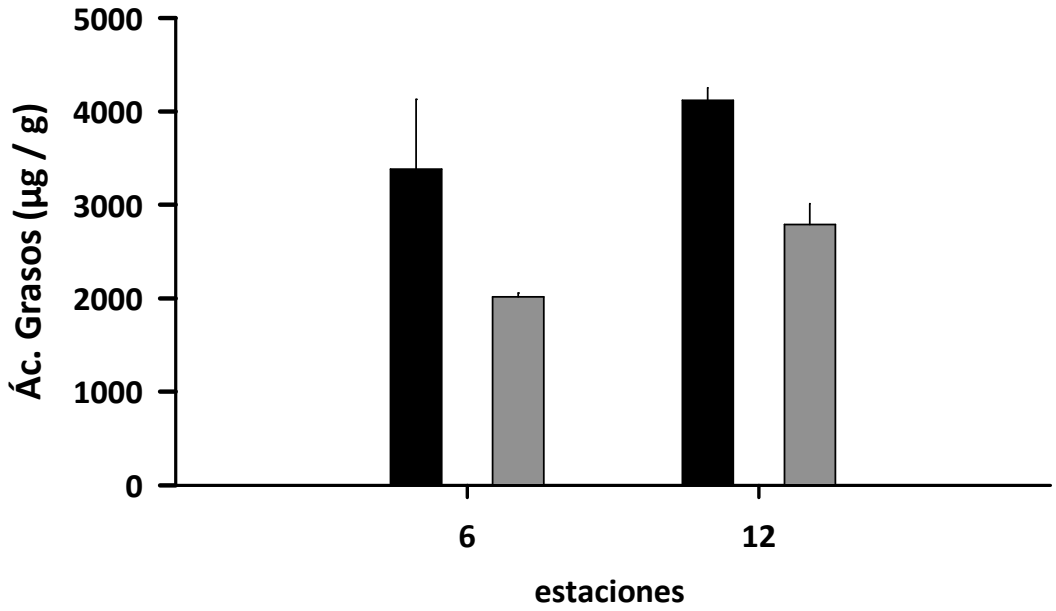


Figura 4.8.28. Concentraciones de Ácidos Grasos en tejidos musculares de *Basylicthus australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

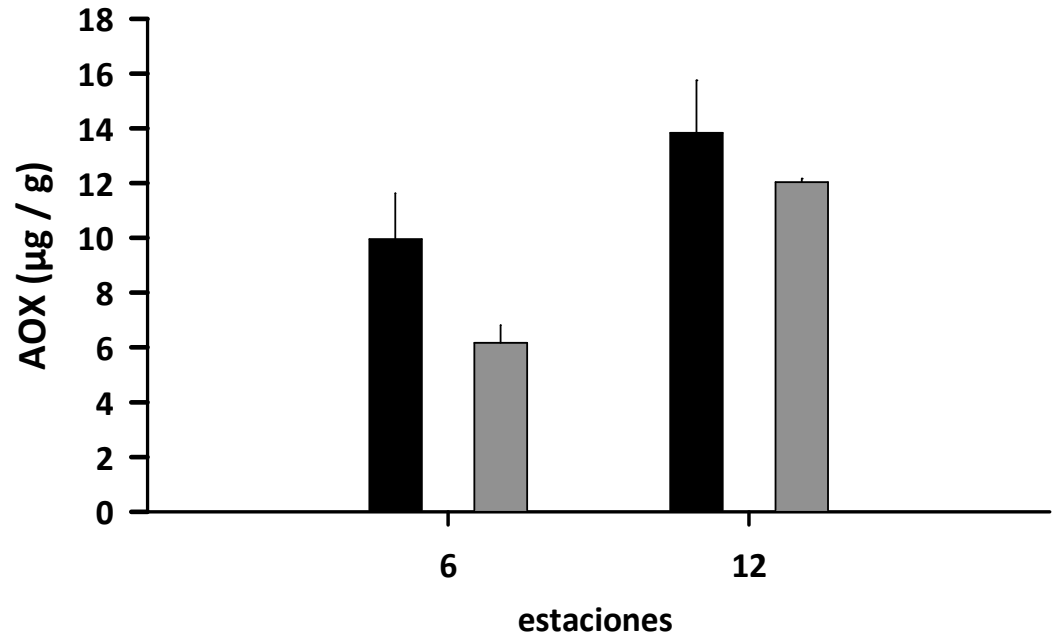


Figura 4.8.29. Concentraciones de AOX en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

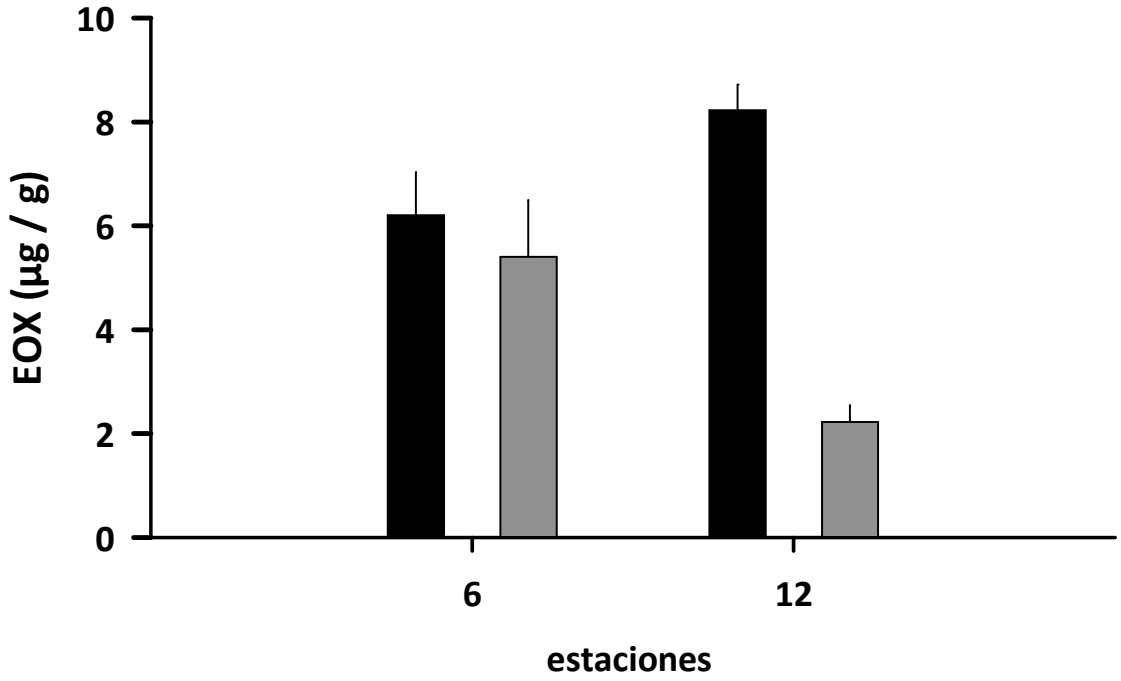


Figura 4.8.30. Concentraciones de EOX en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

***Cyprinus carpio* (Cyprinidae)**

Las Tablas 4.8.33 a 4.8.34 y Figuras 4.8.31 a 4.8.34, muestran las concentraciones de Lípidos, Ácidos Grasos y Resínicos, AOX y EOX en tejidos musculares de *Cyprinus carpio* durante las campañas de otoño y primavera.

Cabe destacar que para *C. carpio*, durante la campaña de primavera fue posible obtener especímenes de dos estaciones más que las estaciones estudiadas durante otoño (estación 1 y 6; río Cruces sectores; Ciruelos y Punucapa, respectivamente), por lo que las comparaciones mencionadas a continuación, están basadas en las estaciones en las que se obtuvieron especímenes durante ambas campañas.

Las concentraciones de Lípidos y Ácidos Grasos no mostraron patrones asociados a campañas de muestreo. Los Ácidos Resínicos no fueron detectados en ninguna de las muestras analizadas (Tabla 4.8.33).

En general, las concentraciones más altas de AOX y EOX, se detectaron en muestras de peces recolectadas durante la campaña de otoño estos presentaron las mayores concentraciones durante la campaña de otoño, mientras que los AOX no presentaron un patrón asociado a alguna campaña (Tabla 4.8.34).

Tabla 4.8.33. Concentraciones de Lípidos, Ácidos grasos y Ácidos resínicos en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. SM= sin muestra. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Lípidos (µg/g)		Ác. Grasos (µg/g)		Ác. Resínicos (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Cyprinus carpio						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	17220,9 (400,9)	SM	979,9 (55,1)	SM	**0,01**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	SM	12708,7 (320,0)	SM	957,3 (58,8)	SM	**0,01**
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	16199,6 (487,0)	14454,0 (296,0)	1003,514 (14,1)	1129,7 (238,3)	**0,01**	**0,01**
10 (río Cayumapu interior)	16886,6 (85,2)	28786,9 (549,4)	730,775 (298,9)	1172,9 (14,1)	**0,01**	**0,01**

Tabla 4.8.34. Concentraciones de AOX y EOX en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estación	AOX (µg/g)		EOX (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera
Cyprinus carpio				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	SM	4,4 (0,5)	SM	4,8 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial)				
6 (sector Punucapa)	SM	5,2 (1,3)	SM	4,4 (0,0)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	11,9 (1,8)	5,6 (0,2)	11,1 (1,4)	3,5 (0,0)
10 (río Cayumapu interior)	12,0 (2,4)	10,2 (3,2)	6,2 (1,1)	4,6 (2,6)

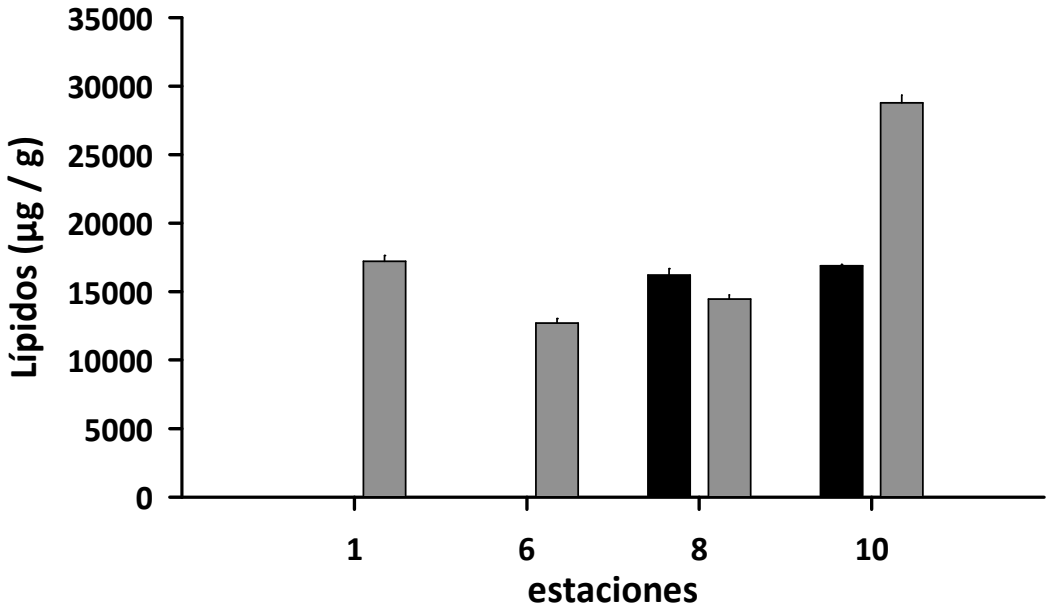


Figura 4.8.31. Concentraciones de Lípidos en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

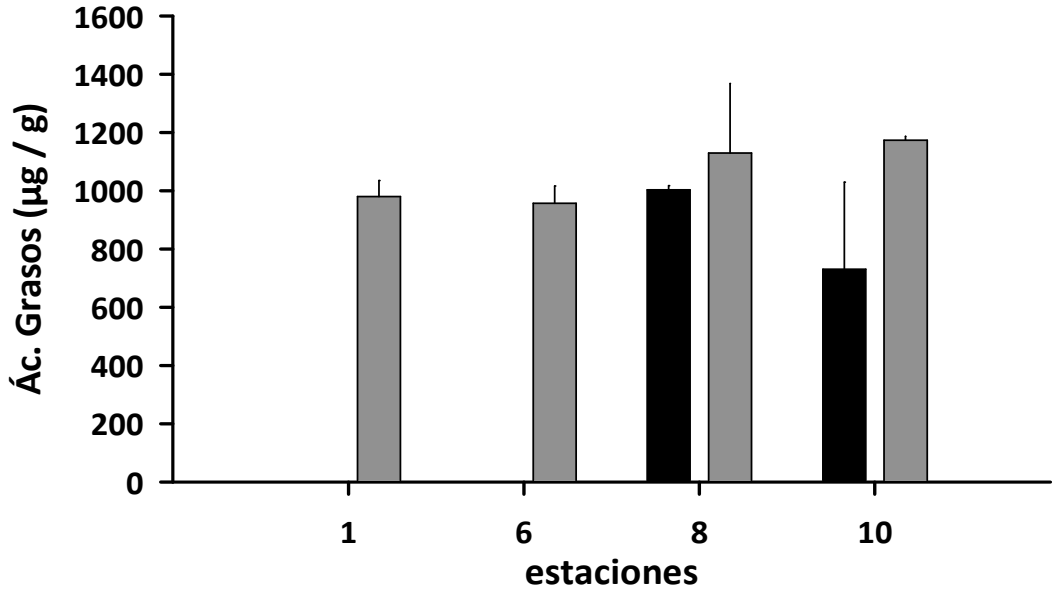


Figura 4.8.32. Concentraciones de Ácidos Grasos en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

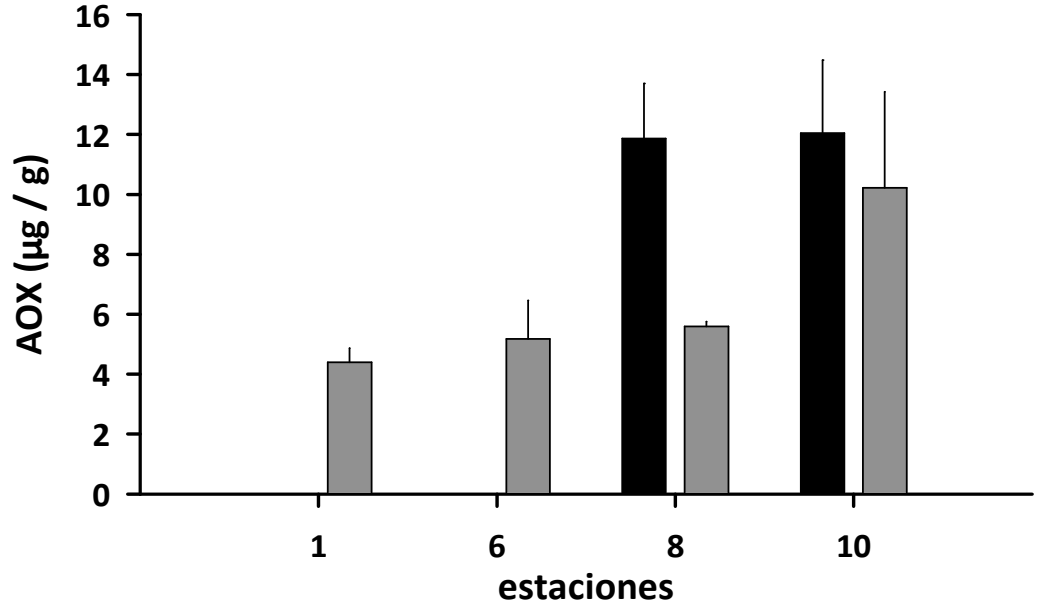


Figura 4.8.33. Concentraciiones de AOX en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

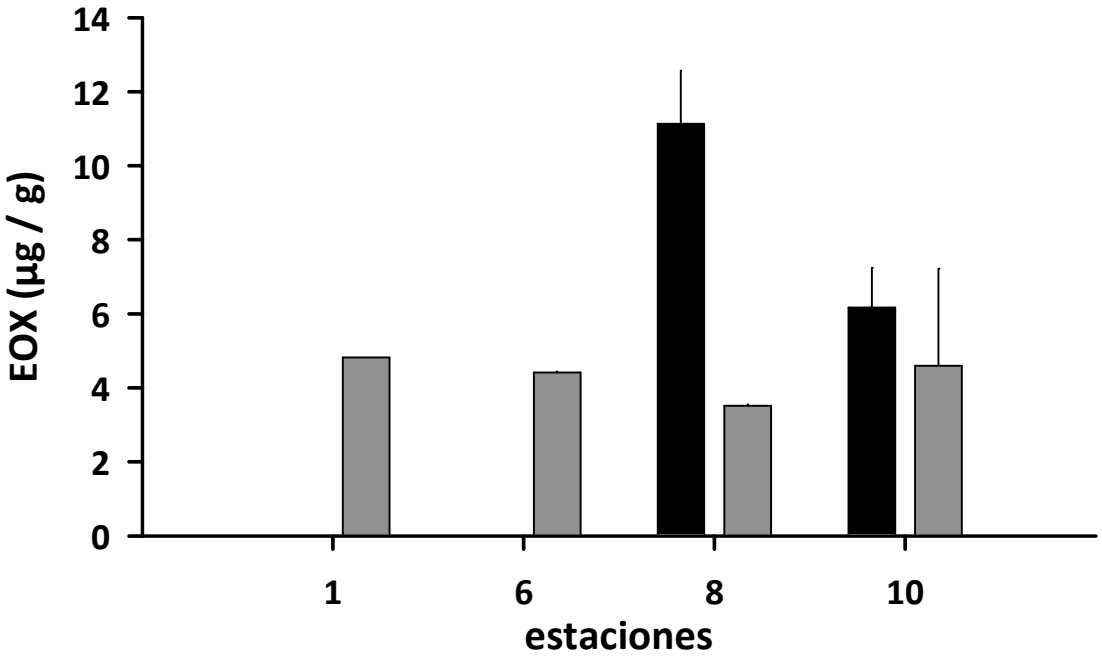


Figura 4.8.34. Concentraciones de EOX en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

***Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae)**

Las Tablas 4.8.35 a 4.8.36 y Figuras 4.8.35 a 4.8.38, muestran las concentraciones de Lípidos, Ácidos Grasos y Resínicos, AOX y EOX, en tejidos musculares de la Trucha café *Salmo trutta* y la Trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss,* durante las campañas de otoño y primavera.

Durante la campaña de otoño, se recolectaron especímenes de *S. trutta* en las estaciones 6 (río Cruces, sector Punucapa), 8, 10 y 12 (ríos Pichoy, Cayumapu y Calle Calle), mientras que en primavera se recolectaron peces de esta especie en las estaciones 1 (río Cruces, sector Ciruelos), 10 y 12 (ríos Cayumapu y Calle Calle. Para *O. mykiss* y durante la campaña de otoño se recolectaron especímenes en la estación 6 (río Cruces, sector Punucapa), mientras que en primavera se recolectaron peces en las estaciones 1 (río Cruces,

sector Ciruelos), 8 y 10 (ríos Pichoy y Cayumapu). Las comparaciones mencionadas a continuación, están basadas en las estaciones en las que se obtuvieron especímenes durante ambas campañas.

Las concentraciones de Lípidos en estaciones para las cuales se recolectaron *S. trutta* en ambas campañas fueron más altas durante primavera; a la vez que no se detectó un patrón definido al comparar concentraciones de Ácidos grasos en estaciones con datos para ambas campañas. No se detectaron Ácidos resínicos en ninguna de las muestras analizadas de ambas especies de truchas (Tabla 4.8.35). En general. Los valores más altos de AOX para ambas especies de truchas se encontraron en los muestreos de primavera, a la vez que los más altos de EOX ocurrieron en la campaña de otoño (Tabla 4.8.36).

Tabla 4.8.35. Concentraciones de Lípidos, Ácidos grasos y Ácidos resínicos en tejidos musculares de ejemplares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. SM= sin muestra; (*)= un solo dato. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Lípidos (µg/g)		Ác. Grasos (µg/g)		Ác. Resínicos (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Salmo trutta						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	19414,2(375,4)	SM	1141,5 (26,2)	SM	**0,01**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	20612,6 (297,5)	SM	2380,8 (22,9)	SM	**0,01**	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	17636,5 (47,2)	SM	2658,5 (34,2)	SM	**0,01**	SM
10 (río Cayumapu interior)	23547,5 (121,9	49348,8 (844,7)	2873,3 (502,6)	3560,6 (644,3)	**0,01**	**0,01**
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	38492,8 (156,4)	40549,2 (398,0)	2545,1 (285,4)	2364,8 (295,7)	**0,01**	**0,01**
Oncorhynchus mykiss						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	16223,4 (168,9)	SM	1168,2 (72,1)	SM	**0,01**

Continuación **Tabla 4.8.35.**

estación	Lípidos (µg/g)		Ác. Grasos (µg/g)		Ác. Resínicos (µg/g)	
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	36759,6 (269,7)	SM	6154,4 (793,8)	SM	**0,01**	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	SM	14399,0*	SM	904,4*	SM	**0,01**
10 (río Cayumapu interior)	SM	23500,3 (176,6)	SM	1535,7 (62,4)	SM	**0,01**

Tabla 4.8.36. Concentraciones de AOX y EOX en tejidos musculares de ejemplares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. SM= sin muestra.

estación	AOX (µg/g)		EOX (µg/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera
Salmo trutta				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	SM	14,3 (3,1)	SM	4,4 (2,1)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	6,9 (1,8)	SM	4,2 (0,4)	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	13,0 (0,1)	SM	3,6 (0,1)	SM
10 (río Cayumapu interior)	6,7 (1,1)	23,3 (2,8)	6,0 (0,6)	3,1 (0,5)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	10,0 (1,6)	11,5 (2,8)	9,5 (0,3)	2,8 (0,5)
Oncorhynchus mykiss				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	SM	6,4 (1,1)	SM	2,9 (0,5)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	9,9 (0,7)	SM	6,1 (0,8)	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	SM	9,1 (3,7)	SM	13,3 (2,7)
10 (río Cayumapu interior)	SM	13,2 (3,0)	SM	3,1 (0,3)

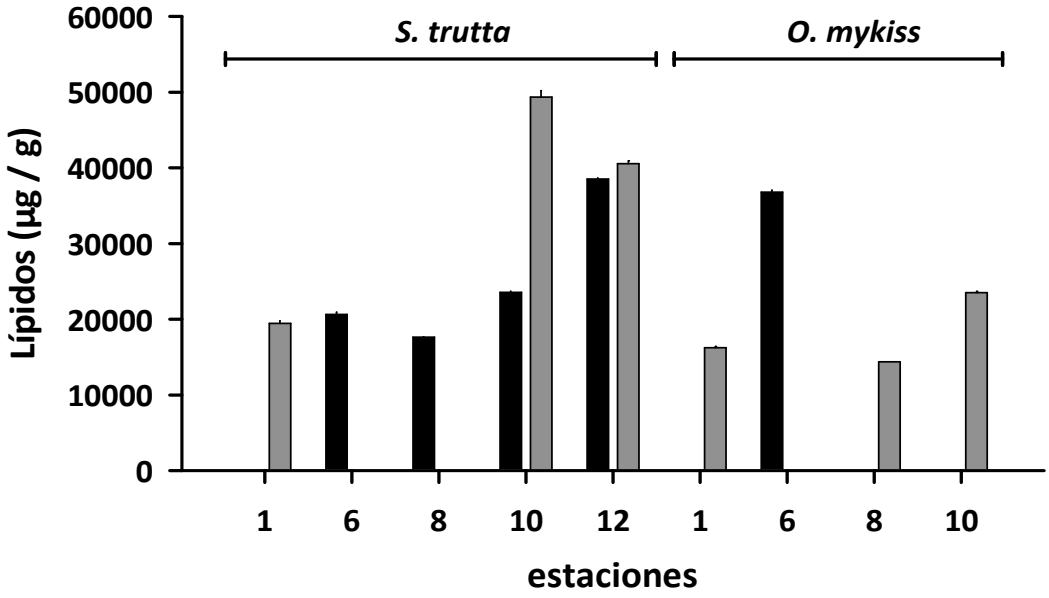


Figura 4.8.35. Concentraciones de Lípidos en tejidos musculares de ejemplares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

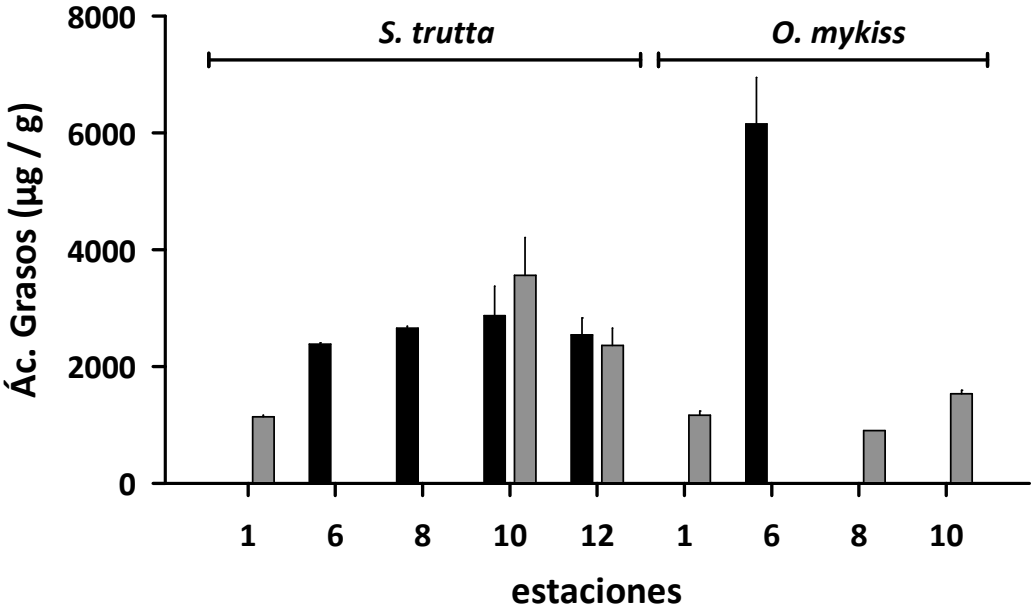


Figura 4.8.36. Concentraciones de Ácidos Grasos en tejidos musculares de ejemplares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

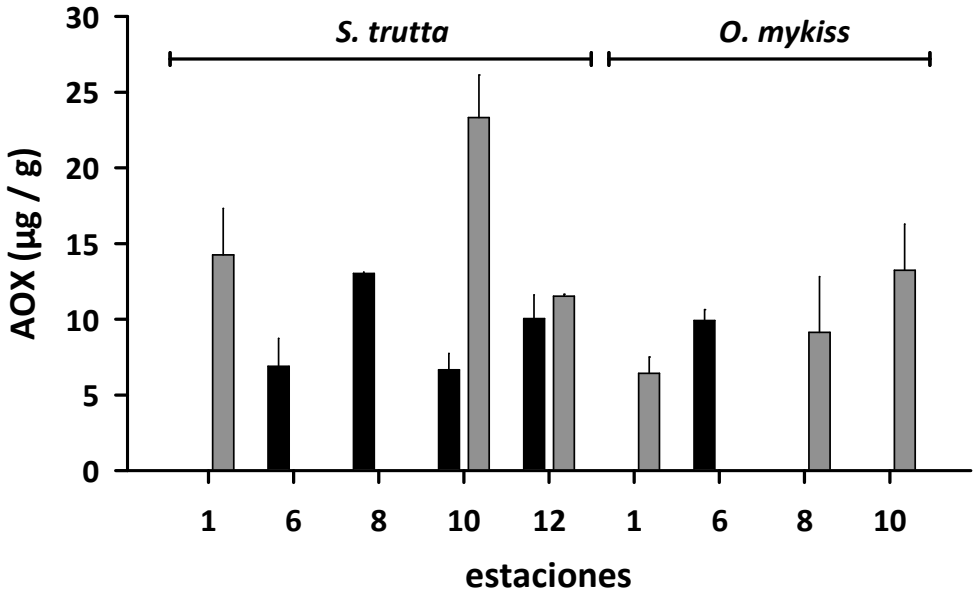


Figura 4.8.37. Concentraciones de AOX en tejidos musculares de ejemplares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

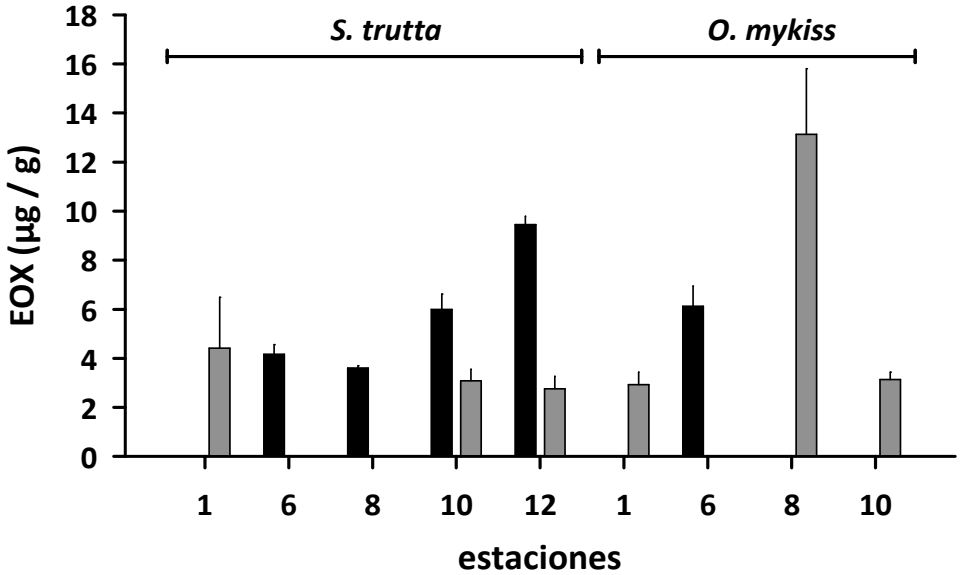


Figura 4.8.38. Concentraciones de EOX en tejidos musculares de ejemplares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Análisis estadísticos

Sólo los EOX presentaron diferencias significativas entre el factor principal campañas (otoño y primavera), encontrándose las mayores concentraciones de estos en otoño (Tabla 4.8.37). Las concentraciones de AOX fueron significativamente más altas en peces recolectados en el eje central del río Cruces, a la vez que no se detectaron diferencias significativas entre especies (Tabla 4.8.37), lo que muestra que para todas las especies de los cauces estudiados, las concentraciones de AOX y EOX en sus tejidos corporales fueron similares (Tabla 4.8.37).

Tabla 4.8.37. Resumen del ANDEVA y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de AOX y EOX, en el tejido muscular de los peces del cauce, entre los factores principales campaña (primavera y otoño de 2014), entre los cuatro sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F =sector estuarial, fuera del humedal río Cruces) y entre especies (*Basilichthys australis, Cyprinus carpio, Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss)*; ver análisis estadísticos en 4.8.3.7. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. N= normalidad; H= Homocedasticidad; ✓= cumple; x= no cumple.

Parametro	**Fuente**	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P**	**Tukey**	**Supuestos**	
								N	**H**
AOX	Campaña	1	0,82	0,67	0,04	0,836		✓	✓
	Sector	3	149,83	52,9	3,42	**0,028**	EE > TT = F = L		
	Especie	3	119,53	39,84	2,58	0,069			
	Error	35	541,02	15,46					
	Total	42	811,2						
Log EOX	Campaña	1	0,4404	0,47962	13,03	**0,001**	Otoño > Primavera	✓	✓
	Sector	3	0,02099	0,00255	0,07	0,976			
	Especie	3	0,15104	0,05035	1,37	0,269			
	Error	34	1,25165	0,03681					
	Total	41	1,86408						

Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos en peces de las riberas

La Tabla 4.8.38 y Figuras 4.8.39 a 4.8.41 muestran la concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* durante las campañas de otoño y primavera.

Con excepción de los datos provenientes de las estaciones 1 (río Cruces, sector Ciruelos) y 12 (río Calle Calle), las concentraciones más altas de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos se detectaron durante la campaña de otoño (Tabla 4.8.38). A su vez, las concentraciones más altas de todos estos parámetros se detectaron en la estación 8 (río Pichoy) durante el otoño (Tabla 4.8.38). Durante ambas campañas se detectó la presencia de las Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD (asociada a procesos industriales e incendios forestales, por ejemplo) en los peces analizados pero en muy bajas concentraciones (Tabla 4.8.39).

Tabla 4.8.38. Concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* (Galaxidae) recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

estación	Dioxinas (ng/g)		Furanos (ng/g)		ETQs (ng/g)	
Galaxias maculatus	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	0,00055 (0,0000707)	0,00060 (0,0001414)	0,00080(0,0001414)	0,00040 (0,0001414)	0,00010 (0,0000799)	0,00002 (0,0000035)
2 (sector Rucaco)	0,00085 (0,0002121)	0,00075 (0,0000707)	0,00110 (0,0000000)	0,00020 (0,0001414)	0,00006 (0,0000077)	0,00001 (0,0000141)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	0,00075 (0,0003535)	0,00075 (0,0000707)	0,00140 (0,0001414)	0,00070 (0,0000000)	0,00060 (0,0002410)	0,00008 (0,0000105)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	0,01320 (0,0175362)	0,00095 (0,0002121)	0,01840 (0,0240416)	0,00025 (0,0000707)	0,00215 (0,0029178)	0,00003 (0,0000205)
10 (río Cayumapu interior)	0,00140 (0,0002828)	0,00060 (0,0000000)	0,00115 (0,0000707)	0,00065 (0,0002121)	0,00012 (0,0001298)	0,00007 (0,0000162)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	0,00155 (0,0003535)	0,00475 (0,0002121)	0,00165 (0,0000707)	0,00090 (0,0001414)	0,00015 (0,0000159)	0,00013 (0,0000918)

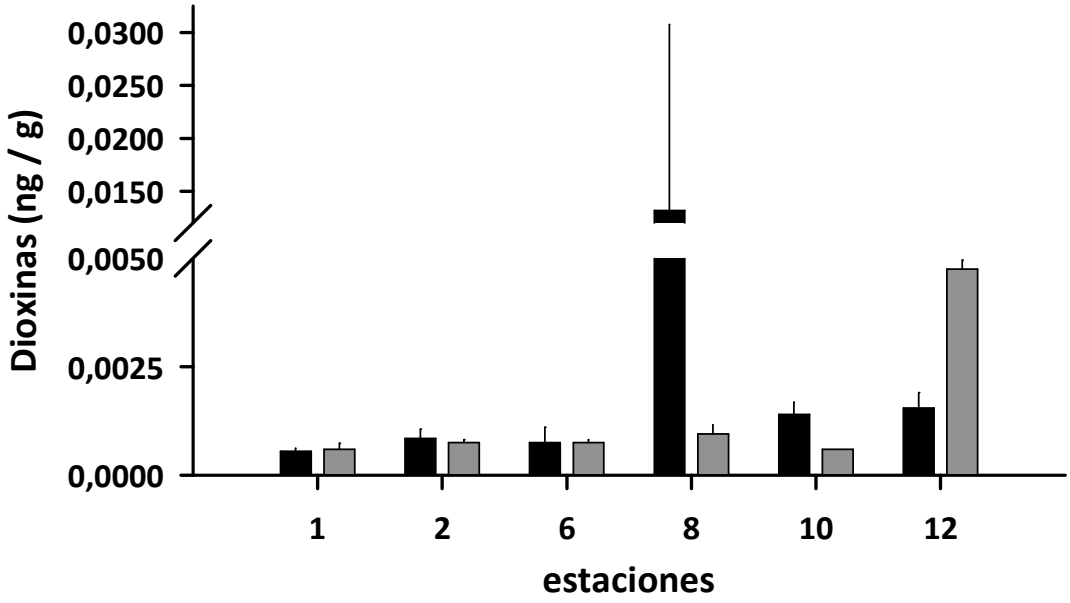


Figura 4.8.39. Concentraciones de Dioxinas en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

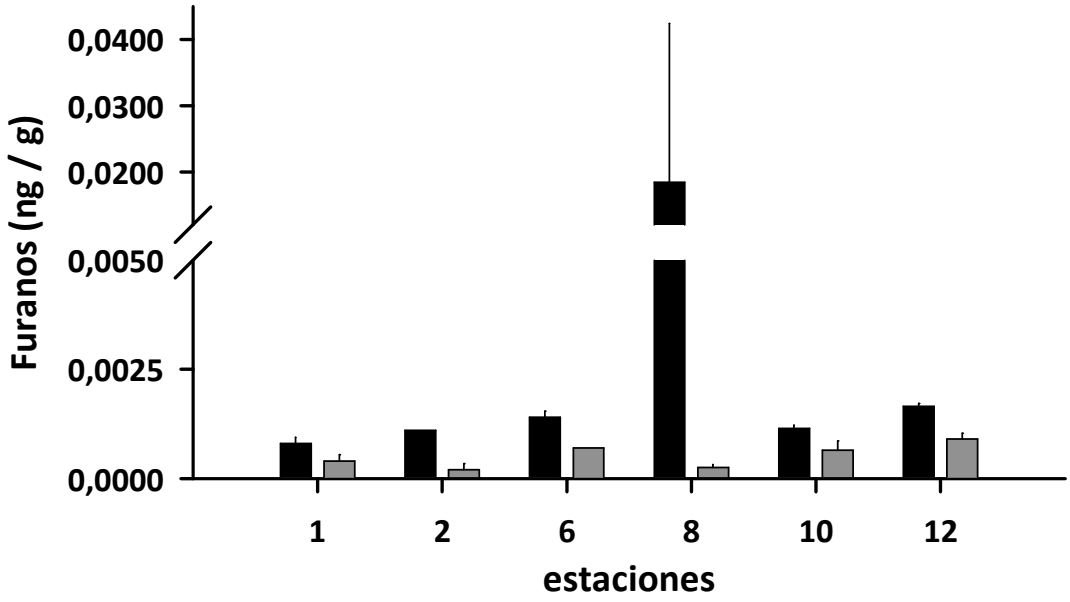


Figura 4.8.40. Concentraciones de Furanos en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

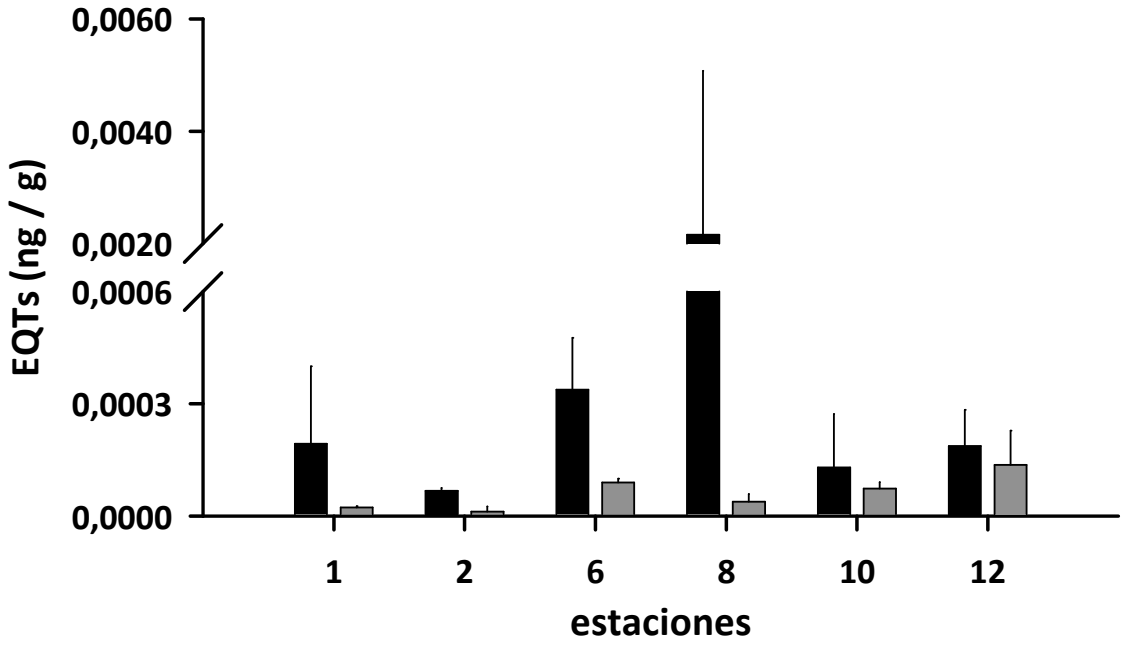


Figura 4.8.41. Concentraciones de Equivalentes Tóxicos en ejemplares completos de *Galaxias maculatus* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Tabla 4.8.39. Concentración de Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD en ejemplares completos del Puye *Galaxias maculatus*. Se indican los sectores (*cf.,* Fig. 4.8.1) desde donde fueron recolectados los especímenes estudiados. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas). (*)= un solo dato. El límite de detección para ambas Dioxinas es 0,0001. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

sector	2378-TCDD (ng/g)		12378-PCDD (ng/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera
Galaxias maculatus				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	**0,00010**	**0,00010**	0,00010*	**0,00010**
2 (sector Rucaco)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	0,00010*	**0,00010**	0,00015 (0,0)	**0,00010**
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	0,00040*	**0,00010**	0,00110*	**0,00010**
10 (río Cayumapu interior)	**0,00010**		0,00010*	
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	**0,00010**	0,00010*	0,00010*	**0,00010**

Análisis estadísticos

Los Furanos y Equivalentes Tóxicos presentaron diferencias significativas entre el factor principal campañas; *i.e*., las concentraciones más altas en los peces analizados se detectaron durante la campaña de otoño (Tabla 4.8.40).

En términos espaciales, se observó que sólo las Dioxinas presentaron diferencias significativas en relación al sector. Estas tuvieron sus concentraciones más altas en peces recolectados en el sector ubicado fuera del río Cruces; todos los peces de los otros sectores no difireron significativamente en cuanto a concentraciones de Dioxinas (Tabla 4.8.40). Para el caso de los Furanos y Equivalentes tóxicos, no se encontraron diferencias significativas entre sectores (Tabla 4.8.40).

Tabla 4.8.40. Resumen de ANDEVA Factorial y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs), en ejemplares completos de *Galaxias maculatus*, entre los factores principales campaña (primavera y otoño de 2014) y entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F =sector estuarial, fuera del humedal río Cruces); ver análisis estadísticos en 4.8.3.7. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. Las comparaciones *a posteriori* deben interpretarse con cautela cuando la interacción CxS es significativa.

Parámetro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Prueba de Tukey
Dioxinas	Campaña (C)	1	0,04958	0,00007	0	0,979	
	Sector (S)	3	1,17562	0,39187	3,97	**0,027**	F > L = T = EE
	Campaña x Sector (CxS)	3	0,7411	0,24703	2,5	0,097	
	Error	16	1,5811	0,09882			
	Total	23	3,5474				
Furanos	Campaña (C)	1	1,9242	1,3091	9,95	**0,006**	otoño > primavera
	Sector (S)	3	0,6341	0,2114	1,61	0,227	
	Campaña x Sector (CxS)	3	0,3327	0,1109	0,84	0,49	
	Error	16	2,1042	0,1315			
	Total	23	4,9952				
EQT	Campaña (C)	1	2,5322	1,7784	6,23	**0,024**	otoño > primavera
	Sector (S)	3	2,1483	0,7161	2,51	0,096	
	Campaña x sector (CxS)	3	0,4039	0,1346	0,47	0,706	
	Error	16	4,5652	0,2853			
	Total	23	9,6496				

Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos en peces de los cauces

***Basilichtys australis* (Atherinopsidae)**

La Tabla 4.8.41 y Figuras 4.8.42 a 4.8.44 muestran la concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs), en tejidos musculares del Pejerrey *Basylicthus australis* durante las campañas de otoño y primavera.

Las Dioxinas y Equivalentes Tóxicos (EQTs), presentaron mayores concentraciones durante la campaña de primavera, mientras que los Furanos tuvieron concentraciones más altas durante la campaña de otoño (Tabla 4.8.41). No se detectó la presencia de las Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD (asociadas a procesos industriales e incendios forestales, por ejemplo) en los especímenes analizados del Pejerrey.

Tabla 4.8.41. Concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs), en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* (Atherinopsidae), recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. (*)= un solo dato.

estación	Dioxinas (ng/g)		Furanos (ng/g)		ETQS (ng/g)	
Basilichtys australis	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	0,00010*	0,00025 (0,0000707)	0,00085 (0,0000707)	0,0004 (0,0000000)	0,00002 (0,0000007)	0,00004 (0,0000007)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	0,00010 *	0,00015 (0,0000707)	0,00040 (0,0001414)	0,00025 (0,0000707)	0,00002 (0,0000303)	0,000009 (0,0000035)

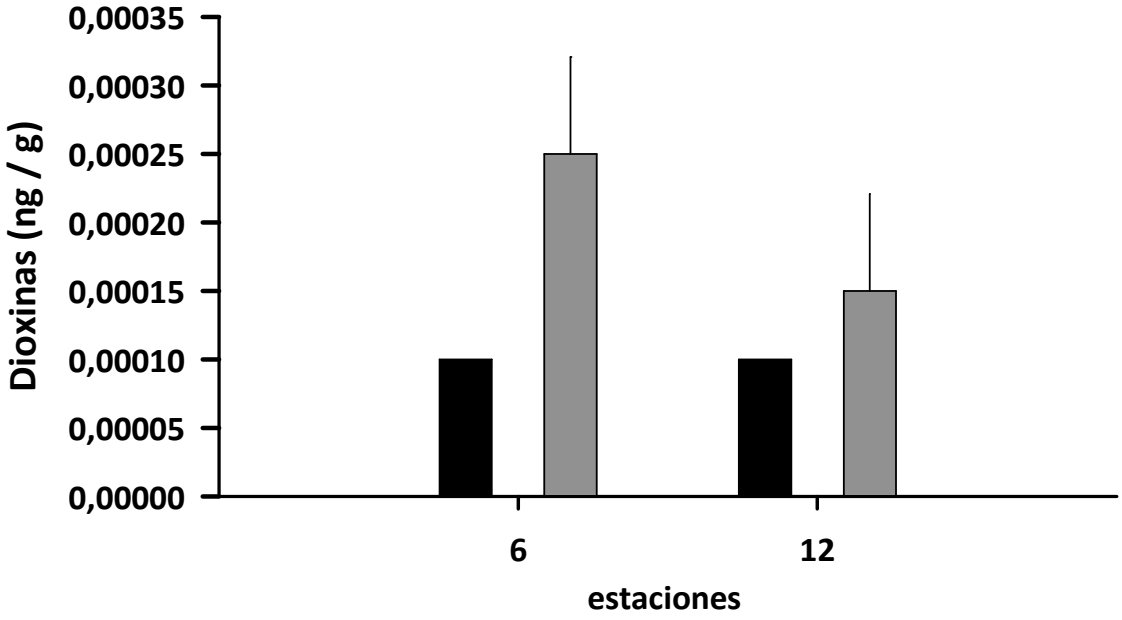


Figura 4.8.42. Concentraciones de Dioxinas en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

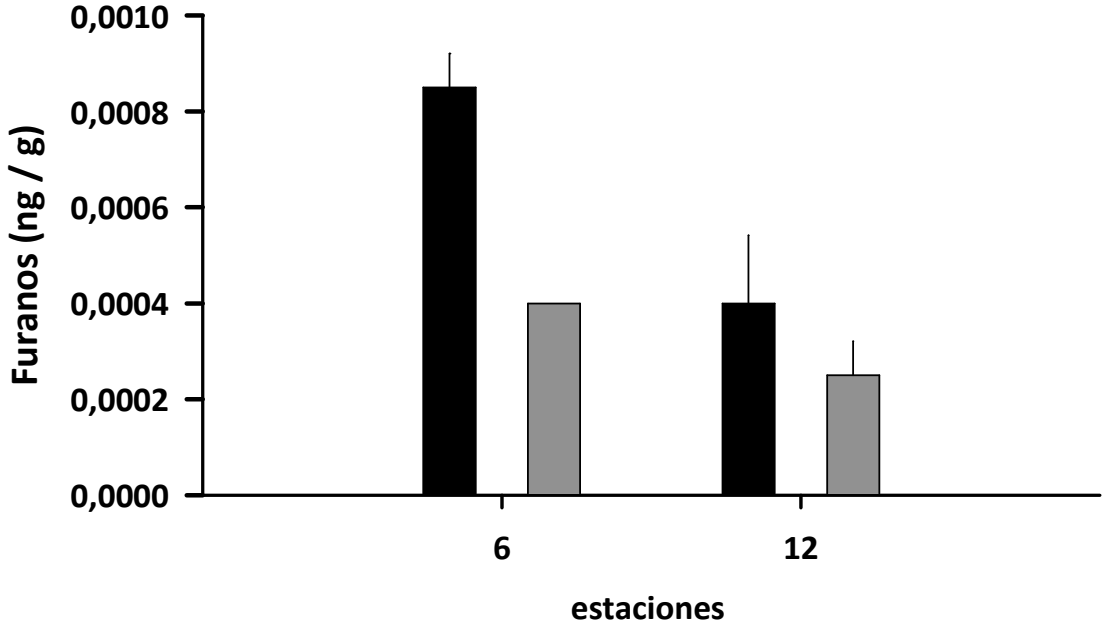


Figura 4.8.43. Concentraciones de Furanos en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

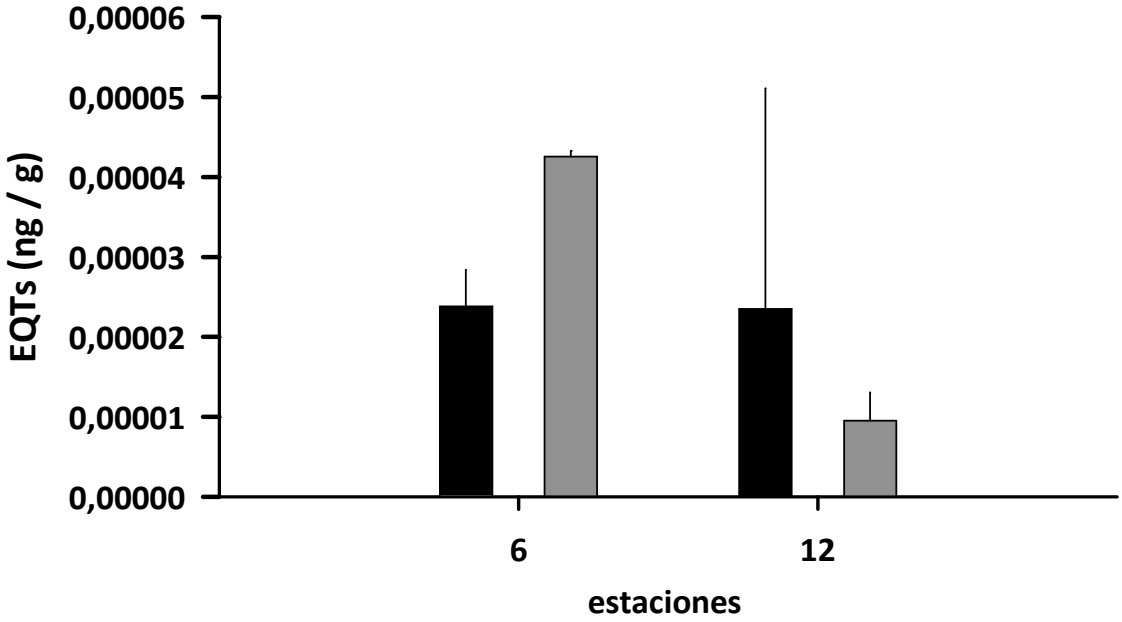


Figura 4.8.44. Concentraciones de Equivalentes Tóxicos en tejidos musculares de ejemplares de *Basylicthus australis* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

***Cyprinus carpio* (Cyprinidae)**

La Tabla 4.8.42 y Figuras 4.8.45 a 4.8.47 muestran la concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs), en tejidos musculares de la Carpa de *Cyprinus carpio* durante las campañas de otoño y primavera.

Cabe destacar que durante la campaña de primavera fue posible obtener especímenes de Carpa de dos estaciones más que las estudiadas durante otoño (estación 1 y 6; río Cruces, sectores Ciruelos y Punucapa, respectivamente), por lo que las comparaciones mencionadas a continuación, estan basadas en las estaciones en las que se obtuvieron especímenes durante ambas campañas.

Las concentraciones de Dioxinas y Furanos en los peces analizados, fueron más altas durante la campaña de otoño (especialmente en la estación 8 (río Pichoy). Por otra parte, los EQTs presentaron las mayores concentraciones en la campaña de primavera (estación 1, río Cruces, sector Ciruelos) (Tabla 4.8.42). Durante la campaña de primavera se detectó la presencia de la Dioxina 12378-PCDD, pero en muy bajas concentraciones (Tabla 4.8.43).

Tabla 4.8.42. Concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* (Cyprinidae), recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. SM= sin muestra.

estación	Dioxinas (ng/g)		Furanos (ng/g)		ETQs (ng/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Cyprinus carpio						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	0,00035 (0,00007)	SM	0,00035(0,00007)	SM	0,00014 (0,0000070)
Eje central del río Cruces (sector evstuarial)						
6 (sector Punucapa)	SM	0,00015 (0,00007)	SM	0,00015 (0,00007)	SM	0,00002 (0,000014)
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	0,00035 (0,0000707)	0,00020 (0,00000)	0,00075 (0,00007)	0,00030 (0,00014)	0,00001 (0,0000007)	0,00008 (0,000035)
10 (río Cayumapu interior)	0,00060 (0,000000)	0,00015 (0,0000707)	0,00060 (0,00000)	0,00020 (0,00000)	0,00001 (0,0000000)	0,00002 (0,000021)

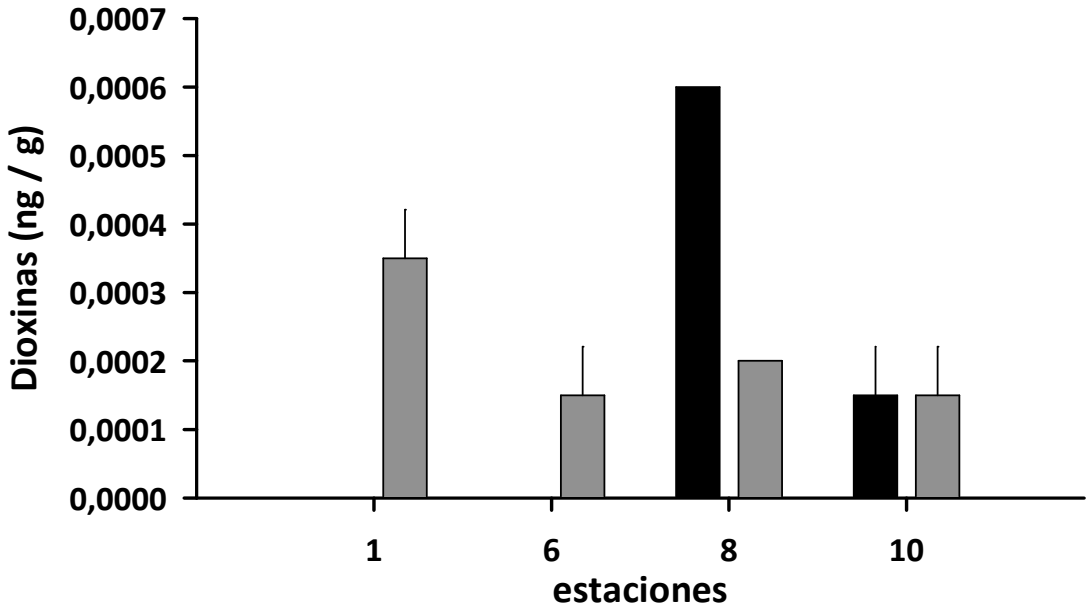


Figura 4.8.45. Concentraciones de Dioxinas en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

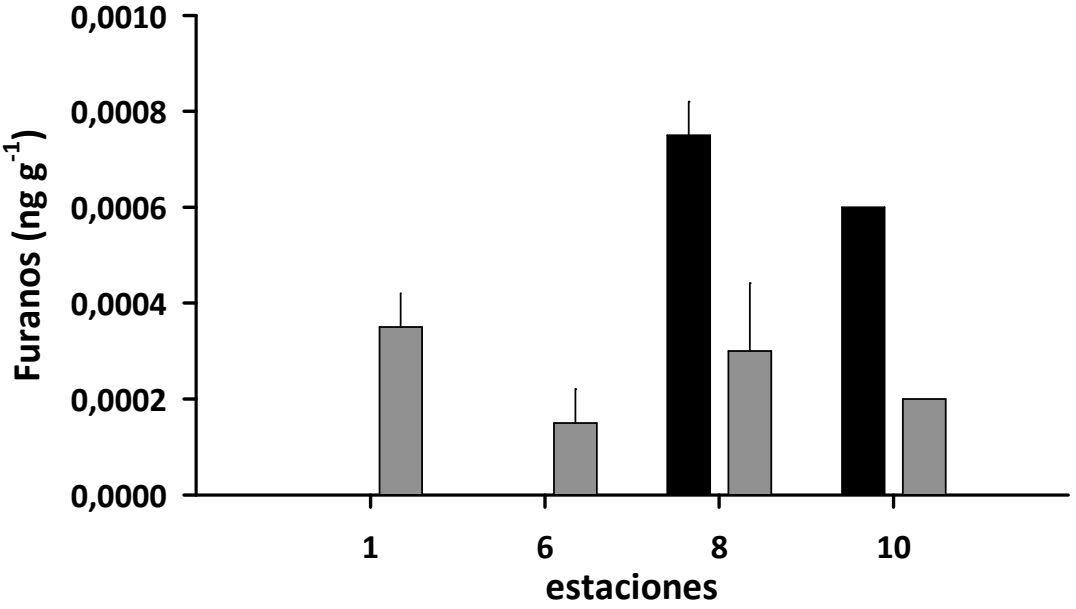


Figura 4.8.46. Concentraciones de Furanos en tejidos musculares de ejemplares de *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

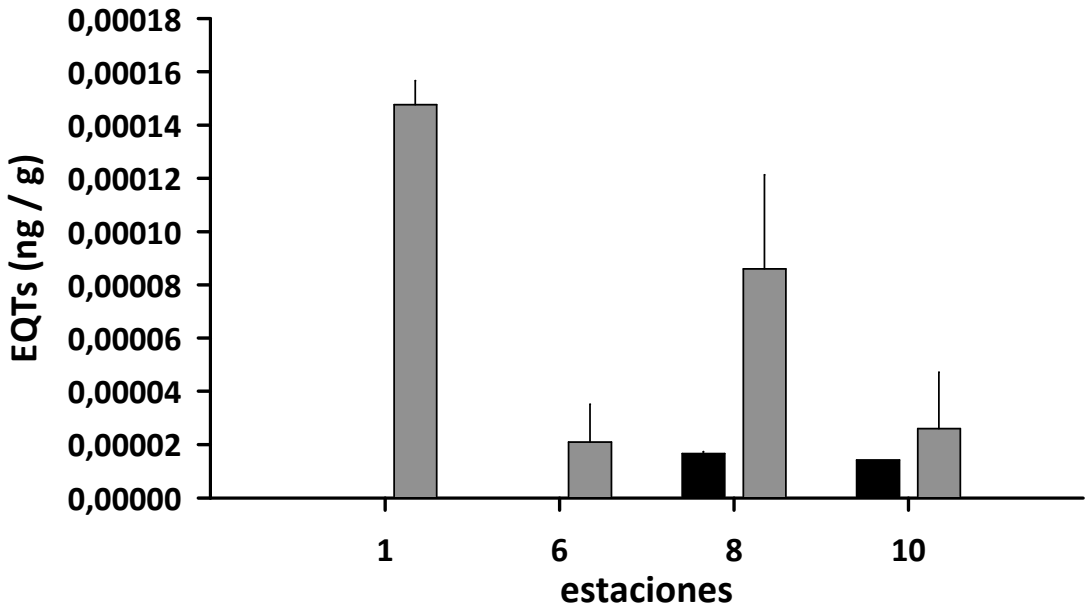


Figura 4.8.47. Concentraciones de Equivalentes Tóxicos en tejidos musculares de ejemplares *Cyprinus carpio* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Tabla 4.8.43. Concentración de Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD en tejidos musculares de la Carpa *Cyprinus carpio*. Se indican los sectores (*cf.,* Fig. 4.8.1) desde donde fueron recolectados los especímenes estudiados. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas). SM = sin muestras; (*) = un sólo dato. El límite de detección para ambas Dioxinas es 0,0001. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

sectores	2378-TCDD (ng/g)		12378-PCDD (ng/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera
Cyprinus carpio				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,00010**	SM	0,00010 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	SM	**0,00010**	SM	**0,00010**
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	0,00010*
10 (río Cayumapu interior)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**

Salmo trutta y *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae)

La Tabla 4.8.44 y Figuras 4.8.48 a 4.8.49 muestran las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs), en tejidos musculares de la trucha café *Salmo trutta* y la Trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss,* durante las campañas de otoño y primavera.

Las concentraciones de Dioxinas y EQTs no presentaron un patrón asociado a las campañas de muestreo, a la vez que los Furanos en los tejidos musculares analizados tuvieron en general, concentraciones más altas durante el otoño (Tabla 4.8.44). Se detectó la presencia de la Dioxina 12378-PCDD en algunos de los peces analizados, pero en muy bajas concentraciones (Tabla 4.8.45).

Tabla 4.8.44. Concentracciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes tóxicos (EQTs) en tejidos musculares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykkis* (Salmonidae), recolectados durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. (*)= un solo dato; SM= sin muestra. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

estación	Dioxinas (ng/g)		Furanos (ng/g)		ETQs (ng/g)	
	otoño	primavera	otoño	primavera	otoño	primavera
Salmo trutta						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	0,00010 (0,000000)	SM	0,00035 (0,000353)	SM	0,00001 (0,000240)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	**0,00010**	SM	0,00055 (0,000070)	SM	0,00001 (0,0000169)	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	0,00035 (0,000070)	0,00010*	0,00060 (0,000000)	0,00010*	0,00001 (0,0000006)	0,00001*
10 (río Cayumapu interior)	**0,00010**	0,00015 (0,000070)	0,00120 (0,000000)	0,00010 (0,000000)	0,00004 (0, 0000063)	0,00002 (0,000027)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios						
12 (río Calle Calle)	0,00010*	0,00030 (0,000141)	0,00045 (0,000070)	0,0003 (0,000141)	0,00004 (0,000007)	0,00007 (0,0000869)
Oncorhynchus mykiss						
Porción superior del río Cruces (sector límnico)						
1 (sector Ciruelos)	SM	0,00020 (0,000000)	SM	0,00085 (0,000494)	SM	0,00009 (0,0000495)

Continuación **Tabla 4.8.44.**

estación	Dioxinas (ng/g)		Furanos (ng/g)		ETQs (ng/g)	
	otoño	**primavera**	**otoño**	**primavera**	**otoño**	**primavera**
Oncorhynchus mykiss						
Eje central del río Cruces (sector estuarial)						
6 (sector Punucapa)	0,00015 (0,000070)	SM	0,00155 (0,000212)	SM	0,00016 (0,000014)	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)						
8 (río Pichoy interior)	SM	0,00020*	SM	0,00050*	SM	0,00006*
10 (río Cayumapu interior)	SM	0,00010 (0,000000)	SM	0,00055 (0,000007)	SM	0,00005 (0,0000707)

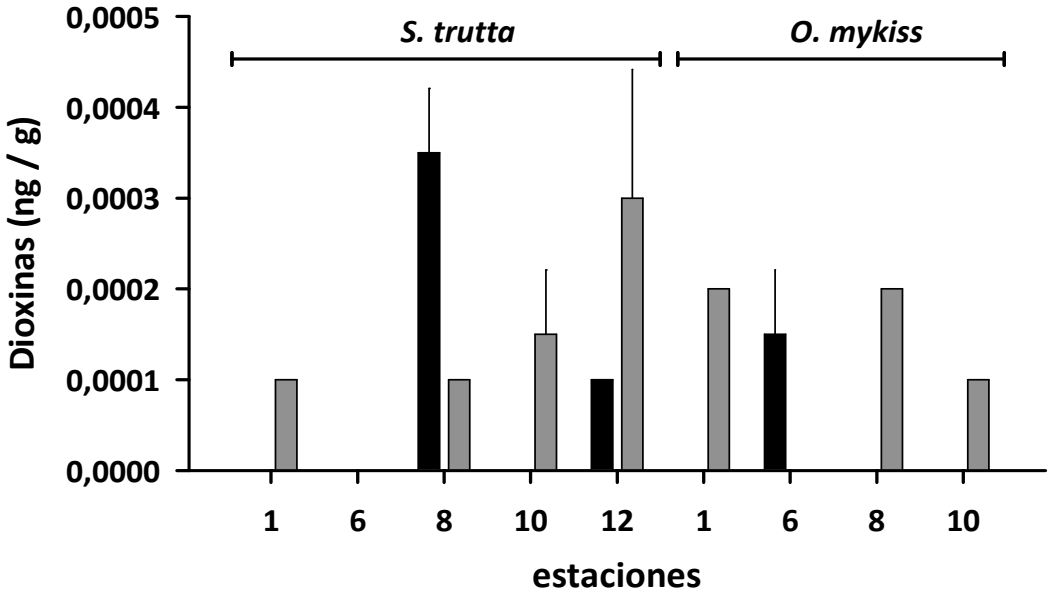


Figura 4.8.48. Concentraciones de Dioxinas en tejidos musculares de ejemplares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

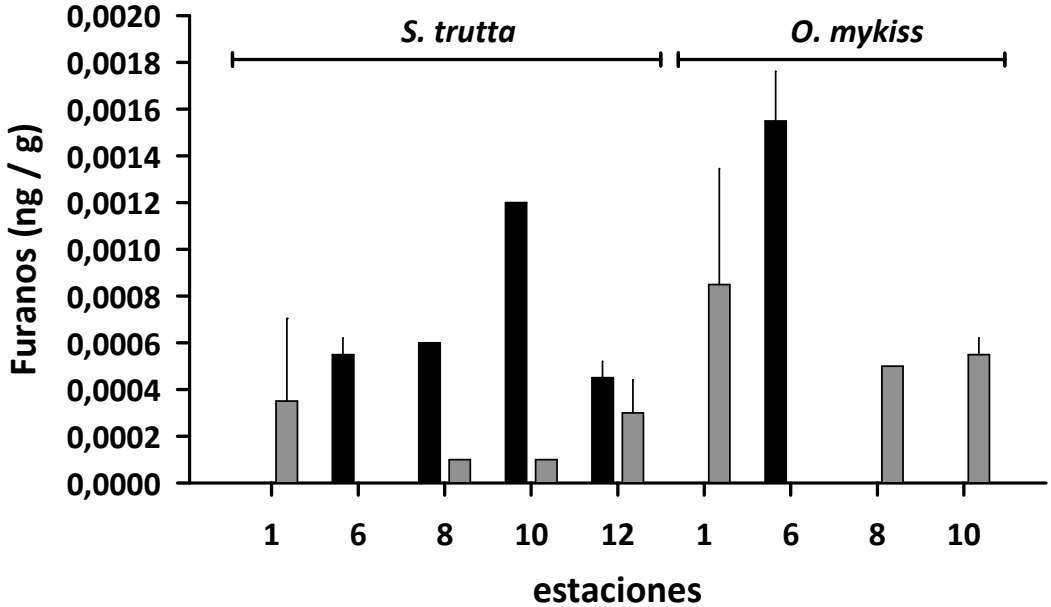


Figura 4.8.49. Concentraciones de Furanos en tejidos musculares de especímenes de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

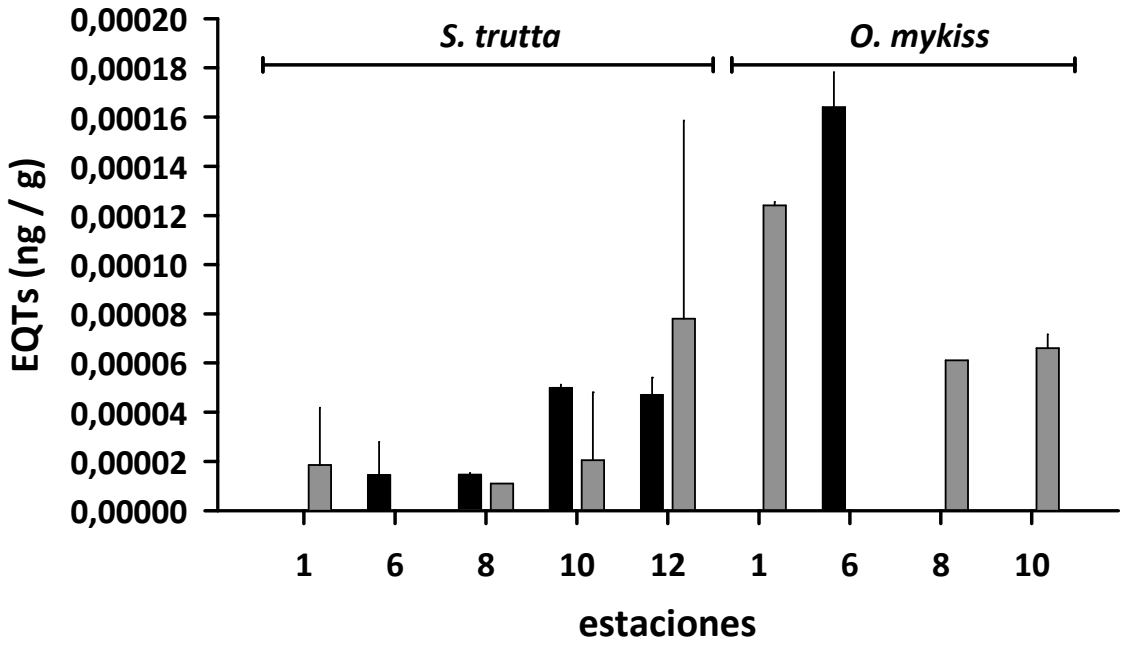


Figura 4.8.50. Concentraciones de Equivalentes Tóxicos en tejidos musculares de ejemplares de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* recolectados en el área de estudio. Las columnas en negro representan los resultados de la campaña de otoño, a la vez que las columnas en gris corresponden a la campaña de primavera. Los valores son promedios con una desviación estándar.

Tabla 4.8.45. Concentración de Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD en tejidos musculares de la Trucha café *Salmo trutta* y de la Trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*. Se indican los sectores (*cf.,* Fig. 4.8.1) desde donde fueron recolectados los especímenes estudiados. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas). SM = sin muestras; (*) = un solo dato. El límite de detección para ambas Dioxinas es 0,0001. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

sector	**2378-TCDD (ng/g)**		**12378-PCDD (ng/g)**	
	otoño	primavera	otoño	primavera
Salmo trutta				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,00010**	SM	**0,00010**
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	**0,00010**	SM	**0,00010**	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**
10 (río Cayumapu interior)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	0,00010*
Oncorhynchus mykiss				
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	SM	**0,00010**	SM	0,00010 (0,0)
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	**0,00010**	SM	0,00010 (0,0)	SM
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	SM	**0,00010**	SM	**0,00010**
10 (río Cayumapu interior)	SM	**0,00010**	SM	**0,00010**

Análisis estadístico

Las concentraciones de Dioxinas y Equivalentes Tóxicos (EQTs) no difirieron significativamente entre campañas y sectores, a la vez que los Furanos presentaron diferencias significativas entre campañas, encontrándose las mayores concentraciones de éstos en otoño (Tabla 4.8.46). En términos espaciales, se observó que no existen diferencias significativas a nivel de Sector, encontrándose homogeneidad entre estos para Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) (Tabla 4.8.46).

A nivel de especie, *Onchorhyncus mykiss* fue la especie que presentó las mayores concentraciones de Furanos y EQTs (Tabla 4.8.46).

Tabla 4.8.46. Resumen del ANDEVA y Prueba *a posteriori* de Tukey para evaluar diferencias en los valores de concentración de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos, en el tejido muscular de los peces del cauce, entre los factores principales Campaña (primavera y otoño de 2014), entre los cuatro Sectores predefinidos para el área de estudio (L = sector límnico, EE = sector estuarial, eje central del río Cruces, T = sector estuarial, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y F =sector estuarial, fuera del humedal río Cruces) y entre especies (*Basilichthys australis, Cyprinus carpio, Salmo trutta y Oncorhynchus mykiss)*; ver análisis estadísticos en 4.8.3.7. Material y métodos. Los valores de P en negrilla son significativos (<0,05) para cada prueba. N= normalidad; H= Homocedasticidad; ✓= cumple; x= no cumple.

Parametro	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Tukey	Supuestos	
								N	H
Dioxinas	Campaña	1	0,0E+00	0,0E+00	2,18	0,151		✓	✓
	Sector	3	0,0E+00	0,0E+00	0,26	0,857			
	Especie	3	1,0E-07	0,0E+00	0,95	0,430			
	Error	27	5,0E-07	0,0E+00					
	Total	34	6,0E-07						
Furanos	Campaña	1	1,9E-06	2,2E-06	42,23	**0,000**	Otoño > Primavera	✓	✓
	Sector	3	7,0E-07	1,0E-07	1,8	0,165			
	Especie	3	1,4E-06	5,0E-07	8,77	**0,000**	Om > Ba = Cc = St		
	Error	34	1,7E-06	1,0E-07					
	Total	41	5,7E-06						
EQT	Campaña	1	0,0993	0,0074	0,03	0,856		✓	x
	Sector	3	0,5182	0,1711	0,78	0,515			
	Especie	3	2,8217	0,9406	4,27	**0,012**	Om > Ba = Cc = St		
	Error	34	7,4807	0,22					
	Total	41	10,9199						

4.8.4.9. Comparaciones con concentraciones de elementos y compuestos químicos medidas en otros peces

Las Tablas 4.8.47 a la 4.8.51 muestran los resultados de la búsqueda bibliográfica de concentraciones de metales pesados, AOX, EOX, Dioxinas, Furanos, y Equivalentes Tóxicos (EQTs) obtenidos de diversas especies de peces. Aun cuando en general, las referencias encontradas no corresponden a las especies aquí estudiadas ni tampoco a especies congenéricas de las mismas, esas referencias permitieron establecer rangos comparativos de concentraciones en los elementos y compuestos químicos aquí estudiados.

Tabla 4.8.47. Valores de concentraciones de metales Pesados (Fe, Al, Mn) en tejidos musculares de peces recolectados en ambientes acuáticos alejados de fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos y se expresan en µg g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; SD = sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	**área geográfica**	**Referencia**	**Fe** (µg/g)	**Al** (µg/g)	**Mn** (µg/g)
Aphos porosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	52,00 (30,68)	SD	SD
Callorhynchus callorhynchus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	35,88*	SD	SD
Cathorops spixi	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	2,68*	SD	1,49*
Centropomus undecimalis	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	30,27*	SD	0,58*
Cilus gilberti	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	38,07*	SD	SD
Cyprinus carpio	lago Damsa Dan, Turquía	Mert *et al.,* 2014	1,93 - 73,4	1,93 - 73,46	0,26 - 7,4
Elionops maclovinus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	39,00 (86,51)	SD	SD
Elops saurus	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	8,95*	SD	0,81*
Genypterus Chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	116,21*	SD	SD
Genypterus maculatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	86,51 (46,03)	SD	SD
Merluccius gayi gayi	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	41,78 (35,94)	SD	SD
Mugil curema	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	7,76*	SD	1,21*
Mugil gaimardianus	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	14,17*	SD	1,72*
Mugil lisa	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	8,5*	SD	0,56*
Normanichthys crockeri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	258,06 (204,65)	SD	SD
Paralichthys adpersus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	85,67 (280,36)	SD	SD
Pinguipes chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	88,55 (57,56)	SD	SD
Prolatilus jugularis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	152,90 (217,53)	SD	SD
Sander Lucioperca	lago Damsa dan, Turquía	Mert *et al.,* 2014	6,48 - 414,5	6,48 - 414,56	0,1 - 3,59
Schroederichthys chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	116,06 (44,12)	SD	SD
Sebastes capensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	36,58 (17,90)	SD	SD
Strangomera bentincki	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	168,71*	SD	SD
Stromateus stellatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	548,29 (1127,26)	SD	SD
Tinca tinca	lago Damsa dan, Turquía	Mert *et al.,* 2014	31,2 - 112,9	31,20 - 112,9	0,64 - 9,8
Torpedo tremens	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	44,80*	SD	SD
Trachinotus paitensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	33,60*	SD	SD

Tabla 4.8.48. Valores de concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Pb) en tejidos musculares de peces recolectados en ambientes acuáticos alejados y cerca ([a]) de fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos y se expresa en µg g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; SD = sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	**área geográfica**	**Referencias**	**Cu** (µg/g)	**Zn** (µg/g)	**Pb** (µg/g)
Aphos porosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	2,79 (1,13)	28,29 (11,65)	0,11 (0,12)
Callorhynchus callorhynchus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	1,96*	17,72*	0,07*
Cathorops spixi	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	0,08*	22,51*	0,04
Centropomus undecimalis	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	0,62*	8,71 *	SD
Cilus gilberti	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	2,17*	20,29*	0,04*
Cyprinus carpio	lago Damsa dan, Turquía	Mert *et al.,* 2014	0,15 - 1,04	5,95 - 48,4	0,22 - 0,75
Elionops maclovinus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	10,62 (13,77)	19,94 (8,27)	0,06 (0,04)
Elops saurus	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	1,07*	18,81*	0,16*
Genypterus Chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	19,79*	40,19*	0,00*
Genypterus maculatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	2,63 (2,69)	42,11 (14,77)	0,05 (0,08)
Merluccius gayi gayi	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	3,52 (5,71)	17,07 (6,60)	0,06 (0,07)
Mugil curema	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	1,58*	20,39*	0,28*
Mugil gaimardianus	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	2,87*	17,29*	0,12*
Mugil lisa	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	1,30*	23,50*	0,22*
Normanichthys crockeri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	4,29 (2,24)	55,77 (26,90)	0,19 (0,20)
Paralichthys adpersus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	3,81 (11,34)	31,52 (32,32)	0,22 (0,85)
Pinguipes chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	10,55 (18,31)	56,44 (60,48)	0,07 (0,09)
Prolatilus jugularis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	21,47 (37,18)	35, 40 (30,60)	0,00 (0,00)
Oncorhynchus tshawytscha	río Sacramento,California[a]	Saiki *et al., 2001*	5,16*	138,0*	SD
Sander Lucioperca	lago Damsa dan, Turquía	Mert *et al.,* 2014	0,1 - 14,0	7,04 - 253,6	0,53 - 0,84
Schroederichthys chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	4,65 (1,45)	51,25 (14,21)	0,46 (0,36)
Sebastes capensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	1,67 (1,19)	16,63 (5,00)	0,06 (0,06)
Strangomera bentincki	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	9,80*	73,15 (32,40)	0,03 (0,00)
Stromateus stellatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	3,43 (3,29)	39,86 (16,02)	0,22 (0,14)
Tinca tinca	lago Damsa dan, Turquía	Mert *et al.,* 2014	0,51 - 15,42	36,03 - 430,5	0,49 - 0,93
Torpedo tremens	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,00*	40,19 (26,30)	0,00 (0,65)
Trachinotus paitensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	4,30*	32,40*	0,00*

Tabla 4.8.49. Valores de concentraciones de metales pesados (Cd, As, Hg) en tejidos musculares de peces recolectados en ambientes acuáticos alejados y cerca ([a]) de fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresa en µg/g de peso seco. (*) = un solo dato; SD = sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	**área geográfica**	**referencias**	**Cd** (µg/g)	**As** (µg/g)	**Hg** (µg/g)
Amia calva	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,81 - 1,19
Anguilla rustrata	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,09 - 0,22
Aphos porosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,06 (0,06)	SD	0,76 (2,92)
Callorhynchus callorhynchus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,04*	SD	0,16*
Catostomus comersoni	bahía Back, Canadá[a]	de Rosemond *et al.,* 2008	SD	0,91 (0,22)	SD
Catostomus catostomus	bahía Back, Canadá[a]	de Rosemond *et al.,* 2008	SD	1,15 (0,16)	SD
Centropomus undecimalis	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	0,88*	SD	SD
Cilus gilberti	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,01*	SD	0,10*
Elionops maclovinus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,24 (0,44)	SD	0,16 (0,14)
Elops saurus	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	0,09*	SD	SD
Esox niger	río Savannah, Georgia	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,32 - 0,43
Exox Lucius	bahía Back, Canadá[a]	de Rosemond *et al.,* 2008	SD	0,97 (0,54)	SD
Galaxia maculatus	lago Moreno, Argentina	Arcagni *et al.,* 2013	SD	SD	0,32*
Genypterus Chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,00*	SD	0,16*
Genypterus maculatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	1,06 (1,84)	SD	0,10 (0,11)
Ictalurus puntetus	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,19 - 0,22
Lepomis auritus	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,15 - 0,16
Lepomis macrochirus	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al*., 2001	SD	SD	0,13 - 0,16
Lepomis macrochirus	lago Florida	Lange *et al.,* 1994	SD	SD	0,09*
Lepomis macrochirus	Meryland	Pickney *et al.,* 1997	SD	SD	0,01 - 0,38
Lepomis macrochirus	Inglaterra	Downs *et al.,* 1998	SD	SD	0,1*
Lepomis macrochirus	Inglaterra[a]	Burger et al., 2001	SD	SD	0,32 - 1,38
Lepomis microlophus	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,21 - 0,27
Merluccius gayi gayi	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,32 (0,74)	SD	1,61 (4,08)
Micropterus salmonoides	San Joaquín, California	Saiki *et al.,* 1992	SD	SD	0,17*
Micropterus salmonoides	Midwestern U.S	Downs *et al.,* 1998	SD	SD	0,09 - 0,36

Continuación **Tabla 4.8.49.**

especie	área geográfica	referencias	**Cd** (μg/g)	**As** (μg/g)	**Hg** (μg/g)
Micropterus salmonoides	lago Meryland	Pickney *et al.,* 1997	SD	SD	0,04 - 0,43
Micropterus salmonoides	lago Florida	Lange *et al.,* 1994	SD	SD	0,16 - 1,1
Micropterus salmonoides	lago Tohopekalina[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,6*
Micropterus salmonoides	lago Jacassee, SC[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	2,9*
Micropterus salmonoides	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,3 - 0,68
Minytrema melanops	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,23 - 0,31
Mugil curema	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	0,052*	SD	SD
Mugil gaimardianus	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	0,072*	SD	SD
Mugil lisa	laguna Unare, Venezuela	Marquéz *et al.,* 2008	0,056*	SD	SD
Normanichthys crockeri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,43 (1,22)	SD	0,03 (0,02)
Oncorhynchus mykiss	lago Moreno, Argentina	Arcagni *et al.,* 2013	SD	SD	0,60 (0,29)
Odontesthes hatcheri	lago Moreno, Argentina	Arcagni *et al.,* 2013	SD	SD	0,158*
Olivaichthys nedmensis	lago Moreno, Argentina	Arcagni *et al.,* 2013	SD	SD	1,32 (0,54)
Paralichthys adpersus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,41 (1,23)	SD	0,76 (2,92)
Perca flavescens	río Savannah, Georgia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,20 - 0,35
Perca flavescens	Idaho[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,23*
Perca flavescens	Ontario	Downs *et al.,* 1998	SD	SD	0,37*
Perca flavescens	Finlandia	Verta *et al.,* 1990	SD	SD	0,6*
Perca flavescens	Rusia[a]	Burger *et al.,* 2001	SD	SD	0,10- 0,78
Perca flavescens	lago Moreno, Argentina	Arcagni *et al.,* 2013		SD	1,29*
Pinguipes chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,88 (1,34)	SD	0,10 (0,11)
Prolatilus jugularis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	1,13 (0,15)	SD	0,06 (0,04)
Salmo trutta	lago Moreno, Argentina	Arcagni *et al.,* 2013	SD	SD	0,117*
Savelinus fontinalis	lago Moreno, Argentina	Arcagni *et al.,* 2013	SD	SD	1,6 (1,2)
Schroederichthys chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,32 (0,21)	SD	0,08 (0,07)
Sebastes capensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,03 (0,04)	SD	2,05 (5,10)
Strangomera bentincki	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,14*	SD	0,06*
Stromateus stellatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,71 (0,58)	SD	0,09 (0,03)
Stizostedion vitreum	bahía Back, Canadá[a]	de Rosemond *et al.,* 2008	SD	0,57 (0,19)	SD
Torpedo tremens	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,00*	SD	1,19*
Trachinotus paitensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	0,00*	SD	0,03*

Tabla 4.8.50. Valores de concentraciones AOX y EOX en tejidos musculares de peces recolectados en ambientes acuáticos alejados de fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos y se expresa en µg g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; SD = sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

Especie	área geográfica	Referencias	**AOX** (µg/g)	**EOX** (µg/g)
Aphos porosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	39,50 (22,35)	1,04 (2,57)
Callorhynchus callorhynchus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	16,39 (15,11)	0,67 (0,95)
Cilus gilberti	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	33,38*	0,00*
Elionops maclovinus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	11,52 (15,76)	0,00 (0,00)
Genypterus blacodes	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	38,62 (7,33)	0,00 (0,00)
Merluccius gayi gayi	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	9,15 (12,48)	0,23 (0,82)
Normanichthys crockeri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	72,99 (94,03)	0,96 (3,45)
Paralichthys adpersus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	20,31 (14,91)	0,51 (1,17)
Pinguipes chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	5,00 (0,35)	0,00 (0,00)
Prolatilus jugularis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	5,17 (1,64)	0,00 (0,00)
Schroederichthys chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	31,29*	0,00*‘
Sebastes capensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	19,28 (11,84)	0,00 (0,00)
Stromateus stellatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	20,22 (13,71)	0,00 (0,00)
Torpedo tremens	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	6,10*	0,00*

Tabla 4.8.51. Valores de concentraciones Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) en tejidos musculares de peces recolectados en ambientes acuáticos alejados y cerca ([a]) de fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos y se expresa en ng g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; (**) = datos en peso húmedo; SD = sin dato. Fuente: CFI Nueva Aldea PROMNA = Programa de Monitoreo del Medio Marino, Complejo Forestal Industrial Nueva Aldea.

especie	**área geográfica**	**Referencias**	**Dioxinas** (ng/g)	**Furanos** (ng/g)	**EQTs** (ng/g)
Aphos porosus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000320 (0,000300)
Callorhynchus callorhynchus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000006 (0,000008)
*Catostomus commersoni***	Ontario, Canadá[a]	Servos *et al.,* 1994	SD	SD	0,004640 (0,003690)
*Catostomus commersoni***	Ontario, Canadá[a]	Servos *et al.,* 1994	SD	SD	0,003090 (0,004020)
*Catostomus commersoni***	Ontario, Canadá	Servos *et al.,* 1994	SD	SD	0,000020 (0,000020)
Elionops maclovinus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000038 (0,000042)
Merluccius gayi gayi	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000146 (0,000183)
Normanichthys crockeri	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000200 (0,000199)
Paralichthys adpersus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000345 (0,001481)
Pinguipes chilensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000208 (0,000195)
Prolatilus jugularis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000096 (0,000081)
Sebastes capensis	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000028 (0,000039)
Stromateus stellatus	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000961*
Torpedo tremens	costa Bio Bio	CFI Nueva Aldea PROMNA	SD	SD	0,000006*

4.8.4.10. Comparaciones de los elementos químicos con la literatura

Las Figuras 4.8.51 a 4.8.53 muestran las concentraciones de metales pesados obtenidas en ejemplares completos de peces (*Galaxias maculatus*) y en tejidos musculares del Puye, Pejerrey, Carpa, Trucha café y Trucha arco iris *versus* las encontradas en la literatura (referencias).

Aun cuando los rangos en las concentraciones de Hierro medidas en los puyes fueron similares a los encontrados en la literatura, la concentración promedio de este metal fue más alta que la concentración promedio de las referencias (Fig. 4.8.51); situación similar fue la observada para el Aluminio y Manganeso en estos peces, metales que no fueron detectados en los tejidos musculares de los peces del cauce (Fig. 4.8.51).

El Cobre solo fue detectado en puyes con concentraciones similares, pero rangos más estrechos a los valores de la literatura (Fig. 4.8.52). El Zinc tuvo concentraciones más altas en puyes cuando comparadas con los otros peces aquí estudiados y con los valores referenciales (los rangos de variación fueron más estrechos en pejerreyes, carpas y truchas) (Fig. 4.8.52). Por otra parte, las concentraciones promedio de Zinc fueron similares a través de todas las comparaciones pero con rangos de mayor variabilidad en puyes (Fig. 4.8.52).

El Mercurio presentó concentraciones promedio inferiores a los valores referenciales en todas las familias, con excepción de Salmonidae (truchas), sin embargo, los rangos máximos de la literatura son superiores a los rangos obtenidos para las truchas (Fig. 4.5.53).

La Figura 4.5.54 muestra las concentraciones de AOX y EOX obtenidos en los peces aquí estudiados *versus* las encontradas en la literatura (referencias). Las concentraciones promedio de AOX en los peces aquí estudiados fueron similares a los valores referenciales (estos con valores más altos en sus rangos), a la vez que las concentraciones promedios y rangos de EOX fueron más altos que los valores de la literatura en todos los peces del área de estudio.

La Figura 4.5.55 muestra las concentraciones de Equivalentes Tóxicos (EQTs) obtenidos en este Programa de Diagnóstico *versus* las encontradas en la literatura (referencias). En general, las concentraciones promedio medidas en todos los peces aquí estudiados son similares a las encontradas en la literatura; sin embargo, los rangos máximos obtenidos en los especímenes de la familia Galaxiidae son superiores a los valores referenciales.

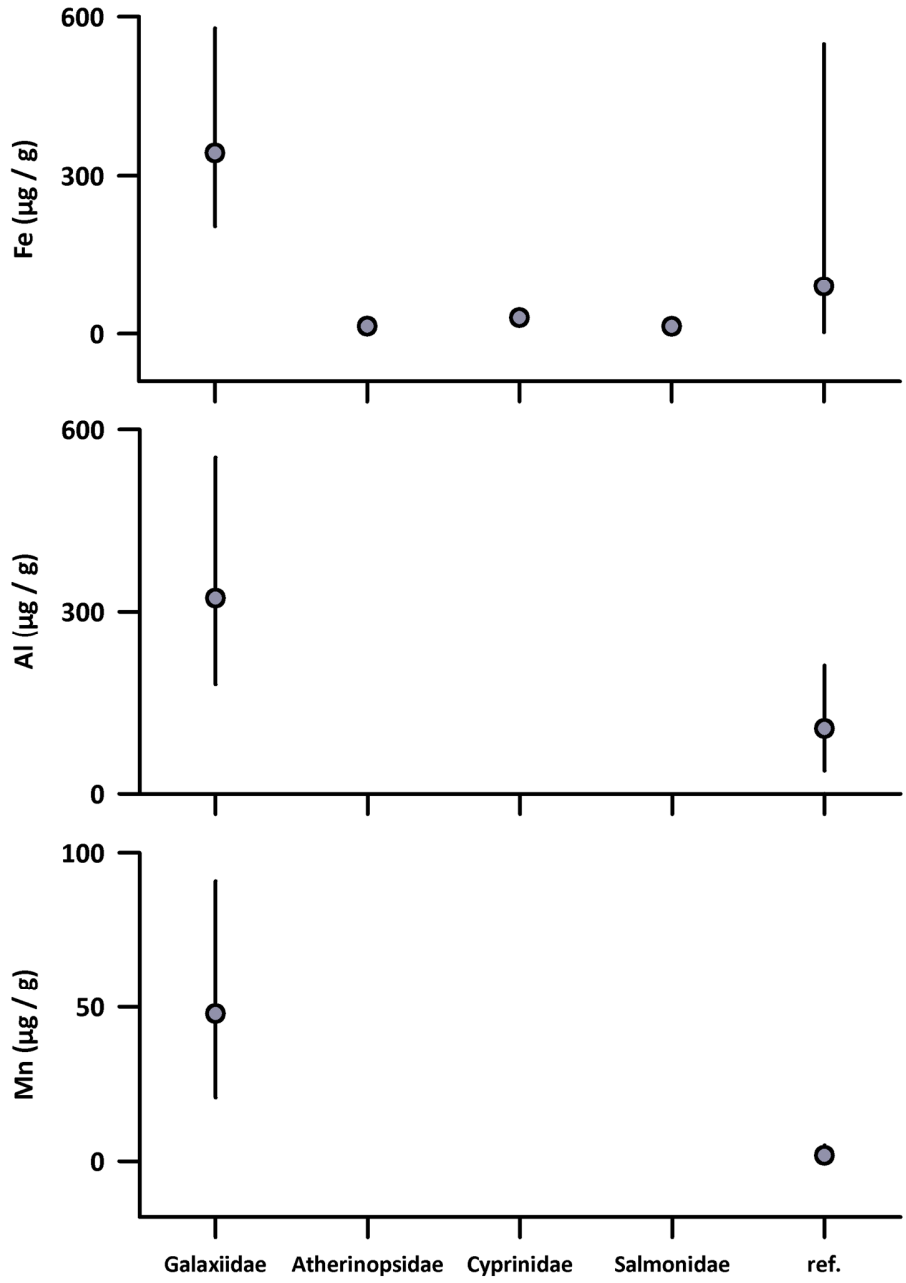


Figura 4.8.51. Comparaciones promedio de las concentraciones de Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Manganeso (Mn) medidas en el Puye (Galaxiidae), Pejerrey (Atherinopsidae), Carpa (Cyprinidae), Trucha café y Trucha arco iris (Salmonidae), durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones promedio a la vez que las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentración. ref= valores estimados a partir de la literatura.

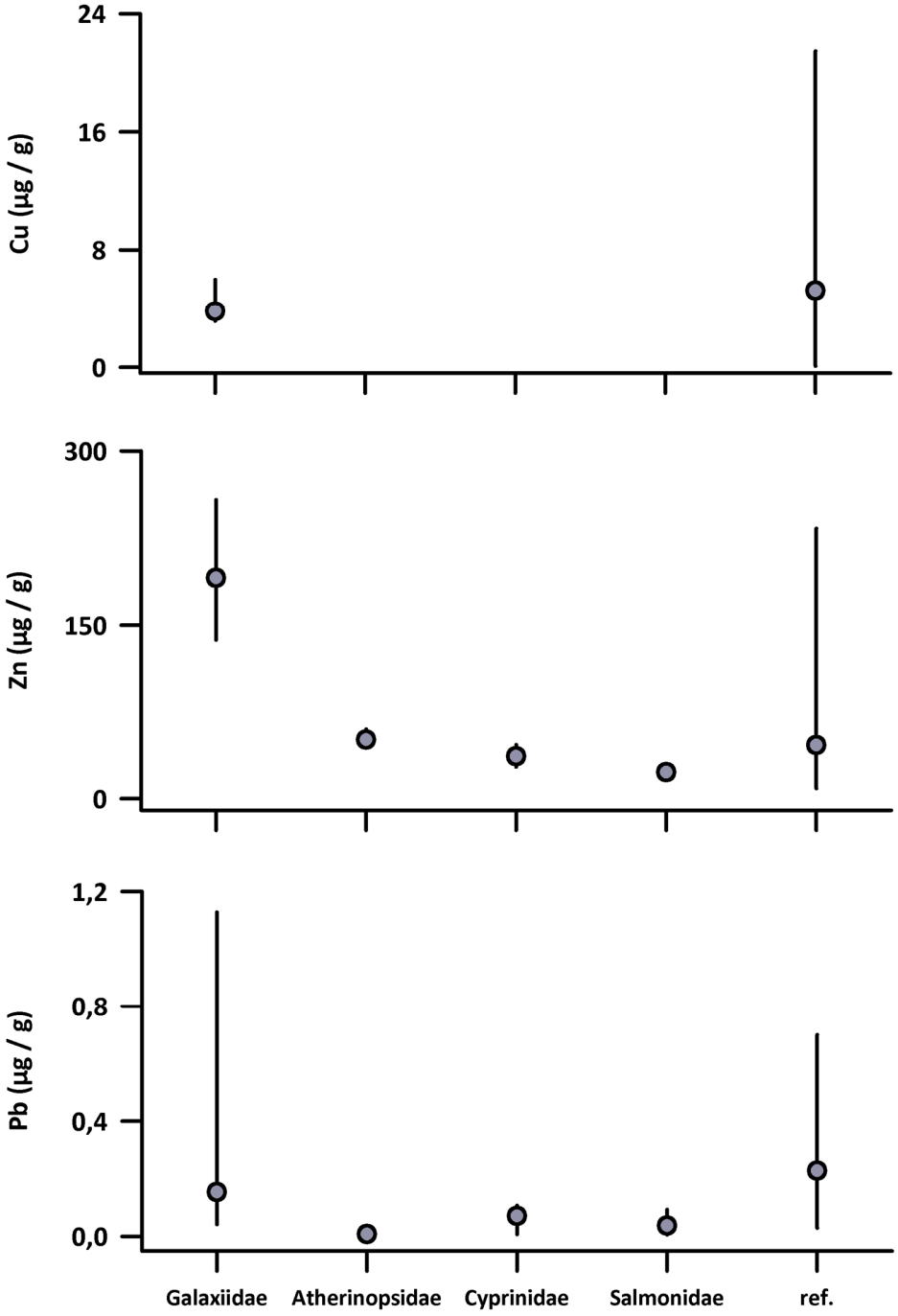


Figura 4.8.52. Comparaciones promedio de las concentraciones de Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Plomo (Pb) medidas en el Puye (Galaxiidae), Pejerrey (Atherinopsidae), Carpa (Cyprinidae), Trucha café y Trucha arco iris (Salmonidae), durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones promedio a la vez que las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentración. ref= valores estimados a partir de la literatura.

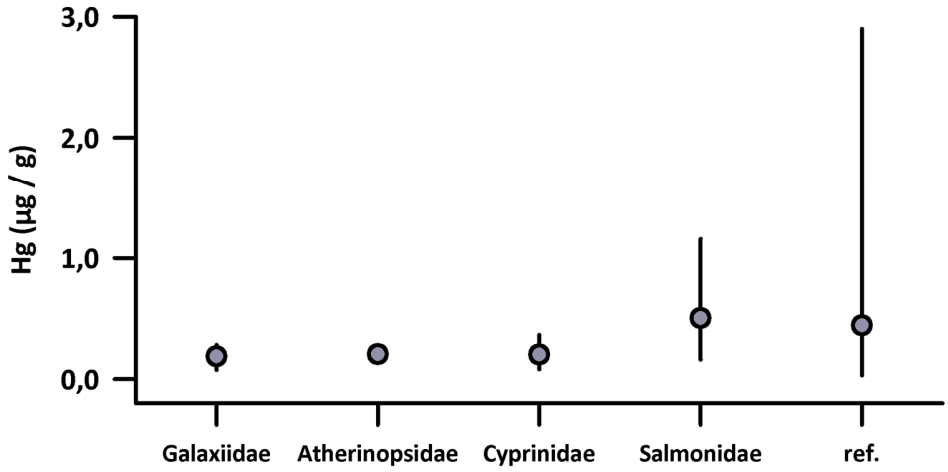


Figura 4.8.53. Comparaciones promedio de las concentraciones de Mercurio (Hg) medidas en el Puye (Galaxiidae), Pejerrey (Atherinopsidae), Carpa (Cyprinidae), Trucha café y Trucha arco iris (Salmonidae), durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones promedio a la vez que las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentración. ref= valores estimados a partir de la literatura.

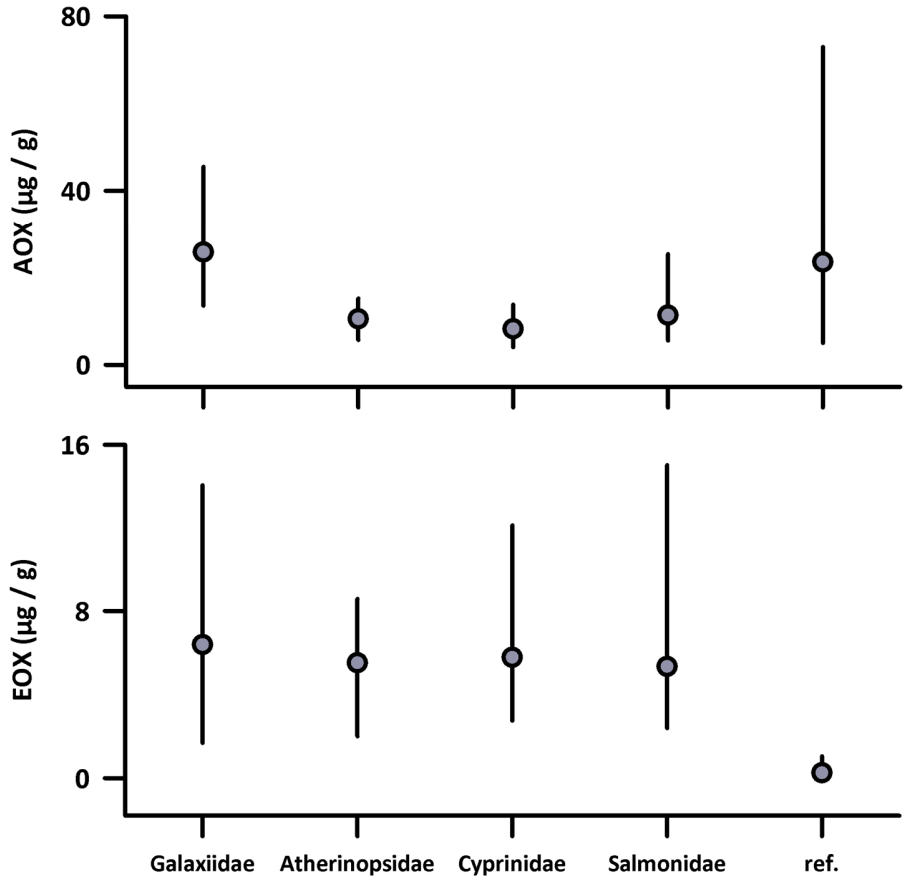


Figura 4.8.54. Comparaciones promedio de las concentraciones de AOX y EOX medidas en el Puye (Galaxiidae), Pejerrey (Atherinopsidae), Carpa (Cyprinidae), Trucha café y Trucha arco iris (Salmonidae), durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones promedio a la vez que las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentración. ref= valores estimados a partir de la literatura.

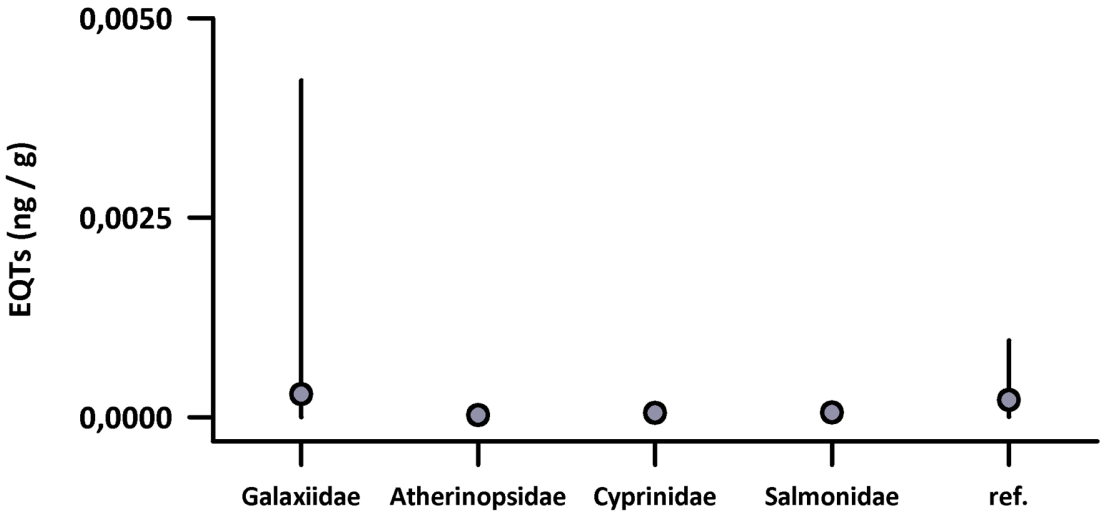


Figura 4.8.55. Comparaciones promedio de las concentraciones de Equivalentes tóxicos (EQTs) en el Puye (Galaxiidae), Pejerrey (Atherinopsidae), Carpa (Cyprinidae), Trucha café y Trucha arco iris (Salmonidae), durante las campañas de otoño y primavera en el área de estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones promedio a la vez que las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentración. ref= valores estimados a partir de la literatura.

4.8.4.11. Estado sanitario

En la Tabla 4.8.52 se muestran las especies de peces y fechas de recolección de los mismos correspondientes a la campaña de otoño (abril-junio de 2014), según estación de muestreo y que fueron recepcionadas en el Laboratorio de Biotecnología y Patología Acuática de la Universidad Austral de Chile, con la asignación de un número de caso para su seguimiento.

En la Tabla 4.8.53 se resumen los análisis bacteriológicos y virológicos efectuados en la campaña de otoño (abril-junio de 2014), según estación y fecha de muestreo. En la Tabla 4.8.54 se describen los resultados del análisis bacteriológico, con la identificación de las bacterias aisladas y el resultado del antibiograma respectivo de los antibióticos

oxitetraciclina, florfenicol, amoxicilina, sulfatrimetoprim, flumequina y ácido oxolínico, según estación y especie durante la campaña de otoño (abril-junio de 2014).

Tabla 4.8.52. Fechas de recepción de los peces analizados durante la campaña de otoño (abril-junio de 2014). A cada fecha le fue asignado un n° de caso.

estaciones	n° caso	fechas	especies	n° peces
Porción superior del río Cruces (sector límnico)				
1 (sector Ciruelos)	60	30-abr-2014	*G. maculatus*	40
			T. aerolatus	1
			P. trucha	8
			Cheirodon sp.	1
2 (sector Rucaco)	66	10-abr-2014	*G. maculatus*	38
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	65	9-may-2014	*G. maculatus*	35
			B. australis	14
	74	3-jun-2014	*O. mykiss*	1
			O. kysutch	1
			S. trutta	2
	75	4-abr-2014	*O. mykiss*	1
			B. australis	18
	75b	6-abr-2014	*S. trutta*	1
			C. carpio	1
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	63	5-may-2014	*G. maculatus*	32
	69	23-may-2014	*S. trutta*	5
		26-may-2014	*S. trutta*	3
	72	29-may-2014	*S. trutta*	1
			C. carpio	4
	73	30-may-2014	*C. carpio*	7
	73	4-jun-2014	*C. carpio*	5
10 (río Cayumapu interior)	64	8-may-2014	*G. maculatus*	40
	81	17-jun-2014	*O. mykiss*	2
			S. trutta	1
			C. carpio	1
	82	19-jun-2014	*P. trucha*	1
			A. marinus	1
			B. australis	1
			O. mykiss	2
			S. trutta	1
			C. carpio	1
	83	25-jun-2014	*C. carpio*	2
	84	26-jun-2015	*C. carpio*	3
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	67	14-may-2014	*G. maculatus*	36
	77	9-jun-2014	*B. australis*	3
			S. trutta	1
	78	9-jun-2014	*O. mykiss*	3
			S. trutta	1
	79	10-jun-2014	*G. maculatus*	4
			S. trutta/ O. mykiss	6
			A. marinus	1
	80	11-jun-2014	*B. australis*	25
			S. trutta	3

Tabla 4.8.53. Resumen de resultados de análisis sanitarios de la ictiofauna durante la campaña de otoño (abril-junio de 2014), según estación, número de caso, fecha de muestreo y número de peces (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones). TSA= agar de soya tripticasa; TYES= agar triptona, extracto de levadura y sales; (P)= Pejerrey, (T)= Trucha (café o arcoíris); (n)= número de animales en la muestra analizada; PCR IPNV= Reacción en cadena de la polimerasa para el diagnóstico molecular del virus de la necrosis pancreática infecciosa

estaciones	n° caso	fechas	especies	n°	bacteriología	resultados	PCR IPNV	resultados
1	60	30-abr.14	*G. maculatus*	40	TSA: riñón(4), hígado(4) TYES: riñón(4), hígado(4	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: hígado, corazón, bazo (10)	negativo
2	66	10-may-14	*G. maculatus*	38	TSA: riñón (2), hígado (2) TYES: riñón (2), hígado (2)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: hígado, corazón, bazo (10)	negativo
6	65	09-may-14	*G. maculatus*	35	TSA: riñón (3), hígado (2), bazo (1) TYES: riñón (3), hígado (2)	desarrollo de *Flavobacterium* sp.	1 pool: bazo, corazón, hígado (10)	negativo 1/1
	74	03-jun-14	*B. australis*	14	peces muertos	no aplica	2 pool: corazón-riñón-bazo de 3 peces cada uno (P) y (T)	negativo 2/2
			O. mykiss	1				
			O. kisutch	1				
	75	04-jun-14	*S. trutta*	2	TSA: riñón (4) (P) y (T) TYES: riñón (4) (P) y (T)	desarrollo bacteriano negativo	2 pool: corazón -riñón-bazo de 3 peces cada uno (P) y (T)	negativo 2/2
			O. mykiss	1				
			B. australis	18				
	75B	06-jun-14	*S. trutta*	1	TSA: riñón (4) TYES: riñón (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, bazo, corazón	negativo 1/1
			C. carpio	1				

Continuación **Tabla 4.8.53.**

estaciones	n° caso	fechas	especies	n°	bacteriología	resultados	PCR IPNV	resultados
8	63	05-may-14	*G. maculatus*	32	TSA: riñón (4), hígado (4) TYES: riñón(4), hígado (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: corazón, bazo, hígado (10)	negativo 1/1
	69	23-may-14	*S. trutta*	5	TSA: riñón (4)	desarrollo bacteriano	2 pooles: riñón, bazo, corazón (3)	negativo 2/2
		26.mayo.14	*S. trutta*	3	TYES: riñón (3)	negativo		
	72	29-may-14	*S. trutta*	1	TSA: riñón (4)	desarrollo bacteriano	1 pool: riñón, bazo, corazón 4 peces	negativo 1/1
			C. carpio	4	TYES: riñón (4)	negativo		
	73	30-may-14	*C. carpio*	7	autolisis, no analizadas			
	76	04-jun-14	*C. carpio*	5	TSA: riñón (4) TYES: riñón (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: corazón, riñón, bazo (5)	negativo 1/1
10	64	08-may-14	*G. maculatus*	40	TSA: riñón (3), hígado (3) TYES: riñón (3), hígado (3)	desarrollo bacteriano NN	1 pool hígado, corazón, bazo (10)	negativo 1/1
	81	17-jun-14	*O. mykiss*	2	TSA: riñón (2) (T) TYES: riñón (2) (T)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: corazón, riñón, bazo (2) (T2)	negativo 1/1
			S. trutta	1				
			C. carpio	1				
	82	19-jun-14	*P. trucha*	1				
			A. marinus	2				
			B. australis	1	TSA: riñón (4) (T) y (P) TYES: riñón (4) (T) y (P)	desarrollo bacteriano negativo	2 pooles: corazón, riñón, bazo (T3, P1)	negativo 2/2
			O. mykiss	1				
			S. trutta	1				
			C. carpio	1				
	83	25-jun-14	*C. carpio*	2	TSA: riñón (4) (T) y (P)	desarrollo bacteriano de *P. fluorescens* y *Flavobacterium spp.*	1 pool: corazón, riñón, bazo (c)	negativo 1/1
	84	26-jun-14	*C. carpio*	3	TSA: riñón (2) TYES: riñón (2)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: corazón, riñón, bazo (3)	negativo 1/1

Continuación **Tabla 4.8.53.**

estaciones	n° caso	fechas	especies	n°	bacteriología	resultados	PCR IPNV	resultados
12	67	14-may-14	*G. maculatus*	36	TSA: riñón (1), hígado (1) TYES: riñón (1), hígado (1)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool de bazo, corazón, riñón, hígado (10)	negativo 1/1
	77	09-jun-14	*B. australis*	3	TSA: riñón (1 (P) TYES: riñón (1 (P)	desarrollo bacteriano NN	2 pool de bazo, corazón, riñón, hígado (2)	negativo 2/2
			S. trutta	1				
	78	09-jun-14	*O. mykiss*	3	TSA: riñón (3) TYES: riñón (3)	desarrollo bacteriano negativo	2 pool de órganos de 2 y 1 pez bazo, corazón, riñón	negativo 2/2
			S. trutta	1				
	79	10-jun-14	*G. maculatus*	4	TSA: riñón(8) (T) y (P) TYES: riñón (8) (T) y (P)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool de órganos de 4 peces (T)	negativo 1/1
			S. trutta/ O. mykiss	6				
			A. marinus	1	TSA: riñón TYES: riñón	desarrollo bacteriano negativo	2 pool de órganos	Negativo
	80	11-jun-14	*B. australis*	25				
			S. trutta	3				

Tabla 4.8.54. Resumen de resultados de análisis bacteriológicos de la ictiofauna durante la campaña de otoño (abril-junio de 2014), según estación, número de caso y especie (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones).

estación	n° caso	especie	resultados
6	65/14	*G. maculatus*	en agar TYES en hígado desarrollo de colonias amarillas tipo Flavobacterias, corresponde a bacilos Gram (-) delgados que forman largos filamentos, oxidasa (+). **identificación API ZYM:** *Flavobacterium* spp. **ANTIBIOGRAMA:** **sensible:** florfenicol, flumequina, amoxicilina, ácido oxolínico **resistente:** oxitetraciclina, sulfatrimetoprim
10	64/14	*G. maculatus*	en agar TSA en hígado y riñón: desarrollo de colonia pequeña translúcida. corresponde a bacilos Gram (-) ligeramente curvos. no fue posible recuperar la bacteria post descongelación para identificación y antibiograma.
10	83/14	*C. carpio* (2)	en agar TSA en riñón: desarrollo de bacilo Gram (-), oxidasa. **Iientificación API 20NE:** *Pseudomonas fluorescens* **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: flumequina, ácido oxolínico, oxitetraciclina, amoxicilina. **resistente:** sulfatrimetoprim, florfenicol. en agar TYES en riñón: desarrollo de colonias amarillas tipo Flavobacterias. corresponde a bacilos Gram (-) delgados que forman largos filamentos, Oxidasa (+). **identificación API ZYM:** *Flavobacterium* spp. **ANTIBIOGRAMA:** **sensible:** flumequina, ácido oxolínico, oxitetraciclina, florfenicol, sulfatrimetoprim, amoxicilina.
12	77/14	*B. australis*	en agar TSA en riñón: desarrollo de bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** NO FUE POSIBLE IDENTIFICAR GÉNERO **ANTIBIOGRAMA:** **sensible**: flumequina, ácido oxolínico, oxitetraciclina. **sensibilidad intermedia:** sulfatrimetoprim. **resistente:** amoxicilina, florfenicol.

La Tabla 4.8.55 muestra las especies de peces y fechas de recolección de los mismos correspondientes a la campaña de primavera (octubre-noviembre de 2014), según estación de muestreo y que fueron recepcionadas en el Laboratorio de Biotecnología y Patología Acuática de la Universidad Austral de Chile, con la asignación de un número de caso para su seguimiento.

Tabla 4.8.55. Fechas de recepción de los peces analizados durante la campaña de primavera (octubre-noviembre de 2014). A cada fecha le fue asignado un n° de caso. *= peces en descomposición; se repitió el muestreo.

estaciones	n° caso	Fechas	especies	n° peces
Porción superior del río Cruces (secto límnico)				
1 (sector Ciruelos)	122	20-oct-2014	*G. maculatus*	24
	125	22-oct-2014	*O. mykiss*	3
			S. trutta	4
	126	22-oct-2014	*C. carpio*	1
	130	30-oct-2014	*O. mykiss*	3
			S. trutta	3
	147	17-nov-2014	*C. carpio*	4
2 (sector Rucaco)	123	21-oct-2014	*G. maculatus*	21
Eje central del río Cruces (sector estuarial)				
6 (sector Punucapa)	120	9-oct-2014	*G. maculatus*	22*
			G. maculatus	14
	121	20-oct-2014	*B. australis*	30*
	127	24-oct-2014	*O. mykiss*	1*
	128	28-oct-2014	*B. australis*	7
	143	13-nov-2014	*O. mykiss*	1
			C. carpio	5
Ríos tributarios del río Cruces (sector estuarial)				
8 (río Pichoy interior)	119	08-oct-2014	*G. maculatus*	21
	139	06-nov-2014	*C. carpio*	2
			O. mykiss	3
	140	07-nov-2014	*C. carpio*	3*
	144	14-nov-2014	*C. carpio*	3
	151	21-nov-2014	*C. carpio*	1
	153	24-nov-2014	*C. carpio*	1
	154	25-nov-2014	*O. mykiss*	1
10 (río Cayumapu interior)	118	07-oct-2014	*G. maculatus*	19
	141	10-nov-2014	*C. carpio*	5
	145	17-nov-2014	*O. mykiss*	1
			S. trutta	2
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios				
12 (río Calle Calle)	124	21-oct-2014	*G. maculatus*	19
	146	17-nov-2014	*B. australis*	9
	148	18-nov-2014	*S. trutta*	1
	150	21-nov-2014	*O. mykiss*	1
	152	24-nov-2014	*O. mykiss*	1

En la Tabla 4.8.56 se resumen los resultados de los análisis bacteriológicos y virológicos efectuados en la campaña de primavera (octubre-noviembre de 2014), según estación y fecha de muestreo. La Tabla 4.8.57 describe los resultados del análisis bacteriológico, con la identificación de las bacterias aisladas y el resultado del antibiograma respectivo de los antibióticos oxitetraciclina, florfenicol, amoxicilina, sulfatrimetoprim, flumequina y ácido oxolínico, según estación y especie durante la campaña de primavera (octubre-noviembre de 2014). La Figura 4.8.56 resume los resultados de la expresión del mRNA de Interferón 1 mediante PCR de tiempo real, en muestras de riñón y bazo de las truchas muestreadas.

Tabla 4.8.56. Resumen de resultados de análisis sanitarios de la ictiofauna de la campaña de primavera (octubre-noviembre de 2014), según estación, número de caso, fecha de muestreo y número de peces (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones). TSA= agar de soya tripticasa; TYES= agar triptona, extracto de levadura y sales; (P)= Pejerrey; (T)= Trucha; (n)= número de animales en la muestra analizada; PCR IPNV= Reacción en cadena de la polimerasa para el diagnóstico molecular del virus de la necrosis pancreática infecciosa.

estaciones	n° caso	fechas	especies	n°	bacteriología	resultados	PCR IPNV	resultados
1	122	20-oct-2014	*G. maculatus*	24	TSA: riñón (4) TYES: bazo (4)	desarrollo bacteriano *Aeromonas hydrophila*	1 pool: riñón, corazón, bazo (5)	negativo 1/1
	125	22-oct-2014	*O. mykiss: (3)* *S. trutta (4)*	7	TSA: riñón (4) TYES: riñón (4)	desarrollo bacteriano *Moraxella spp.*	2 pool: riñón, encéfalo, bazo, corazón (3) (TA) y (4) (TC)	sin muestra
	126	22-oct-2014	*C. carpio*	1	TSA: riñón (1) TYES: riñón (1)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, bazo (1)	negativo 1/1
	130	30-oct-2014	*O. mykiss (3)* *S. trutta (3)*	6	TSA: riñón(2)(TC) TYES: riñón (1) (TA)	desarrollo bacteriano *C.indologenes*	2 pool: riñón, corazón, bazo (1)(TC) - riñón, corazón, bazo, encéfalo (1) (TA)	negativo 2/2
	147	17-nov.2014	*C. carpio*	4	TSA: riñón (4) TYES: riñón (4)	desarrollo bacteriano NN	1 pool: riñón, corazón, bazo (1)	negativo 1/1
2	123	21-oct-2014	*G. maculatus*	22	TSA: riñón (5) TYES: bazo (5)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, bazo (5)	negativo 1/1
6	120	09-oct-2014	*G. maculatus*	22	Autolisis	no aplica	autolisis	no aplica
	121	20-oct-2014	*G. maculatus*	19	TSA: riñón (4) TYES: bazo (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: bazo, corazón (5)	negativo 1/1

	127	24-oct-2014	*B. australis (P) (30)* *O. mykiss (T) (1)*	31	Autolisis	no aplica	autolisis	no aplica
	128	28-oct-2014	*O. mykiss (T) (1)* *B. australis (P) (7)*	8	(T) TSA:riñón (1) TYES: riñón (1) (P) TSA:riñón (4) TYES: riñón (4)	desarrollo bacteriano negativo	2 pool: corazón-riñón-bazo de (T) (1) y (P) (5)	negativo 2/2
	143	13-nov-2014	*C. carpio*	5	TSA: riñón (5) TYES: riñón (5)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: corazón, riñón, bazo (1)	negativo 1/1
8	119	08-oct-2014	*G. maculatus*	21	TSA: hígado (4) TYES: bazo (4)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: hígado, corazón (4)	negativo 1/1
	139	06-nov-2014	*O. mykiss (3) (T)* *C. carpio(2) (C)*	5	TSA: riñón (3) TYES: riñón (3)	desarrollo bacteriano negativo	2 pool: corazón-riñón-bazo de(1) (2) (T)	negativo 2/2
	140	07-nov-2014	*C. carpio*	3	Autolisis	no aplica	autolisis	no aplica
	144	14-nov-2014	*C. carpio*	3	TSA: riñón (3) TYES: riñón (3)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, bazo (3)	negativo 1/1
	151	21-nov-2014	*C. carpio*	1	TSA: riñón (1) TYES: riñón (1)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: bazo, corazón, riñón (1)	negativo 1/1
	153	24-nov-2014	*C. carpio*	1	TSA: riñón (1) TYES: riñón (1)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: bazo, corazón, riñón (1)	negativo 1/1
	154	25-nov-2014	*O. mykiss*	1	TSA: riñón (1) TYES: riñón (1)	desarrollo bacteriano NN	1 pool: bazo, corazón, riñón (1)	negativo 1/1
10	118	07-oct-2014	*G. maculatus*	19	TSA: riñón, hígado (5) TYES: riñón, hígado (5)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, hígado (5)	Negativo 1/1
	141	17-nov-2014	*C. carpio*	5	TSA: riñón (5) TYES: riñón (5)	desarrollo bacteriano negativo	2 pool: riñón, corazón, bazo (3) y (2) peces	Negativo 2/2

	145	17-nov-2014	*O. mykiss (1)* *S. trutta(2)*	3	TSA: riñón (3) TYES: riñón (3)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, bazo (3)	Negativo 1/1
12	124	21-oct-2014	*G. maculatus*	19	TSA: riñón (4) TYES: bazo (4)	desarrollo bacteriano *P.aeruginosa* y *A.faecalis*	1 pool: riñón, corazón, bazo (5)	Negativo 1/1
	146	17-nov-2014	*B. australis*	9	TSA: riñón (5) TYES: riñón (5)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, bazo, hígado (9)	Negativo 1/1
	148	18-nov-2014	*S. trutta*	1	TSA: riñón (1) TYES: riñón (1)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, bazo (1)	Negativo 1/1
	150	21-nov-2014	*O. mykiss*	1	TSA: riñón (1) TYES: riñón (1)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, bazo (1)	Negativo 1/1
	152	24-nov-2014	*O. mykiss*	1	TSA: riñón (1) TYES: riñón (1)	desarrollo bacteriano negativo	1 pool: riñón, corazón, bazo (1)	negativo 1/1

Tabla 4.8.57. Resumen de resultados de análisis bacteriológicos de la ictiofauna durante la campaña de primavera (octubre-noviembre de 2014), según estación, número de caso y especie. (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones).

estaciones	nº caso	especie	resultados
1	122/14	*G. maculatus*	en agar TSA en riñón: desarrollo de bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** *Aeromonas hydrophila* **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: flumequina, ácido oxolínico, sulfatrimetoprim, oxitetraciclina, florfenicol **resistente:** amoxicilina
1	125/14	*O. mykiss* (7)	en agar TSA en riñón: desarrollo de Bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación:** NO FUE POSIBLE IDENTIFICAR GÉNERO **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: flumequina, ácido oxolínico, sulfatrimetoprim, florfenicol, amoxicilina. **resistente:** oxitetraciclina
			en agar TSA en riñón (TC): desarrollo de cocobacilo Gram (-), oxidasa (+). **API 20NE: Identificación** *Moraxella* spp. **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: flumequina, ácido oxolínico, sulfatrimetoprim, florfenicol, oxitetraciclina , amoxicilina.
1	130/14	*O. mykiss* (6)	en agar TSA en riñón: desarrollo de bacilo Gram(-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** *Chryseobacterium indologenes* **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: flumequina, ácido oxolínico, sulfatrimetoprim. **sensibilidad intermedia:** florfenicol, oxitetraciclina. **resistente:** amoxicilina.
1	130/14	*O. mykiss* (6)	en agar TSA en riñón: desarrollo de colonias color crema, corresponde a bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** NO FUE POSIBLE IDENTIFICAR GÉNERO **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: oxitetraciclina, ácido oxolínico, flumequina, florfenicol, sulfatrimetoprim. **resistente:** amoxicilina
1	147/14	*C. carpio* (4)	en agar TSA en riñón: desarrollo de bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** NO FUE POSIBLE IDENTIFICAR GÉNERO **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: oxitetraciclina, ácido oxolínico, flumequina, florfenicol, sulfatrimetoprim.

			resistente: amoxicilina
			en agar TSA en riñón: desarrollo de colonias color amarillo, que corresponde a bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** NO FUE POSIBLE IDENTIFICAR GÉNERO **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: oxitetraciclina, ácido oxolínico, flumequina, florfenicol, amoxicilina, sulfatrimetoprim.
8	154/14	*O. mykiss* (1)	en agar TSA en riñón: desarrollo de bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** NO FUE POSIBLE IDENTIFICAR GÉNERO **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: oxitetraciclina, ácido oxolínico, flumequina. **resistente:** florfenicol, amoxicilina, sulfatrimetoprim.
			en agar TSA en riñón: desarrollo de colonias color amarillo, que corresponde a bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación:** NO FUE POSIBLE IDENTIFICAR GÉNERO **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: oxitetraciclina, florfenicol, amoxicilina, sulfatrimetoprim, flumequina. **resistente:** ácido oxolínico.
12	124/14	*G. maculatus*	en agar TSA en riñón: desarrollo de colonias que producen exopigmento de color café, corresponde a bacilos Gram (-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** *Pseudomonas aeruginosa* **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: flumequina, ácido oxolínico, sulfatrimetoprim, amoxicilina, oxitetraciclina. **resistente:** florfenicol.
			en agar TSA en riñón: desarrollo de bacilo Gram (-), oxidasa (+). **identificación API 20NE:** *Alcaligenes faecalis* **ANTIBIOGRAMA**: **sensible**: flumequina, ácido oxolínico, sulfatrimetoprim, amoxicilina, oxitetraciclina. **sensibilidad intermedia:** florfenicol

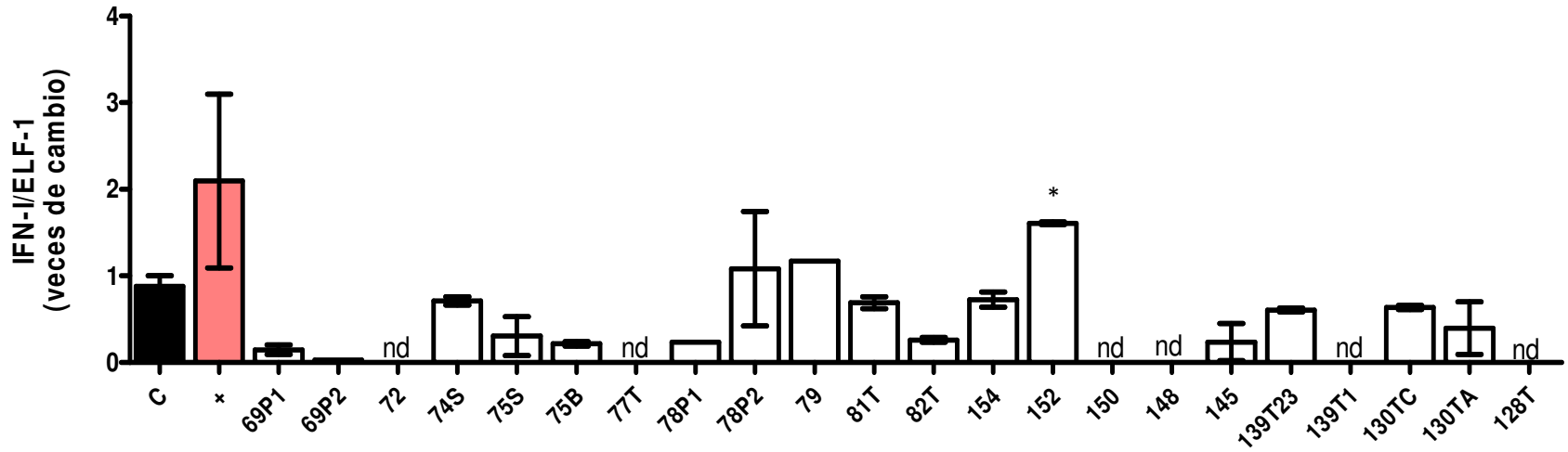


Figura 4.8.56. Análisis de la expresión de IFN-I en muestras de Truchas capturadas en el área de estudio. El análisis de la expresión de IFN-I se realizó a partir de RNA total extraídos de un pool de órganos de Truchas indicados según n° de caso. Los resultados muestran las medias ± 1 error estándar de muestras por duplicado. Los * indican diferencias significativas con respecto al control de Truchas sanas (C), analizados por t-student, $p < 0,05$. nd, expresión no determinada. (x), control RNA total de Truchas infectadas con el virus de la necrosis pancreática infecciosa IPNv.

El análisis de la expresión de IFN-I (Fig. 4.8.56) en muestras de Truchas capturadas en el área de estudio, muestra que en un gran porcentaje (72%) se presenta el mRNA de IFN-I, citoquina de acción antiviral. Cabe destacar que un 45% de las muestras tiene niveles de expresión menores al control (Tuchas sanas) y un 27% no presentan este mRNA. El análisis de la expresión del mRNA de IFN-I de la muestra 152, presentó un nivel significativamente mayor, lo cual puede atribuirse al contacto de esta muestra de peces con algún tipo de virus. El análisis de las muestras de Truchas del área de estudio indica que un 72% presenta niveles basales de expresión de esta citoquina y que en un porcentaje menor (27%), no fue posible determinar la expresión de esta molécula antiviral, lo cual puede ser atribuido a la calidad de la muestra obtenida o bien a procesos inmunosupresores asociados al estrés de la captura.

No se detectaron peces con signos clínicos de enfermedad, sin embargo la presencia de parásitos fue un hallazgo constante, especialmente en el Puye (*Galaxias maculatus*) (ver más adelante), en los cuales se pesquisó en la observación en fresco, daño branquial asociada a su presencia y nódulos parasitarios en hígado. En las otras especies de peces se detectaron parásitos en piel y branquias y en cantidades que no reflejan una parasitosis clínica; predominaron protozoos como *Costia* sp., *Tricodina* sp., *Epistylus* sp., *Ichthyophthyrius multifilis* y monogéneos como *Dactylogirus* sp. Estos parásitos pueden causar mortalidad de los peces si las condiciones ambientales provocan un estrés crónico. Del análisis bacteriológico llama la atención la respuesta a la sensibilidad antibiótica de las bacterias aisladas, tanto aislados de especies que se cultivan intensivamente como de especies silvestres, ya que se detecta resistencia a los antibióticos usados en la salmonicultura.

4.8.4.12. Análisis histopatológicos

Campaña de otoño

En la Tabla 4.8.58 se detallan los hallazgos histopatológicos en los puyes recolectados en las seis estaciones muestreadas durante la campaña de otoño 2014.

Tabla 4.8.58. Resumen con el detalle de los hallazgos histopatológicos en los puyes de campaña de otoño, con la fecha y estación de muestreo. Los números entre paréntesis indican la frecuencia para cada hallazgo (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones). SNC= sistema nervioso central; S/A= sin alteraciones; N/O= no observado por estar ausente en la muestra.

estación	fecha	especie	n°	SNC	hígado	riñón	páncreas	corazón
1	30-abr-2014	*G. maculatus*	5	parásitos (2) inflamación (1) S/A (2)	congestión (4) S/A (1)	parásitos (3) inflamación (1) congestión (1)	fibrosis (5) parásitos (1)	S/A (3) N/O (2)
2	10-abr-2014	*G. maculatus*	5	S/A (5)	congestión (3) parásitos (2)	S/A (4) N/O (1)	S/A (4) N/O (1)	S/A (3) N/O (2)
6	09-may-2014	*G. maculatus*	5	S/A (5)	congestión (3) S/A (2)	S/A (5)	S/A (4) N/O (1)	S/A (5)
8	05-may-2014	*G. maculatus*	5	parásitos (1) S/A (3) N/O (1)	parásitos (3) congestión (2)	parásitos (2) congestión (2) hiperplasia (1)	S/A (3) N/O (2)	S/A (3) N/O (2)
10	08-may-2014	*G. maculatus*	5	parásitos (1) inflamación (1) S/A (3)	S/A (5)	congestión S/A (4)	fibrosis (1) S/A (2) N/O (2)	S/A (3) N/O (2)
12	14-may-2014	*G. maculatus*	5	S/A (3) N/O (2)	congestión (4) S/A (1)	congestión (2) S/A (3)	congestión (1) S/A (4)	S/A (1) N/O (4)

Continuación **Tabla 4.8.58.**

Estación	fecha	especie	n°	estómago	intestino	Piel
1	30-abr-2014	*G. maculatus*	5	parásitos (1) inflamación (1) contenido (3)	inflamación (1) parásitos (1) S/A (3)	hiperplasia (2) S/A (3)
2	10-abr-2014	*G. maculatus*	5	contenido (5)	parásitos (2) S/A (3)	S/A (5)
6	09-may-2014	*G. maculatus*	5	contenido (3) S/A (2)	parásitos (2) S/A (3)	S/A (5)
8	05-may-2014	*G. maculatus*	5	contenido (4) S/A (1)	parásitos (3) S/A (2)	S/A (5)
10	08-may-2014	*G. maculatus*	5	parásitos (1) contenido (2) S/A (2)	parásitos (2) S/A (2) N/O (1)	hiperplasia (2) S/A (3)
12	14-may-2014	*G. maculatus*	5	contenido (1) S/A (4)	S/A (5)	S/A (5)

Los análisis histopatológicos llevados a cabo en los diferentes tejidos (sistema nervioso central, hígado, riñón, páncreas, corazón, branquias, estómago, intestino y piel) de los puyes cortados sagitalmente (cinco ejemplares pertenecientes a seis estaciones), durante la campaña de otoño, muestran que en ninguno de los especímenes analizados se observó evidencia de características compatibles con un cuadro infeccioso bacteriano o viral específico, así como tampoco se encontraron indicios de daño de origen tóxico o carencial (*i.e*., falta de elementos o compuestos necesarios para el metabolismo basal). Sin embargo, llama la atención el marcado parasitismo encontrado en los ejemplares, los diferentes tejidos afectados y la variedad de parásitos observados, algunos de los cuales fue posible de identificar (Tabla 4.8.58).

A continuación se realizó un análisis de los tejidos de los puyes examinados de acuerdo a las seis estaciones muestreadas (para efectos de este Informe se identifican como casos), durante la campaña de otoño. Se debe dejar en claro que en los cortes microscópicos de pequeños peces, es habitual que algún tejido no salga incluido en el corte que se realizó:

Sistema nervioso central

De los 30 puyes examinados microscópicamente, 16 no presentaron alteraciones y en tres peces el sistema nervioso central no salió incluido en el corte realizado. En la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) dos peces evidenciaron parásitos y uno demostró un cuadro inflamatorio (absceso frontal), en la estación 10 (río Cayumapu) se encontró un parásito en el SNC. Al respecto, la identificación parasitológica permitió reconocer a un Trematoda en la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) y un quiste protozoario en la estación 10 (río Cayumapu).

Hígado

De los 30 puyes examinados microscópicamente, nueve no presentaron alteraciones, 16 ejemplares evidenciaron congestión y en cinco peces se encontraron parásitos. La congestión hepática es un hallazgo inespecífico, pudiendo ser fisiológica o estar asociada a

una mayor exigencia del órgano. Sin embargo, ninguno de estos hígados evidenció alguna otra característica indicativa de alteración histopatológica. En la estación 8 (río Pichoy) se encontraron tres hígados con parásitos (compatibles con Nematoda). En la estación 2 (río Cruces, sector Rucaco) se encontraron parásitos en dos hígados (compatibles con Nematoda). Ninguno de los hígados examinados evidenció hallazgos compatibles con la acción de tóxicos.

Riñón

De los 30 puyes examinados microscópicamente, 16 no presentaron alteraciones, seis peces evidenciaron congestión, en cinco se encontraron parásitos, uno presentó signos de inflamación, otro presentó signos de hiperplasia de células intersticiales y en un pez no salió incluido tejido renal en el corte realizado. Al igual que en el caso del hígado, la congestión puede ser fisiológica o estar asociada a una mayor exigencia del órgano, no encontrándose hallazgos de alteración histopatológica. El análisis de los puyes de la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos), permitió detectar parásitos en tres peces (compatibles con un Trematodo del género *Philureter*); del mismo modo en la estación 8 (río Pichoy) se encontraron los mismos parásitos en dos riñones. Los casos individuales de inflamación y de hiperplasia de células intersticiales se interpretan como casos aislados. Al igual que en el caso del hígado, ninguna muestra de riñón presentó hallazgos compatibles con la acción de tóxicos.

Páncreas

De los 30 puyes examinados microscópicamente, 17 no presentaron alteraciones, seis ejemplares evidenciaron fibrosis (uno de ellos presentó además un parásito), un páncreas presentó congestión y en seis peces no se obtuvo tejido pancreático en los cortes realizados. La fibrosis es la resultante de una inflamación crónica; al respecto, en uno de los peces de la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) se encontró la fibrosis asociada a un Cestodo encapsulado, razón por la cual se sospecha que el parasitismo crónico podría ser la causa de fibrosis pancreática en los demás peces.

Corazón

De los 30 puyes examinados microscópicamente, 18 no presentaron alteraciones y en doce peces no salió incluido tejido cardíaco en los cortes realizados.

Branquias

De los 30 puyes examinados microscópicamente, 25 presentaron hiperplasia y fusión de lamelas secundarias; cuatro de estos peces presentaron además parásitos y en cinco ejemplares no se evidenciaron lesiones. Llama la atención el compromiso hiperplásico de las branquias, el que se caracteriza por proliferación de las células epiteliales que lleva a la fusión de las lamelas secundarias y con ello a una alteración importante en el intercambio de oxígeno de los peces. Esta alteración es inespecífica y obedece a diferentes causas que van entre otras a calidad del agua, a la acción de parásitos y bacterias. En cuatro peces se encontraron parásitos asociados a este trastorno, habiéndose identificado en dos peces de la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) a los protozoos *Epistylus* sp. y *Ichtyophtirius multifilis,* respectivamente. Por otra parte, en dos peces de la estación 10 (río Cayumapu) se identificó al Trematoda *Gyradactylus* sp.

Estómago

De los 30 puyes examinados microscópicamente, 18 presentaron contenido alimentario, dos ejemplares evidenciaron parásitos en la mucosa, uno presentó inflamación de la submucosa y nueve no presentaron alteraciones. Dentro del contenido gástrico se encontraron algunos microorganismos libres, lo que se interpretó como parte de la dieta trófica habitual. En un estómago de un Puye de la estación 1 (río Cruces, sector Ciruelos) se identificó un parásito del Phylum Platyhelminthes y en otro estómago de la estación 10 (río Cayumapu) se identificó a un Nematoda.

Intestino

De los 30 puyes examinados microscópicamente, diez presentaron parásitos, un ejemplar evidenció inflamación, en 18 peces no se encontraron lesiones y en un pez, no salió incluido tejido intestinal en el corte realizado. Llama la atención que ninguno de los peces de la estación 12 (río Calle Calle) evidenció alteraciones intestinales. Todos los demás casos presentaron parásitos, habiéndose identificado ejemplares de la clase Nematoda.

Piel

De los 30 puyes examinados, cuatro presentaron hiperplasia epidermal con proliferación moderada de células mucosas y 26 peces no evidenciaron lesiones.

Gónadas

En 19 de los 30 puyes examinados microscópicamente, se logró observar tejido gonadal, encontrándose once ovarios y ocho testículos. En todas las gónadas examinadas para ambos géneros, la presencia de actividad gonadal fue normal.

Campaña de primavera

En la Tabla 4.8.59 se detallan los hallazgos histopatológicos en los puyes pertenecientes a las seis estaciones examinados durante la campaña de primavera 2014. En la Tabla 4.8.60 se resume el número de peces muestreados en esta campaña, ordenados por especie y procedencia.

Tabla 4.8.59. Resumen con el detalle de los hallazgos histopatológicos en los tejidos de las cinco especies muestreadas pertenecientes a la campaña de primavera, incluida fecha y estación de muestreo. Los números entre paréntesis indican la frecuencia para cada hallazgo (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones. SNC= sistema nervioso central; S/A= sin alteraciones; N/O= no observado por estar ausente en la muestra; Deg= degeneración; CI= células intersticiales renales.

estación	fechas	especie	n°	SNC	hígado	riñón	páncreas	corazón
1	20-oct-2014	*G. maculatus*	5	S/A (4)	parásitos (1)	deg tubular (1)	S/A (2)	S/A (3)
				N/O (1)	S/A (2) N/O (2)	S/A (2) N/O (2)	N/O (3)	N/O (2)
1	22-oct-2014	*O. mykiss*	3	congestión (3)	inflamación (1) congestión (1) atrofia (1)	deg tubular, glomerulonefritis e hiperplasia CI (2) S/A (1)	S/A (3)	S/A (3)
1	22-oct-2014	*S. trutta*	4	proliferación células gliales (1) S/A (2) N/O (1)	Atrofia (1) congestión (1) S/A (1)	deg tubular, glomerulonefritis e hiperplasia CI (3) N/O (1)	S/A (4)	S/A (4)
1	22-oct-2014	*C. carpio*	1	S/A (1)	S/A (1)	deg tubular hiperplasia CI (1)	S/A (1)	S/A (1)
1	30-oct-2014	*S. trutta*	4	congestión (1) S/A (3)	congestión (1) atrofia (1) S/A (2)	deg tubular, glomerulonefritis, hiperplasia CMM (3) hiperplasia CI (1)	S/A (4)	S/A (4)
1	17-nov-2014	*C. carpio*	4	S/A (4)		deg tubular e hiperplasia CI (4)	S/A (4)	S/A (4)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	branquias	estómago	ciegos pilóricos / intestino	bazo	musculatura	gónadas
1	20-oct-2014	*G. maculatus*	5	hiperplasia lamelas 2^{arias} (4) S/A (1)	N/O (5)	S/A (2) N/O (3)	N/O (5)	S/A (5)	testículo activo (2) ovario con huevos (1) N/O (2)
1	22-oct-2014	*O. mykiss*	3	hiperplasia lamelas 1^{arias} e inflamación (2) N/O (1)	S/A (3)	S/A (3)	congestión (2) depleción (1)	S/A (3)	N/O (3)
1	22-oct-2014	*S. trutta*	4	inflamación (1) hiperplasia células mucosas (1) S/A (2)		S/A (4)	congestión (1) S/A (2) N/O (1)	S/A (3) N/O (1)	N/O (4)
1	22-oct-2014	*C. carpio*	1	hiperplasia lamelas 2^{arias} (1)	inflamación (1)	S/A (1)	congestión (1)	S/A (1)	N/O (1)
1	30-oct-2014	*S. trutta*	4	hiperplasia lamelas 1^{arias} e inflamación (3) S/A (1)	S/A (2) N/O (2)	inflamación (1) S/A (3)	depleción (1) S/A (3)	S/A (4)	N/O (4)
1	17-nov-2014	*C. carpio*	4	inflamación lamelas 1^{arias} (3) parásitos (1) N/O (1)	inflamación (4)	inflamación (3) N/O (1)	S/A (3) N/O (1)	S/A (4)	testículo activo (2) ovario c/huevos (2)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	SNC	hígado	riñón	páncreas	corazón
2	21-oct-2014	*G. maculatus*	5	S/A (4) N/O (1)	parásitos (1) S/A (4)	S/A (4) N/O (1)	S/A (4) N/O (1)	S/A (1) N/O (4)
6	06-abr-2014	*S. trutta*	1	N/O (1)	congestión (1)	deg tubular (1)	S/A (1)	S/A (1)
6	04-abr-2014	*B. australis*	2	S/A (1) N/O (1)	congestión (1) S/A (1)	deg tubular (1) congestión (1)	S/A (2)	S/A (1) N/O (1)
6	20-oct-2014	*G. maculatus*	5	S/A (4) N/O (1)	congestión (1) S/A (4)	S/A (5)	S/A (4) N/O (1)	S/A (3) N/O (2)
6	28-oct-2014	*B. australis*	5	parásitos (2) proliferación células gliales (1) S/A (2)	congestión (1) S/A (4)	deg tubular con hiperplasia CI (3) S/A (2)	S/A (5)	parásitos en el bulbo (4) S/A (1)
6	28-oct-2014	*S. trutta*	1	S/A (1)	S/A (1)	congestión (1)	S/A (1)	S/A (1)
6	13-nov-2014	*C. carpio*	5	S/A (5)		deg tubular (3) S/A (1) N/O (1)	S/A (5)	S/A (5)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	branquias	estómago	ciegos pilóricos / intestino	bazo	musculatura	gónadas
2	21-oct-2014	*G. maculatus*	5	hiperplasia lamelas 2^{arias} (3) S/A (1) N/O (1)	N/O (5)	S/A (2) N/O (3)	S/A (1) N/O (4)	S/A (5)	testículo activo (3) ovario con huevos (2)
6	06-abr-2014	*S. trutta*	1	hiperplasia lamelas 2^{arias} e inflamación (1)	Parásito (1)	S/A (1)	hemosiderosis (1)	S/A (1)	N/O (1)
6	04-abr-2014	*B. australis*	2	hiperplasia lamelas 1^{arias} (1) S/A (1)	N/O (2)	S/A (1) N/O (1)	hemosiderosis (1) congestión (1)	S/A (2)	ovario c/huevos (2)
6	20-oct-2014	*G. maculatus*	5	hiperplasia lamelas 2^{arias} (2) S/A (3)	S/A (1) N/O (4)	S/A (2) N/O (3)	S/A (1) N/O (4)	S/A (5)	ovario con huevos (3) ovario desarrollado (1) testículo activo (1)
6	28-oct-2014	*B. australis*	5	parásitos (2) hiperplasia células mucosas (2) inflamación e hiperplasia lamelas 1^{arias} (1)	N/O (5)	S/A (5)	S/A (5)	S/A (4) N/O (1)	testículo activo (4) N/O (1)
6	28-oct-2014	*S. trutta*	1	inflamación (1)		S/A (1)	congestión (1)	S/A (1)	N/O
6	13-nov-2014	*C. carpio*	5	hiperplasia lamelas 1^{arias} (4) parásitos (1)	inflamación (2) N/O (3)	inflamación (4) N/O (1)	S/A (3) N/O (2)	S/A (2) N/O (3)	testículo activo (1) N/O (4)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	SNC	hígado	riñón	páncreas	corazón
8	23-may-2014	*S. trutta*	2	S/A (1) N/O (1)	S/A (2)	S/A (2)	S/A (2)	S/A (2)
8	29-may-2014	*C. carpio*	2	N/O (2)	congestión (1) S/A (1)	deg tubular y glomerulonefritis (2)	S/A (1) N/O (1)	S/A (2)
8	04-junio-2014	*C. carpio*	2	N/O (2)	congestión(2)	deg tubular (1) hemorragia con inflamación (1)	S/A (2)	S/A (2)
8	08-oct-2014	*G. maculatus*	5	parásitos (1) S/A (4)	parásitos (2) congestión (2) S/A (1)	hiperplasia CI (1) congestión (1) S/A (3)	parásitos (2) S/A (3)	S/A (3) N/O (2)
8	06-nov-2014	*S. trutta*	3	S/A (3)		hiperplasia CI (1) S/A (1) N/O (1)	S/A (3)	S/A (3)
8	14-nov-2014	*C. carpio*	3	S/A (3)		deg tubular e hiperplasia CI (3)	S/A (3)	S/A (3)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	branquias	estómago	ciegos pilóricos / intestino	bazo	musculatura	gónadas
8	23-may-2014	*S. trutta*	2	S/A (2)	N/O (2)	S/A (2)	S/A (2)	S/A (1) N/O (1)	ovario c/huevos (1) testículo activo (1)
8	29-may-2014	*C. carpio*	2	congestión (1) N/O (1)	N/O (2)	S/A (2)	congestión (2)	N/O (2)	ovario c/huevos (1) N/O (1)
8	04-junio-2014	*C. carpio*	2	hiperplasia y fusión lamelas 2^{arias} (1) N/O (1)	N/O (2)	S/A (2)	hemosiderosis (1) N/O (1)	S/A (1) N/O (1)	ovario c/huevos (1) testículo activo (1)
8	08-oct-2014	*G. maculatus*	5	hiperplasia lamelas 2^{arias} y parásitos (4) S/A (1)	Contenido alimenticio (3) S/A (5)	S/A (2) N/O (3)	S/A (2) N/O (3)	S/A (5)	testículo activo (4) con parásitos (2) ovario c/huevos (1)
8	06-nov-2014	*S. trutta*	3	hiperplasia lamelas 1^{arias} e inflamación (2) S/A (1)	S/A (1) N/O (2)	S/A (3)	S/A (3)	S/A (1) N/O (2)	ovario desarrollado (1) N/O (2)
8	14-nov-2014	*C. carpio*	3	hiperplasia lamelas 1^{arias}, inflamación parásitos (3)	inflamación (3)	inflamación (3)	S/A (3)	S/A (2) N/O (1)	ovario c/huevos (2) testículo activo (1)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	SNC	hígado	riñón	páncreas	corazón
8	21-nov-2014	*C. carpio*	1	meningitis (1)		deg tubular, hiperplasia CI y Parásito (1)	S/A (1)	S/A (1)
8	25-nov-2014	*S. trutta*	1	S/A (1)		hiperplasia CI (1)	S/A (1)	N/O (1)
10	17-jun-2014	*S. trutta*	2	S/A (2)	S/A (2)	S/A (2)	S/A (2)	S/A (2)
10	19-jun-2014	*S. trutta*	3	congestión (1) S/A (2)	congestión (1) S/A (2)	deg tubular (2) S/A (1)	Necrosis (2) S/A (1)	S/A (3)
10	19-jun-2014	*B. australis*	1	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	parásitos en bulbo arterioso (1)
10	25-jun-2014	*C. carpio*	2	S/A (2)	S/A (2)	deg tubular (1) S/A (1)	S/A (2)	S/A (1) N/O (1)
10	26-jun-2014	*C. carpio*	3	S/A (3)	S/A (3)	inflamación (1) N/O (2)	S/A (3)	S/A (3)
10	07-oct-2014	*G. maculatus*	5	proliferación células gliales (2) S/A (3)	congestión (3) S/A (2)	congestión (1) S/A (4)	S/A (3) (N/O (2)	S/A (5)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	branquias	estómago	ciegos pilóricos / intestino	bazo	musculatura	gónadas
8	21-nov-2014	*C. carpio*	1	hiperplasia lamelas 1^{arias} (1)	inflamación (1)	inflamación (1)	S/A (1)	S/A (1)	testículo activo (1)
8	25-nov-2014	*S. trutta*	1	hiperplasia lamelas 1^{arias} inflamación (1)	S/A (1)	inflamación (1)	S/A (1)	S/A (1)	N/O (1)
10	17-jun-2014	*S. trutta*	2	hiperplasia lamelas 2^{arias} (2)	N/O (2)	S/A (2)	S/A (2)	S/A (1) N/O (1)	N/O (2)
10	19-jun-2014	*S. trutta*	3	hiperplasia lamelas 2^{arias} (2) S/A (1)	N/O (3)	S/A (3)	S/A (3)	S/A (3)	ovario c/huevos (3)
10	19-jun-2014	*B. australis*	1	S/A (1)	N/O	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	N/O
10	25-jun-2014	*C. carpio*	2	hiperplasia lamelas 2^{arias} (2)	N/O (2)	S/A (2)	congestión (1) S/A (1)	S/A (2)	N/O (2)
10	26-jun-2014	*C. carpio*	3	hiperplasia lamelas 2^{arias} (2) S/A (1)	N/O (3)	S/A (3)	S/A (1) N/O (2)	S/A (3)	N/O (3)
10	07-oct-2014	*G. maculatus*	5	hiperplasia lamelas 1^{arias}, inflamación y parásitos (4) congestión (1)	contenido alimenticio (5) S/A (5)	parásitos (1) S/A (1) N/O (3)	S/A (3) N/O (2)	S/A (5)	testículo activo (4) ovario desarrollado (1)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	SNC	hígado	riñón	páncreas	corazón
10	10-nov-2014	*C. carpio*	5	S/A (5)		deg tubular (3) S/A (1) N/O (1)	parásitos (1) (S/A (4)	S/A (5)
10	17-nov-2014	*S. trutta*	3	congestión (1) S/A (2)		glomerulonefritis e hiperplasia CI (3)	S/A (3)	S/A (3)
12	09-jun-2014	*S. trutta*	2	S/A (1) N/O (1)	S/A (2)	deg tubular (1) N/O (1)	S/A (1) N/O (1)	S/A (2)
12	09-jun-2014	*B. australis*	1	S/A	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)
12	09-jun-2014	*O. mykiss*	1	S/A	S/A (1)	N/O	S/A (1)	S/A (1)
12	10-jun-2014	*S.trutta*	1	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)
12	10-jun-2014	*O. mykiss*	1	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)
12	21-oct-2014	*G. maculatus*	5	S/A (4) N/O (1)	S/A (5)	S/A (5)	S/A (3) N/O (2)	S/A (1) N/O (4)
12	17-nov-2014	*B. australis*	1	N/O (1)		deg tubular, hiperplasia CI y parásitos (mixosporideos) (1)	S/A (1)	S/A (1)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	branquias	estómago	ciegos pilóricos / intestino	bazo	musculatura	gónadas
10	10-nov-2014	*C. carpio*	5	hiperplasia lamelas 1^{arias} y parásitos (4) inflamación (1)	inflamación (1) S/A (1) N/O (3)	inflamación (4) N/O (1)	congestión (2) S/A (3)	S/A (4) N/O (1)	testículo activo (3) ovario c/huevos (2)
10	17-nov-2014	*S. trutta*	3	hiperplasia lamelas 1^{arias} (3)	S/A (2) N/O (1)	inflamación (3) parásitos (1)	congestión (1) S/A (2)	S/A (3)	ovario c/huevos (2) N/O (1)
12	09-jun-2014	*S. trutta*	2	hiperplasia lamelas 2^{arias} (1) N/O (1)	N/O (2)	S/A (2)	S/A (2)	S/A (2)	ovario c/huevos (2)
12	09-jun-2014	*B. australis*	1	N/O	N/O (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	N/O (1)
12	09-jun-2014	*O. mykiss*	1	S/A (1)	N/O	S/A (1)	congestión (1)	S/A (1)	ovario c/huevos (1)
12	10-jun-2014	*S.trutta*	1	S/A	N/O (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	N/O
12	10-jun-2014	*O. mykiss*	1	S/A	N/O (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	N/O (1)
12	21-oct-2014	*G. maculatus*	5	hiperplasia lamelas 2^{arias} (5)	N/O (5)	parásitos (1) S/A (1) N/O (3)	S/A (2) N/O (3)	S/A (5)	testículo activo (3) ovario con huevos (2)
12	17-nov-2014	*B. australis*	1	N/O (1)	N/O (1)	S/A (1)	congestión (1)	S/A (1)	N/O (1)

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	SNC	hígado	riñón	páncreas	corazón
12	18-nov-2014	*S. trutta*	1	S/A (1)		hiperplasia CI (1)	S/A (1)	S/A (1)
12	21-nov-2014	*S. trutta*	1	S/A (1)		hiperplasia CI y glomerulonefritis (1)	S/A (1)	S/A (1)
12	24-nov-2014	*S. trutta*	1	S/A (1)		deg tubular, hiperplasia CI y glomerulonefritis (1)	S/A (1)	S/A

Continuación **Tabla 4.8.59.**

estación	fechas	especie	n°	branquias	estómago	ciegos pilóricos / intestino	bazo	musculatura	gónadas
12	18-nov-2014	*S. trutta*	**1**	hiperplasia lamelas 1^{arias}, inflamación y telangiectasias (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	ovarios c/huevos (1)
12	21-nov-2014	*S. trutta*	**1**	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	S/A (1)	N/O (1)
12	24-nov-2014	*S. trutta*	**1**	hiperplasia lamelas 1^{arias} (1)	S/A (1)	inflamación (1)	congestión (1)	S/A (1)	N/O (1)

Tabla 4.8.60. Número de peces muestreados histológicamente en la campaña de primavera, ordenados según estación de muestreo y especie (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones).

estación	Trucha café	Trucha arco íris	Carpa	Pejerrey	Puye	total
1	8	3	5	0	5	**21**
2	0	0	0	0	5	**5**
6	2	0	5	7	5	**19**
8	6	0	9	0	5	**20**
10	8	0	10	1	5	**24**
12	6	2	0	2	5	**15**
	30	**5**	**29**	**10**	**30**	**104**

En la campaña de primavera, se incluyeron tejidos de Trucha café, Trucha arco íris, Carpa y Pejerrey, además se examinó igual cantidad de Puyes que en los análisis de la campaña de otoño. A diferencia de estos últimos, en este caso se incluyó bazo y musculatura; por otra parte, no se incorpora en la Tabla 4.8.59la columna con hallazgos de piel, ya que este tejido no evidenció alteraciones en ninguno de los peces en que se examinó.

Los análisis histopatológicos realizados en los diferentes tejidos (sistema nervioso central, hígado, riñón, páncreas, corazón, branquias, estómago, intestino, bazo, musculatura, piel y gónadas) de los diferentes peces muestreados pertenecientes a las seis estaciones, durante la campaña de primavera, muestran que sólo en dos Truchas se encontraron lesiones atribuibles al cuadro viral necrosis pancreática infecciosa y que en ninguno de los especímenes analizados se observó evidencia de características compatibles con un cuadro infeccioso bacteriano o viral específico, así como tampoco se encontraron indicios de daño de origen tóxico o carencial. Sin embargo, al igual que durante la campaña de otoño, llama la atención el marcado parasitismo encontrado en los peces.

A continuación se efectúa un análisis de los tejidos analizados en las cinco especies de peces examinados durante la campaña primaveral del estudio.

Sistema nervioso central

De los 104 peces examinados microscópicamente, en 91 de ellos se pudo analizar el SNC, de los cuales 14 presentaron alguna alteración, siendo destacable cuatro peces con proliferación de células gliales en grado leve, reacción inespecífica del tejido nervioso frente a algún agente. Dos pejerreyes y un Puye evidenciaron parásitos en el SNC; en el caso del Puye, la identificación parasitológica permitió reconocer a un Trematoda. Una Carpa procedente de la estación 8 (río Pichoy) presentó una leve meningitis, no encontrándose otros hallazgos. En seis peces se encontró leve congestión del SNC, no apreciándose tampoco otros hallazgos.

Hígado

De los 104 peces examinados microscópicamente, 71 no presentaron alteraciones, 20 ejemplares evidenciaron congestión, en cuatro puyes se encontraron parásitos, en cuatro peces se observó atrofia de hepatocitos, dos presentaron leve inflamación y en cuatro no se encontró tejido hepático en las láminas. La congestión hepática es un hallazgo inespecífico, pudiendo ser fisiológica o estar asociada a una mayor exigencia del órgano. Sin embargo, ninguno de estos hígados evidenció alguna otra característica indicativa de alteración histopatológica. Con relación a los hígados de puyes con parásitos, se identificó a metacercarias del trematodo *Ascocotyle* sp. Ninguno de los hígados examinados evidenció hallazgos compatibles con la acción de tóxicos.

Riñón

De los 104 peces examinados microscópicamente, 39 no presentaron alteraciones, en 41 peces se encontró leve degeneración de túbulos renales, asociado con glomerulonefritis e hiperplasia de células intersticiales en 12 peces, además otros cinco peces presentaron sólo hiperplasia de células intersticiales, cuatro peces evidenciaron congestión renal, en dos se

encontraron parásitos, en dos se observó inflamación, y en once peces no salió incluido tejido renal en el corte realizado. Los hallazgos degenerativos encontrados son todos leves y corresponden a los hallazgos habituales tanto en peces silvestres como de cultivo y que están sometidos a diferentes agentes irritantes, es así como fue frecuente encontrar asociados trastornos degenerativos con glomerulonefritis y/o proliferación de células intersticiales, estas células corresponden a células de defensa, ya que el riñón es el órgano hematopoyético en los peces, por otra parte, la glomerulonefritis es un indicador de una respuesta inflamatoria. Del mismo modo como en el caso del hígado, la congestión puede ser fisiológica o estar asociada a una mayor exigencia del órgano, no encontrándose hallazgos de alteración histopatológica. Se encontró un parásito en el riñón de una Carpa, además se observó en un Pejerrey una lesión parasitaria propia de mixosporideos. Los casos individuales de inflamación y de hiperplasia de células intersticiales se interpretan como casos aislados. Al igual que en el caso del hígado, ninguna muestra de riñón presentó hallazgos compatibles con la acción de tóxicos.

Páncreas

De los 104 peces examinados microscópicamente, 87 no presentaron alteraciones pancreáticas, dos truchas evidenciaron necrosis, una Trucha presentó inflamación, dos puyes y una Carpa presentaron parásitos y en once peces no se obtuvo tejido pancreático en los cortes realizados. La necrosis observada en el páncreas de dos truchas (estación 10, río Cayumapu), podría estar asociada con el virus de la necrosis pancreática infecciosa, enfermedad de alta prevalencia en truchas y salmones de cultivo en Chile. Los parásitos observados en el páncreas de dos puyes no fue posible de identificarlos en los cortes histológicos; sin embargo, se sospecha que corresponderían al Phylum Acanthocephala, ya que se encontraron ejemplares de este Phylum en la cavidad abdominal de otro Puye.

Corazón

De los 104 peces examinados microscópicamente, 82 no presentaron alteraciones cardíacas, en cinco pejerreyes se encontraron parásitos en el bulbo cardíaco identificados como Nematoda y en 17 peces no salió incluido tejido cardíaco en los cortes realizados.

Branquias

De los 104 peces examinados microscópicamente, 20 no presentaron alteraciones, 63 presentaron hiperplasia de lamelas primarias y/o secundarias (en algunos casos con fusión de estas últimas, además de inflamación); 20 de estos peces presentaron además parásitos, en tres peces se encontraron parásitos sin reacción branquial, cinco presentaron inflamación, en tres peces se apreció proliferación de las células mucosas, en dos se encontró congestión y en nueve ejemplares no salió incluido tejido branquial en las láminas. Al igual que en la primera parte del estudio, llama la atención el compromiso hiperplásico (proliferativo) de las branquias, lo que altera el intercambio de oxígeno de los peces. Esta lesión es inespecífica y se produce por diferentes causas: calidad del agua, acción de parásitos y bacterias. En 20 peces se encontraron parásitos asociados a este trastorno, es así como en puyes se identificaron los protozoos *Epistylus* sp., *Ichtyophtirius multifilis*, *Trichodina* sp., *Chilodonella* sp., así como mixosporideos. Por otra parte, en branquias de truchas se identificó a mixosporideos y *Ichtyophtirius multifilis*. En Carpas se identificó a Trematodo *Dactylogyrus* sp. y al protozoo *Epistylus* sp.

Estómago

De los 104 peces examinados microscópicamente, 13 presentaron inflamación, una Trucha evidenció parásitos en la submucosa, 25 no presentaron alteraciones; por otra parte, en 65 peces no apareció estómago en la lámina.

Ciegos pilóricos/intestino

De los 104 peces examinados microscópicamente, 22 presentaron inflamación y dos peces presentaron parásitos, en 58 peces no se encontraron lesiones y en 22 peces no salió

incluido tejido intestinal en la lámina analizada. Con base en las muestras examinadas no se lograron establecer las causas de la inflamación encontrada; sin embargo, está descrito que en peces silvestres el parasitismo intestinal es una causa frecuente de enteritis en peces. Al respecto, en el intestino de un Puye se logró identificar un parásito compatible con el acantocéfalo *Acanthocephalus* sp.

Bazo

De los 104 peces examinados microscópicamente, 15 presentaron congestión, tres evidenciaron hemosiderosis, en dos se encontró depleción linfoide, 56 ejemplares no evidenciaron lesiones y en 28 peces no se encontró tejido esplénico. La congestión esplénica se puede explicar cuando se inicia la respuesta del organismo frente a un cuadro infeccioso, en una etapa algo más avanzada se produce la salida de linfocitos (depleción linfoide) del bazo, por otra parte, la hemosiderosis es la manifestación microscópica de una mayor destrucción de eritrocitos.

Musculatura

De los 104 peces examinados microscópicamente, 90 ejemplares no evidenciaron lesiones y en 14 peces no se tomó tejido muscular.

Gónadas

De los 104 peces examinados microscópicamente, 30 mostraron testículos activos y en 29 peces se observaron ovarios con huevos; además, tres ejemplares presentaron ovarios desarrollados y en los testículos activos de dos Puyes se encontraron parásitos. En 42 peces no se tomó tejido gonadal.

Llama la atención que en la campaña de primavera, la gran mayoría de las gónadas obtenidas, presentaban testículos activos (con espermatozoides) y ovarios con huevos. También es de interés el hallazgo de canibalismo de los Puyes, al pesquisar los estómagos de esta especie llenos de ovas embrionadas.

En la Tabla 4.8.61 se presenta un resumen de la identificación de las gónadas y su estado de maduración en los peces muestreados durante las dos campañas de muestreo. Es evidente que en los peces de las cinco especies muestreadas de la campaña de primavera, se encontró madurez gonadal, representado por testículos grandes muy activos y ovarios también grandes con huevos.

Tabla 4.8.61. Resumen de la identificación de las gónadas y su estado de maduración en los peces examinados durante las dos campañas del estudio, según estación de muestreo (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones).

campaña y estación	especie	n°	testículo inactivo	testículo activo	ovario desarrollado	ovario c/huevos	no observado
otoño							
1	*G. maculatus*	5	1		1		3
2	*G. maculatus*	5	0		4		1
6	*G. maculatus*	5	1		3		1
8	*G. maculatus*	5	1		1		3
10	*G. maculatus*	5	2		1		2
12	*G. maculatus*	5	3		1		1
primavera							
1	*G. maculatus*	5		2		1	2
1	*C. carpio*	4		2		2	
2	*G. maculatus*	5		3		2	
6	*B. australis*	2				2	
6	*S. trutta*	1					1
6	*C. carpio*			1		1	
6	*G. maculatus*	5		1	1	3	
6	*B. australis*	5		4			1
6	*S. trutta*	1					1
6	*C. carpio*	5		1			4
8	*S. trutta*	2		1		1	0
8	*C. carpio*	2				1	1
8	*G. maculatus*	5		4		1	
8	*S. trutta*	3			1		2
8	*C. carpio*	3		1		2	
8	*C. carpio*	1		1			
10	*S. trutta*	3				3	
10	*B. australis*	1					1
10	*G. maculatus*	5		1		4	
10	*C. carpio*	5		3		2	
10	*S. trutta*	3				2	1
12	*S. trutta*					1	
12	*B. australis*						1
12	*O. mykiss*	1				1	
12	*S. trutta*	1				1	
12	*G. maculatus*	5		3		2	
12	*S. trutta*	1				1	

En la Tabla 4.8.62 se detalla la identificación de los distintos parásitos encontrados histológicamente en puyes durante la campaña de otoño, indicando la estación de muestreo y el tejido afectado. Posteriormente, en la Tabla 4.8.63 se detalla la identificación de los parásitos encontrados histológicamente en tejidos en puyes, truchas y carpas durante la campaña de primavera, indicándose además la estación de muestreo y la ubicación de los parásitos.

Tabla 4.8.62. Identificación parasitaria en puyes (*Galaxias maculatus*) de la campaña de otoño, según estación de muestreo y tejido afectado (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones). SNC: sistema nervioso central.

estación	tejido	identificación
1	SNC	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Platyhelminthes, clase Trematoda.
1	SNC	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Platyhelminthes, clase Trematoda.
1	riñón	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Platyhelminthes, clase Trematoda, subclase Monogenea, género *Philureter* sp.
1	riñón	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Platyhelminthes, clase Trematoda, subclase Monogenea, género *Philureter* sp.
1	páncreas	estructura compatible posiblemente con algún helminto de la clase Cestoda encapsulado.
1	branquias	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Protozoa, específicamente con los protozoos ciliados *Epistylus* sp. y *Ichthyophthirius multifilis*.
8	hígado	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Nemathelminthes, clase Nematoda.
8	hígado	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Nemathelminthes, clase Nematoda.
10	SNC	estructura compatible posiblemente con algún quiste protozoario.
10	branquias	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Platyhelminthes, clase Trematoda, subclase Monogenea, género *Gyrodactylus* sp.
10	branquias	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Platyhelminthes, clase Trematoda, subclase Monogenea, género *Gyrodactylus* sp.
10	estómago	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Nemathelminthes, clase Nematoda.
10	intestino	estructura compatible con parásitos pertenecientes al Phylum Nemathelminthes, clase Nematoda.

Tabla 4.8.63. Identificación parasitaria en puyes, truchas y carpas de la campaña de primavera, ordenada según especie de pez, estación de muestreo y ubicación del parásito. (*cf*. Fig. 4.8.1 para ubicación de las estaciones).

estación	especie	órgano/ubicación	identificación
1	Puye	hígado	metacercaria del trematodo *Ascocotyle* sp.
2	Puye	branquias	protozoo ciliado (compatible con *Chilodonella* sp.)
		branquias	*Trichodina* sp.
		cavidad abdominal	parásito compatible con el Phylum Platyhelminthes, Clase Trematoda
		hígado	metacercaria del trematodo *Ascocotyle* sp.
6	Puye	branquias	protozoo *Epistylus* sp.
		branquias	protozoo*Trichodina* sp.
		branquias	Mixosporidios
6	Trucha	branquias	Mixosporidios
		branquias	protozoo *Ichthyophthirius multifilis*
6	Carpa	branquias	protozoo *Epistylus* sp.
8	Carpa	branquias	trematodo *Dactylogyru*s sp.
12	Puye	hígado	metacercaria del trematodo *Ascocotyle* sp.
		intestino	parásito compatible con el acantocéfalo *Acanthocephalus* sp. (Fig. 4.8.3.)
		cavidad abdominal	parásito compatible con el Phylum Acanthocephala

.



Figura 4.8.57. Puye. Encéfalo. Presencia de un parásito (Trematoda) cortado transversalmente (flecha negra) comprimiendo tejido nervioso (flecha roja). H&E, 40x.



Figura 4.8.58. Puye. Intestino. En la submucosa se encuentra un parásito (Nematoda) cortado longitudinalmente (flecha negra) y otro cortado transversalmente (flecha blanca). H&E, 40x.

4.8.5. Discusión

La composición taxonómica de los peces de las riberas del Humedal del Río Cruces y sus tributarios, muestra un bajo número de especies recolectadas en ambas campañas (*i.e.*, seis durante otoño y cinco durante primavera), en comparación a otros estudios en la **Región** generado por Cifuentes *et. al.* (2012) y el "Diagnóstico ambiental del humedal del río Cruces basado en la comparación de condiciones ambientales actuales e históricas: bases para su monitoreo y sustentabilidad" (2014) (Convenio Servicio Evaluación Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente y Universidad Austral de Chile). Cifuentes *et al.* (2012), recolectaron 12 especies nativas en el río San Pedro - tributario del río Valdivia -, mientras que en el Diagnóstico anteriomente mencionado, se recolectaron 14 especies; sin embargo, la unidad de esfuerzo utilizada en estos trabajos fue distinta en cuanto al tiempo de recolección lo cual podría explicar la diferencia en el número de especies. Por otra parte, la recolección de los peces de los cauces aquí estudiados fue un estudio dirigido, en el cual se buscaban especies seleccionadas previamente para estudios de concentraciones de elementos y compuetsos químicos en las mismas. No obstante, también se encontraron otras especies tales como *Eleginops maclovinus* (Róbalo) y *Percichthys trucha* (Perca trucha) representado también en las riberas, como juveniles. Los resultados de los Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM) realizados en este Programa de Diagnóstico, muestran que la composición taxonómica de la ictiofauna del área de estudio no está asociada a los diferentes sectores previamente definidos en este estudio (*i.e.,* sector límnico, eje central del río Cruces, ríos tributarios del humedal del río Cruces, y fuera del humedal río Cruces), lo que sugiere una gran movilidad de los peces estudiados.

Los peces de las riberas, estuvieron primariamente representados por *Galaxias maculatus* (Puye) durante ambas campañas y por *Gambusia affinis* (Gambusia) durante la campaña de otoño. Esto explica el por qué los valores del Índice de Shannon Wienner fueron bajos (baja diversidad) y los valores de uniformidad fueron altos, ya que el Puye prácticamente representó la totalidad de una estación de muestreo. Cifuentes *et al.*

(2012) encontraron que la ictiofauna del río San Pedro está dominada por *G. maculatus,* situación similar a la encontrada en el Diagnóstico ambiental del humedal río Cruces (2014). El Puye tiene una distribución circumantártica y en latitudes mayores de 30°S, encontrándose en Chile, Argentina, Islas Falkland, Australia, Nueva Zelanda y Tasmania (Berra, 2003; Cussac *et al*., 2004; Morgan *et al*., 2005). Esta especie es un pez con una ontogenia indirecta (Benzie, 1968) y alta capacidad migratoria (Campos, 1973), capacidades que pueden explicar su gran abundancia y representatividad en los ecosistemas acuáticos del sur de Chile, algunos de ellos tan contrastantes como lagos y estuarios.

Los metales pesados son constituyentes normales de los sistemas acuáticos y muchos de ellos son esenciales para la vida, dado que su ausencia puede afectar el crecimiento de los organismos y a su vez pueden llegar a ser tóxicos para la biota si se superan las concentraciones que son necesarias como micronutrientes (Morel *et al.*, 2004). Para el caso de los peces acá estudiados, es escasa la literatura acerca de las concentraciones de los metales en sus tejidos en condiciones normales (*i.e.,* ambientes acuáticos alejados de fuentes evidentes de contaminación). La búsqueda bibliográfica destinada a conocer la concentración de metales pesados en otras especies de peces, permitió estimar una aproximación acerca de si las concentraciones encontradas en este Programa de Diagnóstico están por sobre o debajo de la media general. Se sabe que los metales de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica en los ambientes acuáticos son Zinc, Mercurio, Arsénico, Plomo y Cadmio (Castañe *et al*., 2003). En este estudio, los valores promedio de Plomo y Mercurio estuvieron por debajo de los promedios encontrados en la literatura; por el contrario, el promedio de Zinc en el Puye *Galaxias maculatus* estuvo por sobre el promedio de este metal encontardo en la literatura. En general, los especímenes de Puye presentaron concentraciones más altas de algunos metales (Hierro, Aluminio y Zinc) en comparación a las encontradas en los otros peces estudiados, lo que resulta particularmente interesante teniendo en cuenta que estos peces están ubicados en un eslabón trófico menor a por ejemplo Pejerreyes y truchas.

Una posible razón del porqué está ocurriendo esto, es debido a que los Puyes no poseen escamas (Dantagnan, 2002), por lo que pueden estar desprotegidos ante los metales que rodean su ambiente, y que para la medición de éstos se utilizaron los ejemplares completos.

La presencia de compuestos organohalogenados (AOX y EOX) en el ambiente, es por lo general, un reflejo de actividades antropogénicas, o producto de la halogenación enzimática de la materia orgánica (biohalogenación), la cual es un proceso producido por bacterias y hongos y podría ser el mecanismo responsable de producir estos compuestos halogenados orgánicos en el ambiente (Pee, 1996). Las concentraciones de AOX en los peces estudiados resultaron ser inferiores a las encontradas en la literatura, mientras que las de EOX superiores.

Las bajas concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos encontradas en los peces recolectados en este estudio en comparación con la literatura, permite estimar que el hábitat en el cual habitan está exento de concentraciones peligrosas de éstos. Sin embargo, llama la atención la presencia de las Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD en algunos de los peces estudiados, aun cuando en bajas concentraciones.

Cabe tener en cuenta, que en sistemas acuáticos de agua dulce (ríos, lagos y aguas subterráneas), el contenido de metales pesados puede ser altamente variable dependiendo del tipo de sistema y el área de drenaje asociada con el cuerpo de agua en particular (Castañe *et al*., 2003), lo cual se puede ver replicado en otros compuestos químicos tales como los Lípidos, Ácidos Grasos, AOX, EOX, Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos. Esto podría explicar el por qué existe una alta variabilidad de los compuestos químicos entre campañas (otoño y primavera) y sectores (sector límnico, eje central del río Cruces, ríos tributarios del humedal del río Cruces y fuera del humedal del río Cruces). A su vez la captación y toxicidad de los metales pesados para los organismos acuáticos están influidos no sólo por su concentración; también son relevantes el tiempo de exposición y los factores bióticos y abióticos del ambiente (Castañe *et al*., 2003).

Los hallazgos más remarcables sobre el estado sanitario de la ictiofauna, fueron la importante carga parasitaria encontrada en individuos juveniles y adultos del Puye (*Galaxias maculatus*), tanto en abundancia como número de especies de parásitos. Se destaca la presencia del trematodo *Dactylogirus* sp. y los protozoos *Ichthiophthirius* sp., *Trichodina* sp., *Costia* sp., en branquias y piel. En la piel se evidenció también la presencia del artrópodo *Argulus* sp., mientras que en hígado y corazón se encontraron nódulos parasitarios (céstodo). A nivel intestinal, se detectó un parásito compatible con el acantocéfalo *Acanthocephalus* sp., y a nivel branquial, un parásito sésil ciliado *Epystilis* sp. Por otra parte, a nivel de la cavidad abdominal se encontró un parásito de la clase Trematoda y un parásito del Phylum Acanthocephala. A nivel del sistema nervioso central también se encontró un parásito de la clase Trematoda. Es interesante destacar que en la campaña de otoño, los puyes provenientes de la estación 12 (río Calle Calle) fueron los únicos que no presentaron parásitos; posteriormente, en la campaña de primavera, sólo un ejemplar de dicha estación presentó parásitos a nivel intestinal. Lo anterior muestra que el Puye se encuentra con una presión parasitaria en el humedal, cuyo impacto en sus poblaciones se desconoce.

Adicionalmente se detectó la presencia de gloquideos del bivalvo *Diplodon* sp. en branquias del pez Farionela o Peladilla (*Aplochiton taeniatus*). En Pejerrey y Trucha, se detectó escasa presencia de los protozoos *Costia* sp. y *Trichodina* sp. en piel y branquias, mientras que en Carpa sólo se detectó la presencia de *Dactylogirus* sp. en branquias. Un hallazgo interesante fue la presencia de parásitos (nemátodo) en el bulbo arterioso del corazón de varios ejemplares de Pejerrey.

Ninguno de los parásitos encontrados en la ictiofauna analizada representa riesgo de salud para las personas.

No se detectó en las muestras de peces analizadas macroscópica y microscópicamente, presencia de hongos externos e internos. Adicionalmente, se detectaron bacterias Gram negativas del tipo Flavobacterias en riñón de Pejerrey (estación 12, río Calle-Calle), en hígado y riñón de Puyes (estación 6 (sector Punucapa) y estación 10 (río Cayumapu), lo que representa un hallazgo de esta bacteria patógena de agua dulce.

4.8.6. Conclusiones

• Considerando ambas campañas, siete de las especies recolectadas en las riberas del área de estudio son nativas y dos introducidas. Los peces capturados en los cauces de los sitios estudiados estuvieron representados por cinco especies: una nativa y cuatro introducidas.

• Durante las campañas de otoño y primavera, la ictiofauna de las riberas de las estaciones estuvo dominada por *Galaxias maculatus* (Puye). El pez mosquito *Gambusia affinis* contribuyó principalmente durante la campaña de otoño, mientras que para la campaña de primavera no se detectó su presencia en varias estaciones (*e.g.,* estaciones 1 y 2 (río Cruces, sectores Ciruelos y Rucaco), estaciones 8 y 10 (ríos Pichoy y Cayumapu) y estación 12 (río Calle Calle)).

• Los valores más altos en cuanto a número, diversidad y riqueza de especies se refiere, se encontraron durante la campaña de otoño, la cual disminuyó hacia primavera. En cuanto a las abundancias por unidad de esfuerzo, se encontró un mayor número de especímenes promedio de *Galaxias maculatus* durante la campaña de primavera (*i.e.*, considerando todas las estaciones).

• Las longitudes y pesos medidos durante la campaña de primavera, presentan un aumento en relación a otoño (*e.g.,* para el Puye, su longitud promedio considerando todas las estaciones aumentó de 4,7 ± 0,1 cm a 5,8 ± 0,9 cm, mientras que el peso varió 0,7 ± 0,5 g a 1,4 ± 0,7 g). A pesar de estas diferencias, las relaciones longitud-peso para las dos especies más representativas presentes

en las distintas estaciones de las riberas son bastantes similares entre sí, demostrando que existe un crecimiento similar para los distintos lugares de estudio. Entre campañas se observó un patrón similar, donde al considerar todas las estaciones como un promedio, el valor de R^2 no varía. Sin embargo, al considerar cada estación por separado, se observa una disminución del valor de R^2 para todas las estaciones.

• El índice gonado somático (IGS), muestran que durante la campaña de otoño, *B. australis* (Pejerrey) y la Trucha café *S. trutta* tenían escaso desarrollo gonadal durante el período de muestreo (mayo - junio), a la vez que la Trucha arco iris *O. mykiss* y la Carpa *C. carpio*, mostraron gónadas más desarrolladas. Para el periodo primaveral, el IGS en *B. australis* muestra un aumento notorio, que puede estar relacionado con el periodo reproductivo de esta especie.

• Aun cuando los rangos en las concentraciones de Hierro medidas en los puyes fueron similares a los encontrados en la literatura, la concentración promedio de este metal fue más alta que la concentración promedio de valores referenciales tomados de la literatura; situación similar fue la observada para el Aluminio y Manganeso en estos peces, metales que no fueron detectados en los tejidos musculares de los peces de los cauces (Pejerreyes, carpas y truchas).

• El Cobre sólo fue detectado en puyes con concentraciones similares, pero rangos más estrechos a los valores de la literatura. El Zinc tuvo concentraciones más altas en puyes cuando fueron comparadas con los otros peces aquí estudiados y con los valores referenciales (los rangos de variación fueron más estrechos en pejerreyes, carpas y truchas). Por otra parte, las concentraciones promedio de Zinc fueron similares a través de todas las comparaciones pero con rangos de mayor variabilidad en puyes.

• El Mercurio presentó concentraciones promedio inferiores a los valores referenciales en todas las familias, con excepción de Salmonidae (truchas), sin embargo, los rangos máximos de la literatura son superiores a los rangos obtenidos para las truchas.

• Las concentraciones promedio de AOX en los peces aquí estudiados fueron similares a los valores referenciales (estos con valores más altos en sus rangos), a la vez que las concentraciones promedios y rangos de EOX fueron más altos que los valores de la literatura en todos los peces del área de estudio.

• Se detectaron dioxinas y furanos en algunos de los peces analizados. En general, las concentraciones promedio de Equivalentes Tóxicos (EQTs) medidas en todos los peces aquí estudiados son similares a las encontradas en la literatura; sin embargo, los rangos máximos obtenidos en los especímenes de la familia Galaxiidae son superiores a los valores referenciales. Se detectó la presencia de las Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD (asociada a procesos industriales e incendios forestales, por ejemplo) en varios de los peces analizados (puyes, carpas y truchas) pero en muy bajas concentraciones

• Existe infección de diferentes parásitos en la mayoría de los tejidos de los Puyes (*G. maculatus*) de todas las estaciones.

• La parasitosis a nivel branquial por *Dactylogirus* sp. es la de mayor presencia en los peces del área de estudio y en algunos casos se observó asociado a daño epitelial, especialmente en los Puyes.

• Destaca también la presencia de los parásitos protozoarios *Trichodina* sp., *Costia* sp. e *Ichthiophthirius* sp. en mucus de piel y branquias de los peces del humedal. Estos parásitos pueden aumentar su número muy rápidamente, si las condiciones ambientales afectan la respuesta defensiva de los peces, causando daño epitelial extenso que conlleva mortalidad.

• No se observaron lesiones indicativas de un cuadro infeccioso bacteriano o viral específico en los peces examinados. Los análisis por RT-PCR IPNV confirman este resultado, aunque se visualiza daño histológico a nivel de páncreas en 3 Truchas café (*S. trutta*) de la estación 10 (Cayumapu).

• Se detectaron bacterias del género *Flavobacterium* sp. en Puyes (*G. maculatus*) y Carpas (*C. carpio*). Este género bacteriano es un componente normal del ambiente dulceacuícola y se considera como patógeno oportunista; su aislamiento desde

órganos indica una infección, sin embargo los peces no mostraron lesiones asociadas, lo que puede interpretarse como un estado portador asintomático de la bacteria.

• Se detectó resistencia a agentes antimicrobianos utilizados en la salmonicultura en las bacterias aisladas de riñón e hígado de peces del humedal. Este hallazgo es muy importante porque representa un riesgo de transmisión de esta resistencia a las infecciones bacterianas en las personas, disminuyendo la eficiencia de los tratamientos antibacterianos constituyendo riesgo vital y por las reacciones de hipersensibilidad que pueden desarrollar las personas alérgicas.

• El análisis de las muestras de Truchas (*O. mykiss*) del humedal del río Cruces indica que un 72% presenta niveles basales de expresión de la citoquina IFN-1 y que en un porcentaje menor (27%), no fue posible determinar la expresión de esta molécula antiviral.

• No se detectó micosis en los peces examinados.

• No se observaron lesiones microscópicas indicativas de un cuadro tóxico o carencial en los peces examinados.

• El desarrollo gonadal detectado en los peces analizados de la campaña de primavera revela una actividad reproductiva normal.

4.8.7. Referencias

Aguilar, I. A. 2005. Estimación y monitoreo de los peces como indicadores del uso sostenible del agua en cuencas hidrológicas. Revista Digital Universitaria 6.

Arcagni, M., L. Campbell, M. A. Arribére, M. Marvin-DiPasquale, A. Rizzo, and S. R. Guevara. 2013. Differential mercury transfer in the aquatic food web of a double basined lake associated with selenium and habitat. Science of the Total Environment 454: 170-180.

Arismendi, I., y B. Penaluna. 2009. Peces nativos en aguas continentales del sur de Chile, Iniciativa Científica Milenio (ICM). 53 pp.

Arratia, G. 1981. Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Chile 34: 1-108.

Arratia, G. 1987. Description of the primitive family Diplomystidae (siluriformes, Teleostei, Pises): morphology, taxonomy and phylogenetic implications. Bonner Zoologische Monographien N° 24. Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig Bonn.

Barriga, J. P., M. A. Battini, P. Macchi, D. Milano, and V. E. Cussac. 2002: Spatial and temporal distribution of landlocked *Galaxias maculatus* and *Galaxias platei* (Pisces, Galaxiidae) in a lake in the South American Andes. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 36: 345-359.

Benzie, V. 1968. Stages in the normal development of *Galaxias maculatus attenuatus* (Jenyns). New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 2: 606-627.

Reis, R., S. O. Kullander, and C. J. Ferraris. 2003. Check list of the freshwaters fishes of South and Central America. Edipucrs. Porto Alegre, Brazil. 503-506 pp.

Boulton, A. J. 1999. An overview of river health assessment: philosophies, practice, problems and prognosis. Freshwater Biology 41: 469-479.

Brower, J.E., and J.H. Zar. 1977. Field laboratory methods for general ecology. William C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa, USA. 192 pp.

Bruno, D. W., P. A. Noguera, and T. T. Poppe. 2013. A colour atlas of salmonid diseases. Second edition. Springer. London, UK. 211 pp.

Burger, J., K. F. Gaines, C. S. Boring, W. L. Stephens, J. Snodgrass, and M. Gochfeld. 2001. Mercury and selenium in fish from the Savannah River: species, trophic level, and locational differences. Environmental Research 87: 108-118.

Campos, H., 1973: Migration of *Galaxias maculatus* (Jenyns) (Galaxiidae, Pisces) in Valdivia Estuary, Chile. Hydrobiologia 43: 301–312.

Campos, H. 1982. Sistemática del género *Cheirodon* (Pisces: Characidae) en Chile, con descripción de una nueva especie. Análisis de multivarianza. Studies in Neotropical Fauna and Environment 17: 129-162.

Campos, H. 1984. Los géneros de *Atherinidos* (Pises: Atherinidae) del sur de Sudamerica. Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Zoología 13: 71-84.

Campos, H., V. Ruiz., J.F. Gavilan y F. Alay. 1993. Peces del río Bio Bio. Programa de Interuniversitario de Investigación Científica Aplicada y Formación (EULA), Universidad de Concepción, Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río y del Área Marina Costera Adyacente 5: 1-100.

Campos, H., y J. F. Gavilan. 1996. Diferenciación morfológica entre *Percichthys trucha* y *Percichthys melanops* (Perciformes: Percichthyidae) entre 36° y 41° L.S. (Chile-Argentina), a través de análisis multivariados. Gayana, Zoología 60: 99-120.

Campos, H., G. Dazarola, B. Dyer, L. Fuentes, J.F. Gavilán, L. Huaquín, G. Martínez, R. Meléndez, G. Pequeño, F. Ponce, V.H. Ruiz, W. Siefeld, D. Soto, R. Vega, y I. Vila. 1998. Categorías de Conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile 47: 101-122.

Carr, M. R. 1997. Primer User Manual. Plymouth Marine Laboratory, Prospect Place, Plymouth PL1 3 DH, United Kingdom. 40 pp.

Castañé, P. M., M. L. Topalián, R. R. Cordero, y A. Salibián. 2003. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. Revista de Toxicología 20: 13-18.

Chediack, S. E. 2009. Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿Para qué?. Corredor Biológico Mesoamericano México. 90 pp.

Cifuentes, R., J. Gonzále, G. Montoya, A. Jara, N. Ortíz, P. Piedra, y E. Habit. 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). Gayana, Concepción 76: 86-100.

Clarke, K. R., and R. N. Gorley. 2001. PRIMER v6 PRIMER-E Ltd. Plymouth, UK. Available in http://www.primer-e.com/

Cussac, V., S. Ortubay, G. Iglesias, D. Milano, M.E. Lattuca, J.P. Barriga, M. Battini, and M. Gross. 2004. The distribution of South American galaxiid fishes: the role of biological traits and post-glacial history. Journal of Biogeography 31: 103-121

Cowx, I., and M. Collares-Pereira. 2002. Freshwater fish conservation: options for the future. Conservation of Freshwater Fishes: Options for the Future 443-452.

Dantagnan, P., A. Bórquez, J. Quevedo, and I. Valdebenito. 2002. Cultivo larvario del puye (*Galaxias maculatus*), en un sistema cerrado de recirculación.Investigación Tecnológica *13*: 15-21.

Davis, W. S., and T. P. Simon. 1995. Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making. CRC Press. Florida, USA. 432 pp.

de Rosemond, S., Q. Xie, and K. Liber. 2008. Arsenic concentration and speciation in five freshwater fish species from Back Bay near Yellowknife, NT, Canada. Environmental monitoring and assessment 147: 199-210.

Dyer, B. 1997. Phylogenetic revision of *Atherinopsinae* (Teleostei: Atherinopsidae), with comments on the systematics of the South American freshwater fish genus Basilichthys Girard. Museum of Zoology University of Michigan, Miscellaneous Publications 185: 1-64.

Dyer, B. 2000. Systematic review and biogeography of the freshwater fishes of Chile. Estudios Oceanológicos 19: 77-98.

Downs, S., C. A. MacLeod, and J. Lester. 1998. Mercuty in precipitation and its relation to bioaccumulation in fish: a literature review. Water, Air, and Soil Pollution 108: 149-187.

Faush, K. D., J. Lyons, J. R. Karr, and P.L. Angermeier. 1990. Fish communities as indicators of environmental degradation. American Fisheries Society Symposium 8: 123-144.

Ferguson, H. W. 2006. Systemic Pathology of Fish. A text and atlas of normal tissues in teleosts and their responses in disease. Second edition. Scotian Press. London, UK. 368 pp.

Field, J., K. R. Clarke, and R. M. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. Marine ecology progress series 8: 37-52

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology 22(4): 241-253.

Gardiner, C. H., and S. L. Poynton. 1999. An atlas of metazoan parasites in animal tissues. Armed Forces Institute of Pathology. Washington, DC, USA. 64 pp.

Habit, E., B. Dyer, and I. Vila. 2006a. Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. Gayana, Concepción 70: 100-113.

Habit, E., M. Belk, and O. Parra. 2006b. Response of the fish community to human-induced changes in of the Biobío river in Chile. Freshwater Biology 51: 1-11.

Lange, T. R., H. E. Royals, and L.L. Connor. 1994. Mercury accumulation in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in a Florida lake. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 27: 466-471.

Luna, L.G. 1968. Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology. Third edition. Mc Graw-Hill Book Company, New York, USA. 258 pp.

Macchi, P. J., V. E. Cussac, M. F. Alonso, and M. A. Denegri. 1999. Predation relationships between introduced salmonids and the native fish fauna in lakes and reservoirs in northern Patagonia. Ecology of Freshwater Fish 8: 227-236.

Magurran, A. E., and A. E. Magurran.1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton, Princeton university press. 192 pp.

Márquez, A., W. Senior, I. Fermín, G. Martínez, J. Castañeda, y Á. González. 2008. Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la laguna de Unare, estado Anzoátegui, Venezuela. Revista Científica Maracaibo 18: 73-86.

Mcdowall, R. M., and M. J. Taylor. 2000. Environmental indicators of habitat quality in a migratory freshwater fish fauna. Environmental Management 25: 357-374.

Mert, R., and S. Bulut. 2014. Some Biological Properties of Carp (Cyprinus carpio L., 1758) Introduced into Damsa Dam Lake, Cappadocia Region, Turkey. Journal of Zoology 46: 337-346.

Morel, F., A. Milligan and M. Saito. 2004. Marine Bioinorganic Chemistry: The ole of trace metals in the oceanic cycles of major nutrients. In the oceans and marine geochemistry. Treatise on Geochemistry, second edition. H.D. Holland and K.K. Turekian, Oxford 6: 113-144.

Morgan, D.L., A. Chapman, S.J. Beatty, and H.S. Gill. 2005. Distribution of the spotted minnow (*Galaxias maculatus* Jenyns, 1842) (Teleostei: Galaxiidae) in western Australia including range extensions and sympatric specie. Records of the Western Australian Museum 23: 7-11.

Oberdorff, T., D. Pont, B. Hugueny, J. P. Porcher. 2002. Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France. Freshwater Biology, 47: 1720-1734.

Otto, R. G. 1973. Temperature tolerance of the mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). Journal of Fish Biology 5: 575-585.

Paller, M. H., M. J. M. Reichert, J.M. Dean, J. C. Seigle. 2000. Use of fish community data to evaluate restoration success of a riparian stream. Ecological Engineering 15: 171-187.

Pee, K., and H. Van. 1996. Biosynthesis of halogenated metabolites by bacteria. Annual Review of Microbiology 50: 375-395.

Pequeño, G. 1981. Peces de las riberas estuariales del Río Lingue, Chile. Cahiers de Biologie Marines Roscoff 22: 141-163.

Pinkney, A., D. Logan, and H. Wilson. 1997. Mercury concentrations in pond fish in relation to a coal-fired power plant. Archives of environmental contamination and toxicology 33: 222-229.

Prochelle, O., and H. Campos .1985. The biology of the introduced carp *Cyprinus carpio* L., in the river Cayumapu, Valdivia, Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment 20: 65-82.

Pyke, G. H. 2005. A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. Reviews in Fish Biology and Fisheries 15: 339-365.

Ricker, W. E. 1987. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Canada. 14 pp.

Roberts, R. J. 2012. Fish pathology. Fourth edition. Wiley-Blackwell. Chichester West Sussex, UK. 8 pp.

Riva Juan, M., y López Ribas, D. 1996. AOX y medio ambiente. Boletín del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial. 59-67 pp.

Ruiz, V., y M. Marchant. 2004. Ictiofauna de aguas continentales de Chile. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. 356 pp.

Saiki, M. K., B. A. Martin, L. D. Thompson, and D. Welsh. 2001. Copper, cadmium, and zinc concentrations in juvenile chinook salmon and selected fish-forage organisms (aquatic insects) in the upper Sacramento River, California. Water, Air, and Soil Pollution 132: 127-139.

Scott, M. C., and L. W. Hall. 1997. Fish assemblages as indicators of environmental degradation in Maryland coastal plain streams. Transactions of the American Fisheries Society 126: 349-360.

Servos, M. R., S. Y. Huestis, D. M. Whittle, K. R. Munkittrick, and G. J. Van Der Kraakv. 1994. Survey of receiving-water environmental impacts associated with discharges from pulp mills: 3. Polychlorinated dioxins and furans in muscle and liver of white sucker (*Catostomus commersoni*). Environmental toxicology and chemistry 13: 1103-1115.

Soto, D. 1997. Evaluación de Salmónidos de vida libre existentes en las aguas interiores de las Regiones X y XI. Informe Te´cnico, Fondo Investigación Pesquera, Subsecretaría de Pesca, Chile, FIP 95-41.

Soto, D., F. Jara, and C. Moreno. 2001. Escaped salmon in the inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. Ecological Applications 11: 1750-1762.

Soto-Galera, E., E. Díaz-Pardo, E. López-López, and J. Lyons. 1998. Fish as indicators of environmental quality in the Río Lerma Basin, México. Aquatic Ecosystem Health & Management 1: 267-276.

Spacie, A., J. Hamelink. 1979. Dynamics of Trifluralin Accumulation in Rivers Fishes. Environmental Science and Technology 13: 817-822

Velázquez-Velázquez, E., and M. Vega-Cendejas. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. Biodiversitas 57: 12-15.

Verta, M., J. Mannio, P. Iivonen, J. P. Hirvi, O. Järvinen, and S. Piepponen. 1990. Trace metals in Finnish Headwater lakes effects of acidification and airborne load. In Acidification in Finland. Edition P. Kauppi. Springer-Verlag, London. 883-907 pp.

Vila, I., L. Fuentes, y M. Contreras. 1999. Peces límnicos de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 48: 61-75.

Vila-Gispert, A., E. García-Berthou, and R. Moreno-Amich. 2002. Fish zonation in a Mediterranean stream: Effects of human disturbances. Aquatic Sciences 64: 163-170.

Waicheim, A., G. Blasetti, P. Cordero, C. Rauque, and G. Viozzi, G. 2014. Macroparasites of the invasive fish, *Cyprinus carpio*, in Patagonia, Argentina. Comparative Parasitology 81: 270-275.

Kestemont, P., J. Dider, E. Depiereux, J. C. Micha. 2000. Selecting ichthyological metrics to assess river basin ecological quality. Archives für Hydrobiologie Supplement 121: 321-348.

Wang, L., J. Lyons, P. Kanehi, R. Bannerman, and E. Emmons. 2000. Watershed urbanization and changes in fish communities in southeastern Wisconsin streams. Journal of the American Water Research 36: 1173-1175.

Welch, D. W., & Parsons, T. R. (1993). δ13C-δ15N values as indicators of trophic position and competitive overlap for Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.). Fisheries Oceanography 2: 11-23.

Wichert, G.A., D.J. Rapport. 1998. Fish community structure as a measure of degradation and rehabilitation of riparian systems in an agricultural drainage basin. Environmental Management 22: 425-443.

ANEXO

MODIFICA CONCESIÓN DE ACUICULTURA

Mediante resolución 1.295, de 14 de abril de 2014, Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, se resolvió:

1. Autorízase a Salmones Antártica S.A., sociedad chilena, RUT 86.100.500-3, con domicilio en Ruta W-853, kilómetro 3,7, Huicha Rural, Casilla 76, Chonchi, Puerto Montt, para incorporar el cultivo del grupo de especies salmónidos, requerida mediante solicitud 21210300З, del 10 de enero de 2012, en la concesión de acuicultura de porción de agua y fondo de mar, otorgada por resolución 1.013, de 1 de abril de 1998, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina, modificada por resolución 1.143, de 16 de junio de 2010, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, ubicada en Sector Noroeste de Punta Dempen, Isla Caguache, comuna de Quinchao, provincia de Chiloé, X Región de Los Lagos.

2. "El concesionario deberá dar cabal cumplimiento al proyecto técnico y cronograma de actividades, aprobado por resolución exenta 769, de 3 de junio de 1997, modificada por resolución exenta 1.011, de 7 de abril de 2005, rectificada por resolución exenta 3.517, de 20 de octubre de 2009, todas del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Subsecretaría de Pesca, y modificada por resolución exenta 2.322, de 21 de agosto de 2013, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura".

Santiago, 28 de mayo de 2014.- Por orden del Subsecretario para las Fuerzas Armadas, Camilo Mirosevic Verdugo, Abogado Jefe División Jurídica.

Ministerio de Economía, Fomento y Turismo

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Departamento de Cooperativas

COOPERATIVA DE TRABAJO NÓMADA SUR

(Extracto)

Ramón García Carrasco, Notario público Titular, oficio Rengo N° 444, certifica: por escritura pública de fecha 2 de mayo de dos mil catorce, ante mí, el acta de la Junta General Constitutiva de fecha dos de mayo de dos mil catorce, mediante la cual se constituyó la "Cooperativa de Trabajo Nómada Sur", nombre de fantasía "Nómada Sur", con el que podrá actuar en todas sus operaciones sociales. Domicilio: Concepción, sucursales en cualquier región del país. Duración: indefinida. Objeto: La cooperativa de trabajo tiene como finalidad generar un espacio de trabajo, que entregue soluciones en las líneas de: Investigación social, apoyo en iniciativas y proyectos comunitarios de desarrollo local, educación popular y edición, publicación, diseño y difusión. Específicamente la cooperativa podrá realizar: a) asistencias técnica y metodológica en las líneas de trabajo antes descritas; b) prestar servicios de diseño, producción y gestión de servicios sociales, educativos, artísticos, culturales, y medioambientales; c) prestar servicios de diseño estratégico. Capital social suscrito de tres millones de pesos y cien mil pesos pagados. Concurrieron cinco socios a la Junta General Constitutiva. Demás estipulaciones en escritura extractada. Concepción, 15 de mayo de 2014.

SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

(Extractos)

Por resolución exenta N° 864, de 26 de marzo de 2014, de esta Subsecretaría, autorizase a la **UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE,** para efectuar una pesca de investigación de conformidad con el proyecto "Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus Ríos Tributarios: 2014-2015, Valdivia, XIV".

El objetivo consiste en evaluar el estado de la fauna acuática del humedal río Cruces y sus ríos tributarios.

La pesca de investigación se efectuará por el término de 12 meses contados a partir de la fecha de publicación de la resolución, en el sector interior de los ríos Pichoy, Cayumapu y Angachilla, en el eje central del río Cruces, Valdivia XIV Región, donde podrá muestrear las especies indicadas en la resolución extractada, en los términos allí señalados.

La peticionaria designa como responsable de la pesca de investigación a Víctor Cubillos Godoy.

El texto íntegro de la presente resolución se publicará en el sitio de dominio electrónico de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Valparaíso, 26 de marzo de 2014.- Raúl Súnico Galdames, Subsecretario de Pesca y Acuicultura.

Por resolución exenta N° 1.506, de 5 de junio de 2014, de esta Subsecretaría, autorizase a **SOCIEDAD DE INVERSIONES STH LIMITADA** para efectuar una pesca de investigación de conformidad con el proyecto "Estudio de Línea Base de Tipo Limnológico para la Piscicultura STH, en el Río Caliboro, Comuna de Los Ángeles, VIII Región".

La pesca de investigación se efectuará por el término de 1 mes contado a partir de la fecha de publicación de la presente resolución en la página web de esta Subsecretaría, en la VIII Región del Biobío, en el Río Caliboro, comuna de Laja, localidad de Vegas de Chanchacura (dentro de los límites de la Hacienda Cantera Agrícola, al oriente de la ciudad de Los Ángeles), donde podrá muestrear las especies indicadas en la resolución extractada, en los términos allí señalados.

El texto íntegro de la presente resolución se publicará en el sitio de dominio electrónico de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Valparaíso, 5 de junio de 2014.- Raúl Súnico Galdames, Subsecretario de Pesca y Acuicultura.

Ministerio de Justicia

CANCELA PERSONALIDAD JURÍDICA A "FUNDACIÓN EDWARD WALE ROSALES"

Santiago, 22 de mayo de 2014.- Hoy se decretó lo que sigue:

Núm. 419.- Vistos: Estos antecedentes; lo dispuesto en los artículos 545 y siguientes del Código Civil; la disposición Cuarta transitoria de la Ley Nº 20.500, sobre Asociaciones y Participación Ciudadana en la Gestión Pública; los artículos 25, 28 y 36 del decreto supremo de Justicia Nº 110, de 1979, Reglamento sobre Concesión de Personalidad Jurídica a Corporaciones y Fundaciones; el decreto Nº 924, de 1981, del Ministerio de Justicia, que se refiere a las materias que serán suscritas por las autoridades que se indican con la fórmula "Por orden del Presidente de la República"; la resolución Nº 1.600 de la Contraloría General de la República, de 30 de octubre de 2008, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón, y lo informado por el Consejo de Defensa del Estado.

Considerando:

1.- Que a la entidad denominada "Fundación Edward Wale Rosales", con domicilio en la Provincia de Santiago, Región Metropolitana de Santiago, se le concedió personalidad jurídica por decreto exento Nº 3.042, de 4 de octubre de 2005, del Ministerio de Justicia.

2.- Que esta Secretaría de Estado, en virtud de las facultades que le otorgaba el artículo 36 del decreto supremo de Justicia Nº 110, de 1979, y sus modificaciones, dispuso un procedimiento de fiscalización a dicha entidad.

3.- Que en el procedimiento de fiscalización sustanciado por este Ministerio se comprobó que la entidad infringió los estatutos sociales, impartiéndose instrucciones adecuadas para corregir las irregularidades e indicándose un plazo para ello, según consta en el oficio ordinario Nº 1.699, de 7 de marzo de 2011, de la Subsecretaría de Justicia.

4. Que debido a que dentro del plazo otorgado la entidad no informó sobre el cumplimiento de las instrucciones, reiteradamente se solicitó antecedentes sobre el particular, según dan cuenta las providencias Nº 3.142, de 18 de abril de 2011, y Nº 6.405, de 11 de agosto de 2011, ambas del Jefe del Departamento de Personas Jurídicas de este Ministerio.

5. Que persistiendo la inactividad de la entidad en cuanto al acatamiento de las instrucciones impartidas, mediante oficio ordinario Nº 9.226, de 26 de diciembre de 2011, de la Subsecretaría de Justicia, se resolvió reiterar las instrucciones contenidas en el oficio ordinario Nº 1.699, ya citado, indicándose un plazo para informar y

4.9. Estado de la fauna de anfibios (ranas) y reptiles (Estudio 9):

4.9.1. Antecedentes

Desde el punto de vista de su diversidad, Chile presenta bajo número de especies de anfibios (ranas y sapos) y reptiles, en comparación con otras regiones tropicales y subtropicales de Sudamérica. Sin embargo, muchos autores han reconocido que este país, aunque menos diverso que las regiones tropicales y subtropicales de Sudamérica, se destaca por un alto grado de endemismo en estos animales (70%), sobrepasando a países como India o Brasil que contienen los índices más altos en diversidad de anfibios (Vidal & Díaz-Páez, 2012). Esta situación se debe por un lado al prolongado aislamiento geográfico y por otra parte, al clima y topografía que determinan una heterogeneidad ambiental y biótica expresada en una inusual singularidad de estos taxa, muchos de ellos raros o ausentes en otros ambientes del continente.

El grupo de los anfibios de Chile está compuesto por siete familias: Alsodidae, Batrachylidae, Bufonidae, Calyptocephalellidae, Leiuperidae, Telmatobiidae y Pipidae (Frost, 2014). De los 14 géneros reconocidos, seis géneros son endémicos, tres de ellos monotípicos *(Calyptocephalella, Hylorina* e *Insuetophrynus*). Además hoy en día, el catálogo de especies de anfibios de Chile contempla una especie introducida, *Xenopus laevis*. Los datos sobre distribución geográfica de los taxa son en la mayoría, incompletos y fragmentados y con abundantes situaciones de avistamientos fortuitos por aficionados, que no siempre logran determinar taxonómicamente los especímenes. Por último, la distribución de muchas de las especies está limitada a las localidades tipo, sin que estos datos permitan conocer los límites de distribución altitudinal y latitudinal.

Por su parte, la diversidad de reptiles de Chile (serpientes, lagartos y tortugas) da cuenta de aproximadamente 123 especies (Pincheira-Donoso & Nuñez, 2005) más dos tortugas introducidas. La mayor riqueza específica se concentra en el norte y centro del país (entre las regiones de Antofagasta y del Bio Bío). En este escenario es posible

encontrar especies de distribución exclusiva norte (*e.g. Liolaemus atacamensis y Microlophus quadrivittatus*) o sur (*e.g., Diplolaemus darwinii y Liolaemus magellanicus*), y otras con rangos de distribución muy extensos (*e.g., Liolaemus lemniscatus* y *L. tenuis*). Además, se encuentran cuatro especies de tortugas marinas (*Dermochelys coriacea, Lepidochelys olivacea, Caretta caretta* y *Chelonia mydas*) más dos tortugas introducidas, una terrestre desde Argentina, *Chelonoidis chilensis* y una dulceacuícola proveniente de Estados Unidos, *Trachemys scripta elegans*.

Desde el punto de vista ecosistémico, los anfibios y reptiles son de especial interés debido a su gran sensibilidad a pequeños cambios ambientales. Esta particularidad los convierte en una herramienta de primer orden, a la hora de valorar la dimensión de estas transformaciones y perturbaciones del ambiente. En efecto, la contaminación ambiental, la destrucción de hábitats, la introducción de especies exóticas y enfermedades emergentes asociadas al cambio climático, están dando cuenta de una gran regresión poblacional a nivel mundial de estos animales. De este modo, las evidencias de lo nocivo que para este grupo animal representan las modificaciones físico-químicas y ambientales asociadas a actividades de origen antrópico (sobre todo del medio acuático), justifican su uso como herramienta de gran utilidad para sensibilizar a la población en general sobre problemáticas ambientales.

Sobre la base de lo anterior, el presente capítulo hace referencia a los resultados obtenidos en la caracterización de la fauna de anfibios y reptiles del humedal del río Cruces en el contexto del Programa de Diagnóstico Ambiental (PDA 2014-2015).

4.9.2. Objetivos

- Establecer en base a revisiones bibliográficas, una línea de base de la diversidad de anfibios y reptiles potenciales en el área de estudio.
- Determinar, sobre la base de dos campañas de terreno (otoño y primavera de 2014), índices de riqueza específica y abundancia de estos animales.

• Analizar el estado de conservación de las especies de anfibios y reptiles presentes en el área de estudio.

• Evaluar la eventual presencia de la especie exótica *Trachemys scripta elegans* (Tortuga Californiana) en el área de estudio.

• Determinar el estado de salud de los individuos recolectados a través de inspección macroscópica de la piel y de medios de cultivo bacteriano y/o técnicas moleculares.

4.9.3. Material y métodos

4.9.3.1. Revisión bibliográfica

De acuerdo con la Guía de Evaluación Ambiental para Fauna Silvestre (SAG, 2012) y en conformidad al artículo 37 de la Ley nº 19300, se realizó una revisión bibliográfica de la literatura científica, tesis e informes disponibles con el propósito de establecer la presencia de las especies potenciales de anfibios y reptiles en el área de estudio.

4.9.3.2. Metodología de terreno

Los estudios basados en especies pueden centrarse en una o más poblaciones a lo largo del espacio y del tiempo. La finalidad de los mismos, es determinar la distribución geográfica o distribución ecológica (tipos de hábitat o micro hábitat) de una especie. Para los estudios con orientación espacial, se ha de seleccionar un método de inventario apropiado para ser utilizado a lo largo de los diferentes hábitats en una región o entre regiones (*cf*. Heyer *et al*., 2001).

Antes de determinar la técnica más adecuada para llevar a cabo el trabajo de terreno se considero: **i)** información previa del área de estudio como por ejemplo, tipo de hábitat, complejidad de éste, diversidad de la fauna y tamaño del área a ser estudiada, **ii)** conocimiento acerca de la biología de las especies objeto de estudio (*e.g.,* acuáticas,

terrestres) y **iii)** el tiempo y número de personas disponibles para realizar el trabajo de terreno.

Una vez considerados estos puntos, se procedió a seleccionar la técnica apropiada entre aquellas estandarizadas para monitoreo de anfibios y reptiles. Para ambos grupos de animales, se utilizó la técnica de Relevamiento por Encuentros Visuales ("Visual Encounter Survey" o VES), considerada como óptima, dado que ofrece muchas posibilidades de uso. Esta técnica de muestreo se ha utilizado ampliamente para la evaluación rápida de anfibios en grandes áreas, especialmente en hábitats uniformes donde la visibilidad es buena y también es útil para reptiles que habitan en el suelo y que son activos en áreas abiertas. También se la ha utilizado de manera efectiva para especies de anfibios que viven en hábitats fácilmente identificables, tales como troncos o zonas riparias, pendientes en talud, etc. También es apropiada para especies que están altamente agrupadas y para monitorear larvas de anfibios en charcas poco profundas, con aguas claras y vegetación dispersa (Heyer *et al*., 2001).

4.9.3.3. Descripción del método de Relevamiento por Encuentros Visuales

En este método, una persona camina a través de un área o hábitat por un período de tiempo predeterminado buscando animales de manera exhaustiva (Fig. 4.9.1). El tiempo se expresa como el número de horas/hombre de búsqueda en cada una de las áreas a comparar. El VES es una técnica apropiada, tanto para estudios de inventario como para monitoreo.

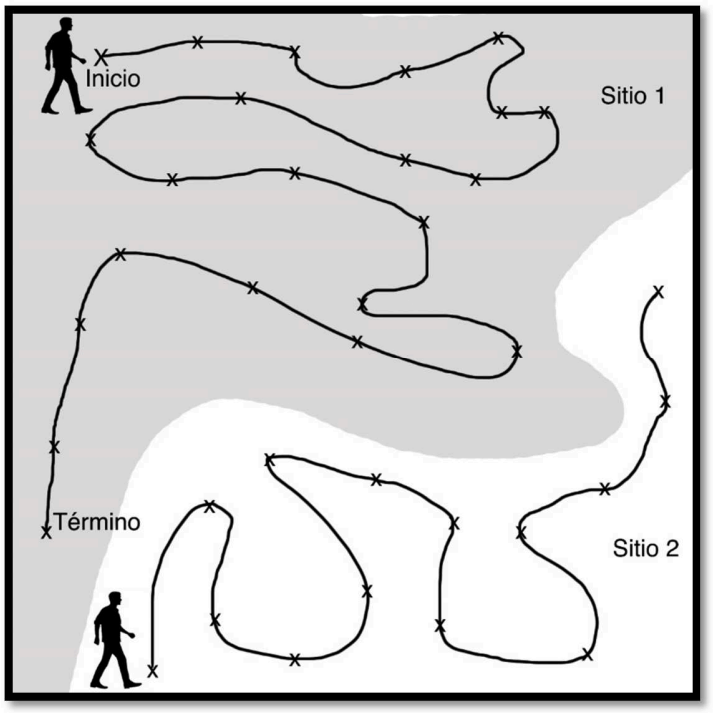


Figura 4.9.1. Esquema del método de búsqueda aleatoria para recolección de anfibios y reptiles, mediante transectos al azar en un área determinada (modificado de Heyer *et al.* 2001).

4.9.3.4. Procedimientos en terreno

El diseño del muestreo escogido para realizar la toma de datos de la zona de estudio fue hecho sobre la base de una combinación de un VES aleatorizado por caminatas al azar y un VES en transectos. En algunos casos, particularmente para reptiles, se usó el método de búsqueda en parches. Se escogieron estos métodos como referentes por ser los indicados para muestrear grandes áreas y por ser los que más se adaptan a las necesidades del presente estudio. Se procedió a registrar el punto de cada observación con ayuda de un GPS y se apuntó en la planilla de campo el número y determinación de la(s) especie(s) así como otros datos relevantes en caso que hubiesen (*e.g.,* anfibios o reptiles muertos, estado de desarrollo, presencia de parásitos). Al finalizar cada transecto se procedió a controlar la hora final para volverla a anotar en la planilla.

También se registraron evidencias auditivas o cantos. El reconocimiento de vocalizaciones de anfibios es relativamente simple, pero muy efectivo no solo para determinar la presencia o ausencia de especies de anuros, sino también para establecer épocas y sitios de reproducción. Se buscaron renacuajos (el estado de desarrollo acuático de los anfibios) mediante redes de mano y la inspección minuciosa en las riberas de los cuerpos de agua (agujeros en grietas, pozas temporales, arroyos y ríos). Se tomaron además datos como abundancia relativa, estados de desarrollo de renacuajos y presencia de oviposturas. Por su movilidad y cuando fue posible, la prospección de la eventual presencia de reptiles se realizó hasta 50 metros desde las riberas de los cuerpos hídricos del área de estudio.

4.9.3.5. Análisis de laboratorio

Determinación y prevalencia de ácaros en anfibios

Cada individuo recolectado fue inspeccionado *in situ* para determinar eventuales infecciones con ácaros. Con ayuda de material quirúrgico se tomaron algunos quistes subcutáneos. Esto no representó daño para el anfibio, ya que al presionar suavemente el tejido corporal, el quiste sale sin necesidad de lesionar aún más el tejido. Las cápsulas del quiste fueron depositadas en tubos Eppendorf con 200 µL de etanol puro y otras muestras se conservaron en tubos con 100 µL de glutaraldehido 3%, para análisis morfológicos del parásito mediante microscopía óptica.

Determinación de la bacteria *Mycobacterium marinum* en anfibios

La bacteria *Mycobacterium marinum* ha sido reportada desde 2009 en anfibios tales como *Calyptocephalella gayi* probablemente proveniente de cultivos de salmónidos (López *et al*., 2014; Nuñez *et al.,* en prep.). Se tomaron muestras de seis anfibios (dos *Eupsophus roseus*, dos *Batrachyla taeniata* y dos *Batrachyla leptopus*) y se realizó la amplificación enzimática del gen hsp65 - específico para *Mycobacterium* sp. - se realizó vía PCR utilizando los partidores TB11 y TB12 descritos en la literatura (Telenti *et al.,* 1993).

4.9.3.6. Tratamiento e interpretación de los datos

Para cada sitio prospectado se confeccionó un catastro de las especies de anfibios y reptiles existentes, estimándose riqueza específica, densidad y abundancia relativa, mediante el esfuerzo de muestreo realizado. Se utilizó el programa EstimateS 9.1 (Colwell, 2013) para los datos de riqueza y abundancia relativa de especies, y se calcularon los índices de Simpson, Pielou y Shannon-Weaver. Las curvas de acumulación de especies y gráficos se realizaron con el programa Excel (Microsoft Office Professional, 2010).

4.9.3.7. Diversidad de especies: medición de la diversidad alfa

La diversidad alfa (área biológicamente homogénea o comunidad) se puede evaluar a partir de diferentes métodos que miden el número de especies (riqueza específica) o su estructura (especies en relación con su abundancia). En el presente trabajo se usaron diferentes métodos, acorde a los datos obtenidos, finalidad del presente estudio y recomendaciones de diferentes autores y especialistas. Estos métodos utilizan modelos paramétricos clasificados en índices de equidad y dominancia. Entre ellos, los más utilizados son:

Indice de equidad Shannon-Wiener (H') (Shannon, 1949). Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. El índice mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran 1988; Moreno, 2001) y asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Este índice adquiere valores entre cero (cuando hay una sola especie,) y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2001). Este cálculo se realizó en base a todos los especímenes presentes en todos los sitios muestreados, según la expresión:

$$H' = -\sum(pi \ln pi)$$

Dónde:

H´ = Diversidad de Shannon

pi = Abundancia relativa (ni/N), donde ni es el número de individuos de la especie y N el número total de individuos de todas las especies.

Indice de Pielou (Magurran 1988). El índice de Shannon subestima la diversidad cuando se captura un solo individuo de alguna especie, o hay una especie dominante; debido a esto se calculó también el índice de Pielou el que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). El cálculo se efectuó según la siguiente expresión:

$$J' = \frac{H'}{H'max}$$

Donde:

H'= Diversidad de Shannon

H'max = ln(r) donde r = Número de especies observadas en la muestra.

Índice de Dominancia de Simpson (D', Simpson, 1949). Este ídice manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Cuanta más alta es la probabilidad, menos diversa es la comunidad y *viceversa*. Este índice está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Su valor varía de 0 a un máximo de 1-1/S (S = número de taxa). Su fórmula es:

$D = \frac{\sum ni(ni-1)}{N\,(N-1)}$ lo que equivale a $D = \sum pi2$

Dónde:

n es el número de ejemplares por especie

N es el total de organismos presentes

pi es la proporción de la muestra

Tablas de contingencia. Se realizaron tablas cuádruples de 2 x 2 (Tabla 4.9.1) por su utilidad para sintetizar información concerniente a las relaciones entre dos especies, poblaciones, hábitats o localidades.

Tabla 4.9.1. Tabla de frecuencias generalizada de 2 x 2.

especie B	**especie A**		
	Presente	**ausente**	**total**
presente	A	b	a+b
ausente	C	d	c+d
total	a + c	b + d	n

Dónde: a = frecuencia observada de co-ocurrencia de especies (1;1)

d = frecuencia observada de no co-ocurrencia (0;0)

b y c = frecuencia de desigualdades [(0;1) y (1;0)]

n = a+b+c+d, representando a elementos individuales, muestras o caracteres de estudio.

A partir de las tablas de contingencia y la frecuencia observada se calcula el valor de la frecuencia esperada.

$$f = \frac{(\mathrm{a}+\mathrm{b})(\mathrm{a}+\mathrm{c})}{n}$$

4.9.3.8. Distribución espacial en el área de estudio

Con el fin de analizar eventuales patrones de distribución espacial de anfibios y reptiles en el área de estudio, se establecieron ocho áreas con al menos 15 puntos de muestreo en los sectores más relevantes o representativos de los distintos tipos de ambientes existentes en el área de estudio.

La Figura 4.9.2 muestra los puntos de muestro de anfibios y reptiles en el área del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, durante la campaña de otoño (29 de abril y 7 de mayo de 2014) y campaña de primavera (17-24 de octubre y 3-4 de noviembre de 2014). En cada punto de muestro se realizaron prospecciones en al menos un sitio (ver **ANEXO 1**), dependiendo de la accesibilidad a los cuerpos de agua, acceso otorgado por propietarios o área de influencia. Todas las estaciones se georreferenciaron mediante equipo GPS portátil Garmin Gpsmap 76CSx. Estos puntos de muestreo se agruparon en las áreas señaladas en la Figura 4.9.2.

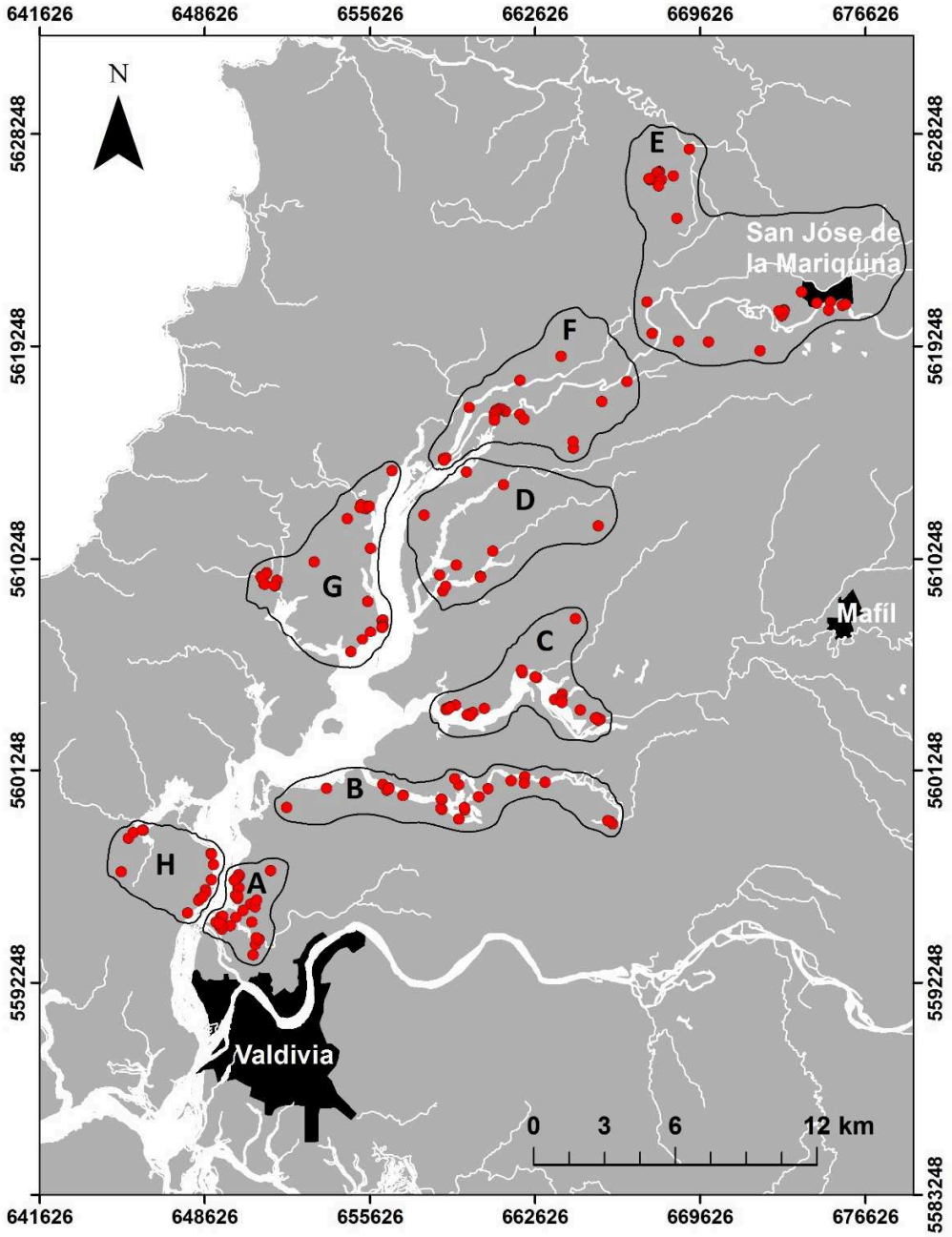


Figura 4.9.2. Ubicación de las ocho áreas de muestro (A-H) de anfibios y reptiles en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. **A**: sector Las Marías **B**: sector río Cayumapu, **C**: sector río Pichoy, **D**: sector ríos Cudico-Nanihue, **E**: sector San José de la Mariquina, **F**: sector río San José, **G**: sector río Santa María, **H**: sector Punucapa. Los símbolos colorados señalan sitios de muestreo.

4.9.4. Resultados

4.9.4.1. Revisión bibliográfica

Por sus condiciones de aislamiento geográfico, los anfibios y reptiles de Chile, presentan condiciones bastante particulares en cuánto a su biología y ecología. Estos aspectos han sido poco estudiados; tal es así que de muchas especies se desconocen aspectos tales como lugares de oviposturas, época de apareamiento, etología y morfología.

En Chile, las zonas con mayor riqueza de especies nativas de anfibios se concentran en los bosques temperados de *Nothofagus* del centro y sur, entre las regiones del Bio Bío y Aysén (*ca.* 38º - 48º S) dadas las condiciones climáticas que favorecen una elevada presencia de humedad. En estos bosques, la mayor riqueza de anfibios está dada por los géneros *Alsodes* y *Eupsophus* (Blotto *et al.*, 2013). No obstante, dentro de estas regiones la mayor parte de los anfibios está bajo algún grado de amenaza por presiones tales como la pérdida o degradación de hábitat (*e.g.*, construcción de ciudades, caminos y drenado de humedales), enfermedades infecciosas, actividades agroforestales (*e.g.*, plantaciones de especies no nativas) e introducción de especies exóticas (la rana africana *Xenopus laevis*, la tortuga de orejas rojas *Trachemys scripta elegans* y el jabalí *Sus scrofa scrofa*).

En Chile no existen datos cuantitativos que permitan evaluar si alguna especie está en declinación, aunque se han realizado avances en la detección de algunas de las causas potenciales de tal efecto; ejemplos de esto son por ejemplo el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, encontrado recientemente en poblaciones naturales (Bourke *et al.*, 2011) o la degradación del hábitat (Soto-Azat *et al.*, 2013).

La diversidad de reptiles en Chile es mucho más amplia que la de anfibios (Pincheira-Donoso, 2005), encontrándose 123 especies de reptiles las que incluyen serpientes, saurios y tortugas. La mayor riqueza específica se concentra en el norte y

centro del país, entre las regiones de Antofagasta y del Bio Bío. En este escenario es posible encontrar especies de distribución exclusivamente norte (*e.g., Liolaemus atacamensis* y *Microlophus quadrivittatus*) o sur (*e.g., Diplolaemus darwinii* y *Liolaemus magellanicus*) y otras con rangos de distribución muy extensos (*eg., Liolaemus lemniscatus* y *L. tenuis*). No obstante, y al igual de lo que sucede con anfibios, la delimitación de la distribución de estos taxa presenta dificultades, principalmente debido a que no existe claridad sobre la validez taxonómica de muchas de las especies.

En este sentido, el reconocimiento de la distribución y los límites geográficos de este grupo de animales, así como la identificación de los mismos, adquiere un rol esencial para conocer y conservar la biodiversidad ya que permite tomar decisiones adecuadas respecto al estado y el posterior desarrollo de políticas de conservación.

4.9.4.2. Diversidad de anfibios y reptiles de la Región de Los Ríos

La Región de los Ríos está situada dentro del rango latitudinal chileno considerado con mayor diversidad de anfibios. El conocimiento de la riqueza de especies de anfibios en esta región proviene de trabajos realizados por Formas (1995), Méndez *et al.,* (2005) y Díaz-Páez *et al.,* (2008). Los estudios recientes de Cuevas (2008), Nuñez *et al.,* (2012) y Rabanal & Nuñez (2012), han permitido incrementar el número de especies conocidas para la región. De hecho, hasta la fecha se ha registrado un total de 19 especies (Tabla 4.9.2; *ca.* del 32% de la diversidad nacional de anfibios), 15 de las cuales habitan en la Cordillera de la Costa, contigua al humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

Para la Región de Los Ríos, se han reportado seis especies nativas de reptiles (Labra & Vidal, 2008). Esa baja riqueza se debe a las condiciones climáticas de esta zona que contrasta con la alta diversidad de la zona norte del país, además de la existencia de barreras físicas tales como la Cordillera de los Andes. En esta zona los reptiles se dividen en dos géneros de lagartos (*Liolaemus* y *Pristidactylus*) y uno de serpientes (*Tachymenis)* (Tabla 4.9.3).

En relación al humedal del río Cruces, CONAF (2006) señala que la fauna de anfibios que se encuentra en el mismo y sus alrededores está compuesta por ocho especies de anuros (no se señala que especies), destacando si a *Calyptocephalella gayi* (Rana grande chilena) e *Hylorina sylvatica* (Rana esmeralda). No existen mayores antecedentes sobre este grupo de animales en el humedal, ni tampoco hay estudios previos de reptiles en el área.

Tabla 4.9.2. Listado de especies de anfibios que habitan en la Región de Los Ríos, distribución y estado de conservación de las mismas. Los estados de conservación (EC) según Criterios de Ley de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero, SAG, Chile (2012) (F: Fuera de peligro, V: Vulnerable, R: Rara, NE: No Evaluado) sobre la diagonal y la Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza, UICN (DD: Información Insuficiente, LC: Preocupación Menor, NT, Cercana a Peligro, VU: Vulnerable, CR: Peligro Crítico) bajo la diagonal. Los endemismos se determinaron de acuerdo a su distribución en la región, país, o bosques templados de Chile y Argentina. UICN = Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Familia	especie & nombre común	distribución en Chile	EC	endemismo
Alsodidae	*Alsodes norae* Rana de pecho espinoso de Nora	Cerro Oncol, Cordillera de la Costa de Valdivia, Región de Los Ríos	NE/DD	Endémica de la Región de Los Ríos
Alsodidae	*Alsodes valdiviensis* Rana de pecho espinoso de Valdivia	Cerro Mirador, Cordillera Pelada, Región de Los Ríos	NE/DD	Endémica de la Región de Los Ríos
Alsodidae	*Eupsophus altor* Rana de hojarasca de Oncol	Cordillera de la Costa de Valdivia, Región de Los Ríos	NE/DD	Endémica de la Región de Los Ríos
Alsodidae	*Eupsophus calcaratus* Rana de hojarasca austral	Desde Reumén en Región de Los Ríos hasta Isla Wellington, Región de Magallanes	F/LC	Endémica de Chile y Argentina
Alsodidae	*Eupsophus migueli* Rana de hojarasca de Mehuín	Mehuín y Queule, Región de Los Ríos	NE/CR	Endémica de la Región de Los Ríos
Alsodidae	*Eupsophus emiliopugini* Rana de hojarasca de párpados verdes	Desde Cordillera Pelada, Región de Los Ríos, hasta Isla Rivero, Región de Aysén	F/LC	Endémica de Chile y Argentina
Alsodidae	*Eupsophus roseus* Rana rosácea de hojarasca	Desde Cautín, Región de la Araucanía, hasta Valdivia, Región de Los Ríos	V/NT	Endémica de Chile

Alsodidae	*Eupsophus vertebralis* Rana grande de hojarasca	Desde Ramadillas, Región del Bio Bio, hasta Llancahue, Región de Los Ríos	V/NT	Endémica de Chile
Batrachylidae	*Batrachyla leptopus* Rana moteada	Desde Los Queules, Región del Bio Bio, Puerto Aysén, Región de Aysén	F/LC	Endémica de Chile y Argentina
Batrachylidae	*Batrachyla taeniata* Rana antifaz	Desde Valparaíso hasta la Región de Aysén	F/LC	Endémica de Chile y Argentina
Batrachylidae	*Batrachyla antartandica* Rana Jaspeada	Desde Mehuín, Región de Los Ríos a Isla Wellington, Región de Magallanes	F/LC	Endémica de Chile y Argentina
Batrachylidae	*Hylorina sylvatica* Rana esmeralda	Desde Mehuín hasta Isla Wellington	R/LC	Endémica de Chile y Argentina
Calyptocephalellidae	*Calyptocephalella gayi* Rana grande chilena	Desde la Región de Coquimbo, hasta la Región de Los Lagos	V/VU	Endémica de Chile
Calyptocephalellidae	*Telmatobufo australis* Rana montana de dos líneas	Desde Mehuín, Región de Los Ríos, hasta Rupanco, Región de Los Lagos	NE/VU	Endémica de Chile
Leptodactylidae	*Pleurodema thaul* Sapito de cuatro ojos	Desde Antofagasta hasta Aysén	F/LC	Endémica de Chile y Argentina
Rhinodermatidae	*Rhinoderma darwinii* Ranita de Darwin	Desde Concepción, Región del Bio Bio, hasta Aysén, Región de Aysén	V/VU	Endémica de Chile y Argentina
Rhinodermatidae	*Insuetophrynus acarpicus* Rana verde de Mehuín	Mehuín y Colehual Alto, Región de Los Ríos	P/CR	Endémica de la Región de Los Ríos

Tabla 4.9.3. Especies de reptiles presentes en la Región de Los Ríos. Estados de Conservación (EC) de acuerdo a lo indicado en la Tabla 4.9.2.

Familia	Especie & nombre común	Distribución en Chile	EC	Endemismo
Liolaemidae	*Liolaemus pictus* Lagartija pintada	Desde Chillán, Región del Bio Bio, hasta Marín Balmaceda, Región de Aysén	F/LC	Endémica de Chile y Argentina
Liolaemidae	*Liolaemus cyanogaster* Lagartija de vientre azul	Desde Los Queules, Región del Bio Bio hasta Chiloé, región de Los Lagos.	I/LC	Endémica de Chile y Argentina
Liolaemidae	*Liolaemus tenuis* Lagartija esbelta	Región de Coquimbo a Los Lagos, Región de Los Ríos	I/LC	Endémica de Chile
Leiosauridae	*Diplolaemus leopardinus* Largato cabezón	Desde Región Metropolitana a Región de Los Lagos	I/LC	Endémica de Chile y Argentina
Leiosauridae	*Pristidactylus torquatus* Lagarto llorón del sur	Desde Chillán, Región del Bio Bio hasta Puerto Montt, Región de Los Lagos	I/LC	Endémica de Chile
Dipsadidae	*Tachymenis chilensis* Culebra de cola corta	Desde Antofagasta hasta Chiloé	I/LC	Endémica de Chile y Argentina

4.9.4.3. Campañas de terreno

Riqueza de especies y abundancias de anfibios y reptiles

En la Tabla 4.9.4 se indican las especies de anfibios encontradas en ambas prospecciones (otoño y primavera de 2014). El número recolectado de especies de anfibios (siete) corresponden al 87% del total esperado en la zona (ocho). Por su parte, se encontró el total de especies de reptiles potenciales de encontrar en la zona (dos especies de lagartos y una especie de serpiente), aun cuando la abundancia de las mismas fue baja (Tabla 4.9.5). Las prospecciones de primavera mostraron mayor diversidad y abundancia, presumiblemente debido a que se muestreó en la época reproductiva de los reptiles y de algunas especies de anfibios como *Pleurodema thaul* y *Calyptocephalella gayi*.

De un total de 210 anfibios prospectados, 140 correspondieron a *B. taeniata*, la especie más abundante, mientras que la menos abundante (con un individuo), fue *E. vertebralis* (Tabla 4.9.4). Con respecto a los reptiles, la especie más abundante fue *Liolaemus cyanogaster* (34 individuos) y la especie menos abundante, con un individuo fue la culebra de cola corta *Tachymenis chilensis* (Tabla 4.9.5). Los resultados anteriores también se expresan en base a abundancias relativas (Tabla 4.9.6); (ver **ANEXO 1** para mayores detalles).

Tabla 4.9.4. Especies de anfibios recolectados en el área de estudio durante la campaña de otoño y primavera.

Familia	Especie	otoño	primavera	total
Alsodidae	*Eupsophus roseus*	7	7	14
	Eupsophus vertebralis	0	1	1
	Eupsophus altor	0	5	5
Batrachylidae	*Batrachyla taeniata*	20	120	140
	Batrachyla leptopus	2	10	12
Calyptocephalellidae	*Calyptocephalella gayi*	0	30	30*
Leiuperidae	*Pleurodema thaul*	3	5	8

* individuos determinados por sus cantos

Tabla 4.9.5. Especies de reptiles recolectados durante la campaña de otoño y primavera.

Familia	Especie	otoño	primavera	total
Dipsadidae	*Tachymenys chilensis*	0	1	1
Liolaemidae	*Liolaemus pictus*	7	2	9
	Liolaemus cyanogaster	3	31	34

Tabla 4.9.6. Número total de especímenes (N) y abundancia relativa (AR) de anfibios y reptiles en el área de estudio; se incluyen los datos de ambas campañas de terreno.

Especie	N	AR (%)
Batrachyla leptopus	12	4,7
Batrachyla taeniata	140	55,1
Eupsophus altor	5	2,0
Eupsophus vertebralis	1	0,4
Eupsophus roseus	14	5,5
Pleurodema thaul	8	3,1
Calyptocephalella gayi	30	11,8
Liolaemus pictus	9	3,5
Liolaemus cyanogaster	34	13,4
Tachymenis chilensis	1	0,4

La Tabla 4.9.7 muestra la riqueza específica y abundancia de anfibios según las zonas señaladas en la Figura 4.9.2. El sector H (Punucapa) fue el que presentó la mayor riqueza de especies (6), mientras que el sector menos diverso fue el E (sector San José de la Mariquina) con solo una especie de anfibio (*Batrachyla taeniata)* (Tabla 4.9.7).

El valor más alto de abundancia (51 especímenes) se detectó en el sector F (sector río San José), seguido del sector B (sector río Cayumapu) con 38 especímenes. Los sectores con menor abundancia de anfibios fueron los correspondientes a los ríos Santa María (sector G) con 14 especímenes y Cudico - Nanihue (sector D) con 15 especímenes (Tabla 4.9.7).

Tabla 4.9.7. Riqueza y abundancia de especies de anfibios registradas en la zona de estudio según los sectores señalados en la Figura 4.9.2.

Especie	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
Batrachyla leptopus	2	0	6	0	0	1	2	1	**12**
Batrachyla taeniata	30	17	19	4	16	45	6	3	**140**
Eupsophus altor	0	0	0	0	0	0	0	5	**5**
Eupsophus vertebralis	0	0	0	0	0	0	0	1	**1**
Eupsophus roseus	0	1	2	5	0	2	0	4	**14**
Pleurodema thaul	0	0	0	0	0	0	5	3	**8**
Calyptocephalella gayi	0	20	0	6	0	3	1	0	**30**
Total	**32**	**38**	**27**	**15**	**16**	**51**	**14**	**17**	**210**

En la Tabla 4.9.8 se muestra la riqueza específica y abundancia de reptiles según las zonas señaladas en la Figura 4.9.2. En los sectores B (sector río Cayumapu), C (sector río Pichoy) y E (sector río San José) se detectaron dos especies, a la vez que en el sector F (sector río San José) no se recolectaron reptiles. El valor más alto de abundancia fue en el sector B (sector río Cayumapu) con 23 especímenes de *Liolaemus cyanogaster* (Tabla 4.9.8).

Tabla 4.9.8. Riqueza y abundancia de especies de reptiles registradas en la zona de estudio según los sectores señalados en la Figura 9.4.2.

Especie	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
Liolaemus pictus	0	0	1	2	5	0	0	1	**9**
Liolaemus cyanogaster	3	23	3	0	3	0	2	0	**34**
Tachymenis chilensis	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**
Total	**3**	**24**	**4**	**2**	**8**	**0**	**2**	**1**	**44**

Tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*)

No se registró en el área de estudio la presencia de la Tortuga de orejas rojas. Esta especie exótica ha sido registrada en la Laguna de Los Lotos en el Parque Saval y en el humedal Angachilla (González, 2013); primariamente entre las 11 am y 16 pm y en sectores de elevada exposición al sol. A finales del verano esta especie se refugia en cavidades cercanas a los cuerpos de agua o se sumerge en aguas someras de éstos donde hibernan; de ahí que era bastante improbable encontrarla durante el muestreo de otoño. Tampoco se la observó en el muestro de primavera, situación que puede tener dos explicaciones: **i)** esta especie no ha llegado aún al área de estudio, y **ii)** las temperaturas ambientales ocurrentes durante ese muestreo fueron suficientemente bajas como para inhibir su actividad en el área y por lo tanto no fue observada. No obstante lo anterior y dada la alta movilidad de esta especie y conectividad de los humedales de Valdivia, es necesario mantener a futuro evaluaciones acerca de la eventual presencia de la misma en el área de estudio.

Índices de diversidad

La diversidad alfa obtenida mediante el índice Shannon-Wiener para la fauna de anfibios fue de H'= 1,499 (Tabla 4.9.9); la equidad proporcionada por el índice de Pielou (J') fue de J = 0,770. Del índice de Pielou se puede extraer el dato H'max = ln(r) = 1,945, lo que indica el valor del Índice de diversidad de Shannon que se podría haber alcanzado con las especies presentes. La diversidad alfa obtenida mediante el índice de Simpson se señala en la Tabla 4.9.10 y fue de D = 0,363 (de un máximo de 0,857).

Tabla 4.9.9. Índice de diversidad específica de Shannon-Wiener (H'). Para los cálculos se incluyen los datos de abundancias de anfibios para ambas campañas.

Especie	N	Pi (ni/N)	LnPi	PiLnPi
Batrachyla leptopus	12	0,0472	-3,053	-0,144
Batrachyla taeniata	140	0,5512	-0,595	-0,327
Eupsophus altor	5	0,0197	-3,927	-0,077
Eupsophus vertebralis	1	0,0039	-5,546	-0,022
Eupsophus roseus	14	0,0551	-2,898	-0,159
Pleurodema thaul	8	0,0314	-3,460	-0,109
Calyptocephalella gayi	30	0,1181	-2,136	-0,252
Liolaemus pictus	9	0,0354	-3,341	-0,118
Liolaemus cyanogaster	34	0,1338	-2,011	-0,269
Tachymenis chilensis	1	0,0039	-5,546	-0,022
				H' = 1,499

Tabla 4.9.10. Parámetros utilizados en la estimación del Índice de diversidad específica de Simpson (D') con datos de los anfibios de ambas campañas.

Especie	N	Pi (ni/N)	Pi^2
Batrachyla leptopus	12	0,0472	0,0022
Batrachyla taeniata	140	0,5512	0,3038
Eupsophus altor	5	0,0197	0,0003
Eupsophus vertebralis	1	0,0039	0,0000
Eupsophus roseus	14	0,0551	0,0030
Pleurodema thaul	8	0,0314	0,0009
Calyptocephalella gayi	30	0,1181	0,0139
Liolaemus pictus	9	0,0354	0,0012
Liolaemus cyanogaster	34	0,1338	0,0179
Tachymenis chilensis	1	0,0039	0,0000
			D' = 0,363

Asociaciones de especies

Los resultados en cuanto a la relación de asociación para las especies de anfibios y reptiles se presentan en los **ANEXOS 2** y **3**, considerándose el total de sitios muestreados que fue de 196 (ver **ANEXO 1**). Las relaciones de asociación entre frecuencias observadas

y esperadas se muestran en las Tablas 4.9.11 y 4.9.12. Los valores resultaron mayoritariamente bajos, lo que sugiere ausencia de asociaciones significativas entre las distintas especies en el área de estudio. Dicho de otra manera, el hecho de encontrar una especie no implica necesariamente alta probabilidad de encontrar la otra.

Tabla 4.9.11. Relaciones de asociación entre las especies de anfibios del área de estudio. Sobre la diagonal se muestra la asociación observada para cada par de especies (número de veces que se encontraron ambas en un mismo sitio) y bajo la diagonal la asociación esperada. Bl, Bt etc, son letras que representan al género y especie de cada taxón.

	Bl	**Bt**	**Er**	**Ev**	**Ea**	**Cg**	**Pt**
Batrachyla leptopus	-	2	1	0	0	1	1
Batrachyla taeniata	1,63	-	1	0	0	5	1
Eupsophus roseus	7,67	2,04	-	-	0	2	0
Eupsophus vertebralis	0,04	0,20	0,05	-	1	0	0
Eupsophus altor	0,12	0,81	0,15	0,02	-	0	0
Calyptocephalella gayi	0,37	1,93	0,46	0,04	0, 18	-	0
Pleurodema thaul	0,20	0,81	0,20	0,01	0,08	0,18	-

Tabla 4.9.12. Relaciones de asociación entre las especies de reptiles del humedal Río Cruces. Sobre la diagonal se muestra la asociación determinada para cada par de especies y bajo la diagonal la asociación esperada. Lp, Lc y Tc son letras que representan al género y especie de cada taxón.

	Lp	**Lc**	**Tc**
Liolaemus pictus	-	1	0
Liolaemus cyanogaster	0,35	-	0
Tachymenis chilensis	0,02	0,07	-

Probabilidad de recolección de especies

A partir de los datos de presencia de cada especie se confeccionó la Tabla 4.9.13 la cual muestra las probabilidades de encontrar o recolectar las especies estudiadas en el área de estudio. La especie con más probabilidad de ser encontrada es *Batrachyla taeniata* (13,5%) seguida de *Eupsophus roseus* (5,0%). Para el caso de los reptiles, la especie con mayor probabilidad de ser encontrada en el área de estudio es *Liolaemus*

cyanogaster (7,1%). En el **ANEXO 4** se muestran fotografías representativas de cada especie de anfibio y reptil encontrada. No se muestran registros de *Calyptocephalella gayi*, dado que de esta especie solo se registraron cantos.

Tabla 4.9.13. Probabilidad de encontrar una especie de anfibio o reptil en el área de estudio.

Especie	probabilidades de encuentro (%)
Batrachyla leptopus	4,0
Batrachyla taeniata	13,5
Eupsophus roseus	5,0
Eupsophus vertebralis	0,5
Eupsophus altor	2,0
Calyptocephalella gayi	4,5
Pleurodema thaul	2,0
Liolaemus pictus	2,5
Liolaemus cyanogaster	7,1
Tachymenis chilensis	0,5

Microhabitats utilizados por anfibios y reptiles

En la Tabla 4.9.14 se presenta una lista de los diferentes tipos de microhábitats donde se registraron los diferentes anfibios y reptiles del área de estudio presentándose también el porcentaje de utilización de cada uno de los mismos. El microhábitat más utilizado fue lagunas y/o cauces tributarios con un porcentaje de 37%, (habitado por *Calyptocephalella gayi*, *Batrachyla taeniata* y *Batrachyla leptopus*), seguido de parches boscosos con hojarasca (*Batrachyla taeniata* y *Eupsophus roseus*) y pradera habitado mayoritariamente por las especies de reptiles. La utilización de los otros microhabitats estudiados fue bastante menor, con valores inferiores al 10%. No se recolectaron anfibios o reptiles en el eje principal del río Cruces (Tabla 4.9.14).

Tabla 4.9.14. Lista de microhábitats observados en el área de estudio con porcentaje de uso por anfibios y reptiles.

tipo de microhábitat	porcentaje (%)
Agua estancada o poza temporal	5
Eje central del río Cruces	0
Troncos muertos caídos	7
Pradera	19
Lagunas y/o cauces tributarios	37
Parches boscosos con hojarasca	32

Esfuerzo de muestreo

En la Tabla 4.9.15 se muestran los datos en términos de esfuerzo de muestreo. En los transectos al azar mediante detección por encuentros visuales se invirtió la mayor cantidad de tiempo (5500 minutos por observador) lo que se correlaciona con el valor de MSI, ya que el mayor número de especímenes encontrados tanto de anfibios como de reptiles corresponde a este tipo de muestreo. Por el contrario, en los muestreos por parches se invirtió mayor esfuerzo de muestreo (MSI=90 minutos por observador) por especímenes encontrados (14).

Tabla 4.9.15. Esfuerzo en términos de tiempo por método de muestreo (en minutos por observador), abundancia total y especies prospectadas. MSI = minutos/observador/total individuos.

Método de muestreo	Tiempo (min/obs.)	Abundancia total	Especies	MSI
Encuentros visuales por transectos al azar	5500	210	*B. leptopus, B. taeniata, E. roseus E. altor, E. vertebralis , P. thaul, T. chilensis, L. pictus, L. cyanogaster*	26,2
Muestreo en parches	1260	14	*L. pictus, L. cyanogaster*	90,0
Registros auditivos	1640	30	*Calyptocephalella gayi*	54,6

Prevalencia de ácaros y *Mycobacterium*

La prevalencia de ácaros en las especies de anfibios muestreadas fue del 2,4% (cinco especímenes), encontrándose solo en *Eupsophus roseus*. En la Figura 4.9.3 se ejemplifica el hallazgo indicando la extremidad posterior de un espécimen *de E. roseus,* al cual se le extrajeron los quistes para examen microscópico. A través de este examen, se constató que los parásitos correspondieron a ácaros probablemente de la familia Trombiculidae (Wohltmann *et al*., 2006), como ha sido demostrado por Duguet (2013). Con respecto a los resultados sobre *Mycobacterium*, los resultados fueron negativos.

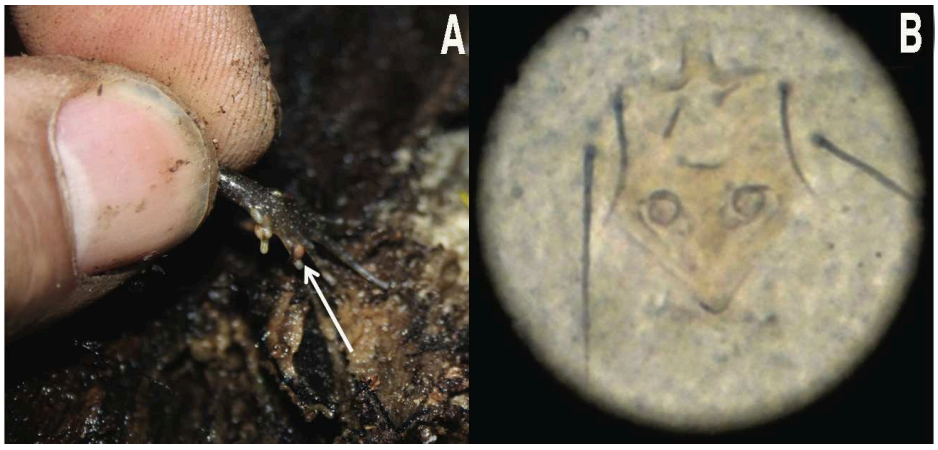


Figura 4.9.3. A: Extremidad posterior de un espécimen de *Eupsophus roseus* del sector D (ríos Cudico-Nanihue). A: La flecha indica el quiste donde se encuentra la larva del ácaro. B: vista microscópica de una larva de ácaro obtenida desde un quiste. La determinación se hizo en base a literatura. Aumento 40X.

4.9.5. Discusión

Riqueza total y representatividad

La riqueza de anfibios y reptiles determinada para el humedal del río Cruces representó una pequeña parte de la herpetofauna de la Región de Los Ríos. No obstante, esto estuvo dentro de lo esperado, dado que la mayor diversidad de anfibios (15 de 19 especies de la región) se encuentra en el cordón cordillerano de Mahuidanche (Contreras, 2013), entre el río Queule y el río Valdivia y la mayor diversidad de reptiles se encuentra asociada a la Cordillera de Los Andes (Vidal y Labra, 2008). Aunque, no es una fauna tan rica como lo es la cordillerana, es un número proporcionalmente alto de especies en comparación con otros sitios donde se ha muestreado áreas más grandes por lapsos más largos y/o en hábitats estructuralmente más complejos por ejemplo el tramo Ciruelos-Pichirropulli (Acosta, 2014) o el Predio Llancahue (Lorente, 2012). Esto refleja que las condiciones actuales de los ecosistemas del humedal del río Cruces y de la región aportan estabilidad y recursos estructurales suficientes para el mantenimiento de una alta diversidad de este grupo faunístico.

Por su parte, el patrón en la composición coincidió con lo reportado previamente (Conaf, 2006) con una distribución heterogénea de las especies, dando como resultado bajos índices de diversidad. Según Margalef, (1995) un sitio presenta baja diversidad cuando el valor promedio del índice de Shannon es menor de 3 y es alta cuando el registro está por encima de 3. De este modo, el valor estimado en este estudio para el Índice de Shannon-Wiener (1,499) indica que la fauna de anfibios del área de estudio tiene diversidad baja. No obstante y como ya se señaló, el Indice H' es un índice muy sensible a la dominancia de especies, lo cual se dio en el presente estudio; en particular, debido a las abundancias de *Batrachyla taeniata* (55% de la abundancia total).

Para la zona de Valdivia se han registrado índices bajos de diversidad, por ejemplo, el Predio Llancahue (salida sur de Valdivia) con un valor de H' de 0,87 y con dominancia

del anfibio *Eupsophus roseus*; para el sector de la Cordillera de la Costa de Valdivia se han encontrado valores de H' de 1,88, con dominancia de *Eupsophus altor* (Nuñez, 2012). Es decir, los bajos índices de diversidad en la región están comúnmente influenciados por las especies dominantes de cada lugar, lo que concuerda con los antecedentes de terreno recolectados en este estudio.

Representatividad por hábitats

El muestreo de los hábitats alcanzó una representatividad de media a baja en comparación con todo el estudio, e intermedia si se compara con otros estudios en zonas con ambientes similares, en las que se aplicaron esfuerzos de muestreo menores y donde la representatividad fluctúo entre 46% y 95% (Lorente, 2012, Contreras, 2013). El hábitat más representativo para anfibios en el área de estudio fueron las lagunas y/o cauces tributarios, con un 37% de representatividad (Tabla 4.9.14), seguido de parches boscosos con hojarasca (32% de representatividad) y praderas en el caso de reptiles, con un 19% de representatividad.

Dos especies, *B. taeniata* y *E. roseus* presentaron amplia distribución, encontrándose en casi todos los tipos de hábitats. Estas especies además mostraron valores altos de abundancias, por lo cual podrían ser favorecidas por algunas de las condiciones y recursos que les ofrecen las diferentes zonas, aún con cierto grado de intervención. Algunos autores como Méndez *et al.,* (2005) indican que los anfibios prefieren tipos de ambientes naturales, por lo tanto era de esperar un alto uso de parches boscosos con hojarasca (Tabla 4.9.14).

Salud y viabilidad de las poblaciones

Los anfibios son muy sensibles a los cambios de las condiciones ambientales y generalmente están estrechamente ligados a un hábitat particular (Blaustein *et al*., 1994). Sus ciclos de vida combinan generalmente estados larvales acuáticos con estados adultos

terrestres (únicos entre los vertebrados) y presentan extrema especialización ecológica y marcadas preferencias de hábitat. Además, constituyen una importante parte de la biomasa en la mayor parte de los ecosistemas, cumpliendo múltiples funciones dentro de los ecosistemas, lo que los transforma en valiosos indicadores de la calidad ambiental (Stebbins y Cohen 1995). En este sentido el análisis del estado de las poblaciones de anfibios en ambientes altamente antropizados puede constituir un importante indicador ambiental.

Desde el punto de vista de disponibilidad de hábitat, la comunidad de anfibios relacionada al humedal del río Cruces tiene aún disponibilidad de hábitat, aunque es posible predecir que éste es cada vez más reducido. En algunos ejemplares de *Eupsophus roseus* se determinó presencia de parásitos intradermales. No obstante, esta parasitosis no parece estar asociada a alguna característica de la zona de estudio, sino parece más bien una situación normal encontrada en anfibios de Chile y países aledaños ya reportada en la década de los '30 (Erwing, 1931). La tortuga de orejas rojas, si se llegara a determinar su presencia en el humedal del río Cruces, podría ser una potencial amenaza, tanto por competencia por el alimento (insectos acuáticos y camarones entre otros) como por depredación a especies de anfibios tales como *Calyptocephalella gayi*, única especie en estado de conservación Vulnerable, dentro de los anfibios prospectados.

Los reptiles fisiológicamente presentan flexibilidad térmica en distintos ambientes (Pincheira-Donoso y Nuñez, 2005). De este modo, la mantención de la viabilidad de estos animales en el humedal del río Cruces está sujeta a la disponibilidad de sitios abiertos y con condiciones térmicas fluctuantes. Esto tiende a favorecer la presencia de especies heliotérmicas generalistas como *Liolaemus pictus,* que encuentran los recursos adecuados para subsistir, aún en ambientes medianamente intervenidos. Por el contrario, el impacto de la transformación de los hábitats podría generar una reducción o aislamiento en especies que necesitan de ambientes estables en estructura y disponibilidad de recursos en el tiempo como lo es la culebra de cola corta *Tachymenis chilensis.*

Finalmente cabe destacar la importancia de este estudio en el contexto de la conservación de anfibios y reptiles de la Región de Los Ríos. En términos generales, a pesar de que en Chile el conocimiento taxonómico de este grupo de vertebrados se ha incrementado en los últimos años, aun no existe información suficiente para precisar los rangos de distribución y límites geográficos de muchas de sus poblaciones. Los datos sobre distribución geográfica de la mayoría de las especies de anfibios de Chile son incompletos, fragmentados y abundan situaciones de avistamientos fortuitos por aficionados que no siempre logran determinar taxonómicamente los especímenes; la distribución de muchas de las especies está limitada a las localidades tipo, sin que estos datos permitan conocer los límites de distribución tanto altitudinal como latitudinal. Esta situación vulnera el paradigma actual que señala que el conocimiento de la distribución y los límites geográficos de las especies, así como la determinación de éstas, es tarea fundamental para describir y conservar la biodiversidad, ya que son el punto de partida para predecir extinción de poblaciones bajo una pérdida creciente de hábitat, entender el posible impacto de cambios climáticos y para priorizar y diseñar áreas de conservación. Esta importancia se acentúa si consideramos que a nivel mundial Chile está considerado dentro de los 20 países con mayor porcentaje de endemismo en especies de anfibios, alcanzando el 70% y sobrepasando a países como India o Brasil que contienen uno de los índices más altos en diversidad de estos vertebrados. Siendo éste uno de los pocos estudios de envergadura en la región, permitió relevar importante información con respecto a la diversidad, estado de conservación y viabilidad de las poblaciones.

4.9.6. Conclusiones

- Se estimó un índice de diversidad bajo para la fauna de anfibios del área de estudio, situación primariamente relacionada a la dominancia de la especie *Batrachyla taeniata*.
- La diversidad de reptiles es baja; no obstante, está según lo esperado.
- La mayoría de los especímenes fueron observados asociados a lagunas y/o cauces tributarios y en parches boscosos con hojarasca, por lo que se evidencia la

importancia y necesidad de que existan estos microhábitats para la conservación de los anfibios.

• El área de estudio representa una comunidad anfibios heterogénea, donde la especie más abundante es *B. taeniata* seguido de *Eupsophus roseus*.

• A pesar de la alta probabilidad de encontrar anfibios y reptiles, sus hallazgos están condicionados principalmente a la época reproductiva donde son más fácilmente detectables.

• No se detectó presencia de la Tortuga de orejas rojas en el área de estudio; sin embargo, es probable que en alguna zona de la misma esté presente ya que su presencia ha sido confirmada en otros humedales de Valdivia.

4.9.7. Referencias

Acosta, G. 2014. Informe línea base de fauna para proyecto línea transmisión Ciruelos Pichirropulli. Universidad Austral de Chile. 11 pp.

Blaustein, A.R., D.B. Wake, and P. Sousa. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. Conservation Biology, 8: 60–71.

Blotto, B.L., J.J. Nuñez, N.G. Basso, C. Úbeda, W.C. Wheeler, and J. Faivovich. 2013. Phylogenetic relationships of a Patagonian frog radiation, the *Alsodes* + *Eupsophus* clade (Anura: Alsodidae), with comments on the supposed paraphyly of *Eupsophus*. Cladistics, 29: 113–13.

Bourke, J., T Ohst, Y. Gräser, W. Böhme, and J. Plötner. 2011. New records of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Chilean frogs. Diseases of Aquatic Organisms, 95: 259–261.

Colwell, R. K. 2013. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Guía del usuario disponible en: http://purl.oclc.org/estimates.

Contreras, C. 2014. Diversidad de Anfibios en un transecto longitudinal de la Cordillera de la Costa Valdiviana, Chile. Trabajo de Titulación Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile.

Corporación Nacional Forestal (2006). Santuario Rio Cruces. Informe presencia de avifauna, en lo que se ha considerado desde el año 1999. 19 pp.

Correa, C., J. Cisternas, and M. Correa. 2011. Annotated checklist of the species of amphibians of Chile (Amphibia: Anura). Boletín de Biodiversidad de Chile. 6(11): 1–21.
Cuevas, C.C. 2008. A new species of the genus *Alsodes* (Anura: Neobatrachia) from the *Nothofagus* forest, Coastal Range, southern Chile, identified by its karyotype. Zootaxa 1771: 43–53.

Duguet, K. 2013. Prevalencia y determinación taxonómica de quistes presentes en *Eupsophus roseus* y *E. vertebralis* (Amphibia: Alsodidae) provenientes de Llancahue, Región de los Ríos. Seminario de Graduación, Licenciatura en Ciencias. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile.

Erwing, H. 1931. A catalogue of the Trombuculinae or chigger mites of the new world with new genera and species and key to the genera. Proceedings U.S National Museum, 8: 1–19.

Formas, J.R. 1995. Anfibios. pp. 314-325. En: Simonetti, J. A., M. T. K. Arroyo, A. E. Spotorno y E. Lozada (Eds) Diversidad Biológica de Chile: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago, Chile.

Frost, D.R. 2014. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.5. American Museum of Natural History, New York, USA. http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/. Última consulta: 20 nov 2014.

González, N. 2013. Invasores silenciosos: presencia de tortuga de orejas rojas *Trachemys scripta elegans* en Valdivia y evaluación de trampas para su captura. Trabajo de Titulación Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile.

Heyer, R.W., M.A. Donnelly, R. Mc Diarmid, L.A. Hayek, and M. Foster. 2001. Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos estandarizados para Anfibios. (ed. original 1994, traducido de Lavilla, Esteban O.). República Argentina.

Köhler, J., D.R. Vieites, R.M. Bonett, G.F. Hita, F. Glaw, D. Steinke, and M. Vences. 2005. New Amphibians and global conservation: a boost in species discoveries in a highly endangered vertebrate group. Bioscience, 55: 693–696.

López, O., P. Acuña, J. Rogríguez, y C. Vélez. 2013. Enfermedades infecciosas emergentes y parásitos. pp. 93-112. En: Vélez C, (Ed). Manejo en Cautiverio de la Rana Grande chilena *Calyptocephalella gayi* (Duméril and Bibron, 1841). Editorial Universidad Santo Tomás. Santiago, Chile.

Lorente, S. 2012. Riqueza y abundancia de anfibios en Llancahue, sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad de la Región de los Ríos. Trabajo de Titulación Ingeniero

en Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile.

Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey.

Margalef, R. 1995. Ecología. Ed. Omega, Barcelona.

Méndez, M.A., E.R. Soto, F. Torres-Pérez y A. Veloso. 2005. Anfibios y reptiles de los bosques de la Cordillera de la Costa (X Región, Chile). pp. 441-455. En: Smith-Ramírez, C., J. J. Armesto y C. Valdovinos (Eds) Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile: Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Ediciones CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. México. 86 pp.

Nuñez, J.J. 2012. Informe Prospección de Anfibios de la Cordillera de la Costa de Valdivia. Licitación 613925-6-L111, Seremi del Medio Ambiente, Región de Los Ríos.

Nuñez, J.J., C. Contreras, y L. Alarcón. 2012. Investigación científica y alianzas estratégicas para la conservación de los anfibios de los bosques templados de Chile. Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Universidad Nacional del Comahue (UNCO).

Nuñez, J.J, O. López, P. Acuña, S. Puente, H. Celedón, and C. Vélez-Rodríguez. 2015. Histological and molecular evidences of *Mycobacterium marinum* in the helmeted frog *Calyptocephalella gayi* (Calyptocephalellidae) in Chile. En Prep.

Ortíz, J.C., and H. Heatwole. 2010. Status of conservation and decline of the amphibians of Chile. pp. 20–29. En: Heatwole, H.; Barrio-Amorós, C. L. (Eds) Amphibian Biology, Volume 9: Status of decline, Western Hemisphere. Part I: Paraguay, Chile and Argentina: Surrey Beatty & Sons Pty Ltd, Chipping Norton, Australia.

Pincheira-Donoso, D., J.A. Scolaro, and P. Sura. 2008. A monographic catalogue on the systematics and phylogeny of the South American iguanian lizard family Liolaemidae. Zootaxa, 1800: 1–85.

Rabanal, F., and J.J. Nuñez. 2009. Anfibios de los bosques templados de Chile. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.

Solís, R., G. Lobos, S.F. Walker, M. Fisher, and J. Bosch. 2010. Presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in feral populations of *Xenopus laevis* in Chile. Biological Invasions, 12(6): 1641–1646.

Soto-Azat, C., A. Valenzuela-Sánchez, B. Collen, J.M. Rowcliffe, and A. Veloso. 2013. The population decline and extinction of Darwin's frogs. PLoS ONE 8: e66957. doi:10.1371/journal.pone.0066957.

Sttebins, R.C., N.W. Cohen. 1995. A Natural History of Amphibians. Princeton University Press. New Jersey. USA, 316 pp.

Stuart, S.N., J.S. Chanson, N.A. Cox, B.E. Young, A.S. Rodrigues, D.L. Fischman, and R.W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. Science, 306: 1783–1786.

Stuart, S., M. Hoffmann, J. Chanson, N. Cox, R. Berridge, P. Ramani, and B.E. Young. 2008. Threatened Amphibians of the World. Lynx Editions, with IUCN - The World Conservation Union, Conservation International and NatureServe, Barcelona. 776 pp.

Telenti, A., F. Marchesi, M. Balz, F. Bally, E. Bottger, and T. Bodmer. 1993. Rapid identification of mycobacteria to the species level by polymerase chain reaction and restriction enzyme analysis. Journal of Clinical Microbiology, 31: 175–178.

Vidal, M.A. y M.A. Labra. 2008. Herpetología de Chile. Chile: Science Verlag.

Vidal, M.A., and H. Díaz. 2012. Biogeography of Chilean herpetofauna: biodiversity hotspot and extinction risk. Pp. 137–154 En: Global Advances in Biogeography. Croatia, Ed. Intech Press. 360 pp.

Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, and A.M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Wohlmann, A., J. Koehler, and P. Martin. 2006. Endoparasitic mite infections of anuran amphibians from Bolivian montane rain forests, with descriptions of two new *Hannemania* species (Acari: Parasitengona: Trombiculidae: Leeuwenhoekiinae). Organisms Diversity and Evolution 6: 141–15.

ANEXO 1

Listado de los especímenes encontrados con sus respectivas coordenadas, fecha y abundancia de cada especie. Bl: *Batrachyla leptopus*, Bt: *Batrachyla taeniata*, Er: *Eupsophus roseus*, Ev: *Eupsophus vertebralis*, Ea: *Eupsophus altor*, Cg: *Calyptocephalella gayi*, Pt: *Pleurodema thaul*, Lp: *Liolaemus pictus*, Lc: *Liolaemus cyanogaster*, Tc: *Tachymenis chilensis*. Las zonas corresponden a aquellas indicadas en la Figura 4.9.2.

FECHA	PUNTO GPS	ZONA	COORDENADAS		Bl	Bt	Er	Ev	Ea	Cg	Pt	Lp	Lc	Tc	total
4/29/14	126	A	-39.7847730	-73.2517310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	127	A	-39.7898160	-73.2373290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	128	A	-39.7743430	-73.2484790	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	129	A	-39.7702250	-73.2483030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	130	A	-39.7701890	-73.2483730	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	131	A	-39.7702160	-73.2477510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	132	A	-39.7665940	-73.2485270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	133	A	-39.7656140	-73.2477190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	134	A	-39.7652420	-73.2481240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	135	A	-39.7664360	-73.2490260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	136	A	-39.7732250	-73.2494690	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/29/14	137	A	-39.7764070	-73.2417930	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
4/29/14	138	A	-39.7774270	-73.2396970	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
4/29/14	139	A	-39.7832440	-73.2411370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/30/14	140	B	-39.7308370	-73.1748920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/30/14	141	B	-39.7319100	-73.1756540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/30/14	142	B	-39.7297220	-73.1776820	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/30/14	143	B	-39.7256610	-73.1076720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/30/14	144	B	-39.7281590	-73.1077750	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
4/30/14	145	B	-39.7272070	-73.1143250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
4/30/14	146	B	-39.7305680	-73.1257100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/01/14	147	C	-39.7002010	-73.1470300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**

5/1/14	148	C	-39.6995710	-73.1452490	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	**1**
5/1/14	149	C	-39.6989010	-73.1424700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/1/14	150	C	-39.7007160	-73.1472320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/1/14	151	C	-39.6999580	-73.1282940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/1/14	152	C	-39.6860570	-73.1098320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/1/14	153	C	-39.6645750	-73.0841780	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	**1**
5/1/14	154	A	-39.7819470	-73.2560090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/1/14	155	A	-39.7815480	-73.2566430	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
5/1/14	156	A	-39.7811490	-73.2556330	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
5/2/14	157	H	-39.7573900	-73.2618970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/2/14	158	H	-39.7746680	-73.2670090	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	**3**
5/2/14	159	H	-39.7522350	-73.3029870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/2/14	160	H	-39.7489360	-73.2957940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/2/14	161	H	-39.7650020	-73.3061950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/2/14	162	H	-39.7378850	-73.3531820	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	**1**
5/3/14	163	D	-39.6550000	-73.1500440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/3/14	164	D	-39.6532150	-73.1486840	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/3/14	165	D	-39.6491550	-73.1316240	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	**2**
5/3/14	166	D	-39.6489950	-73.1517920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/3/14	167	D	-39.6139700	-73.1209820	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/3/14	168	D	-39.5995050	-73.0868520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/3/14	169	D	-39.5969750	-73.0872860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/3/14	170	F	-39.5870350	-73.1136430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/3/14	171	F	-39.5814420	-73.0735200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	172	D	-39.6289310	-73.0739760	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	**1**
5/4/14	173	E	-39.5421100	-72.9685030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	174	E	-39.5379800	-72.9761330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	175	F	-39.6046080	-73.1511810	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	176	G	-39.6596240	-73.1870240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**

5/4/14	177	G	-39.6393770	-73.1861880	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	**1**
5/4/14	178	G	-39.6282720	-73.1979310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	179	G	-39.6522170	-73.2320050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	180	G	-39.6541910	-73.2328980	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	**2**
5/4/14	181	G	-39.6543290	-73.2331420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	182	G	-39.6494380	-73.2372500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	183	G	-39.6509430	-73.2399660	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
5/4/14	184	G	-39.6537460	-73.2383440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	185	G	-39.6449650	-73.2137310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	186	G	-39.6233370	-73.1880300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/4/14	187	G	-39.6226900	-73.1912630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/5/14	188	E	-39.4845310	-73.0330610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/5/14	189	E	-39.4949420	-73.0406190	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	**6**
5/5/14	190	E	-39.4933420	-73.0474720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/5/14	191	E	-39.4935690	-73.0476720	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	**6**
5/5/14	192	E	-39.4937410	-73.0482850	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	**1**
5/5/14	193	E	-39.4937260	-73.0486130	-	2	**-**	**-**	-	-	-	-	-	-	**2**
5/5/14	194	E	-39.4954850	-73.0498630	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
5/5/14	195	E	-39.4965910	-73.0519480	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
5/5/14	196	E	-39.4962720	-73.0523970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/5/14	197	E	-39.4962130	-73.0526510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/5/14	198	E	-39.4963590	-73.0464220	-	-	-	-	-	-	-	4	3	-	**7**
5/5/14	199	E	-39.4974700	-73.0475580	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/5/14	200	E	-39.4988110	-73.0476750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/5/14	201	E	-39.5109480	-73.0384500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/6/14	202	C	-39.6876760	-73.1026090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/6/14	203	C	-39.6959240	-73.0936010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/6/14	204	C	-39.7025430	-73.0726470	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
5/6/14	205	C	-39.7030000	-73.0707850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**

5/6/14	206	C	-39.7036080	-73.0717520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/6/14	207	C	-39.7026420	-73.0731880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/6/14	208	C	-39.6996660	-73.0807940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/6/14	209	E	-39.5416580	-72.9618180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/6/14	210	E	-39.5427870	-72.9559140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/6/14	211	E	-39.5423770	-72.9542160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	212	E	-39.5472750	-72.9856970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	213	E	-39.5466250	-72.9848630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	214	E	-39.5451090	-72.9845290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	215	E	-39.5452570	-72.9845320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	216	E	-39.5453590	-72.9848240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	217	E	-39.5454880	-72.9870470	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	218	E	-39.5608350	-72.9959110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	219	F	-39.5578350	-73.0361530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	220	F	-39.5736210	-73.0613110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	221	B	-39.7387740	-73.1369020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	222	B	-39.7378410	-73.1370860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	223	B	-39.7387370	-73.1481330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	224	B	-39.7383860	-73.1488000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	225	B	-39.7336210	-73.1675330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	226	B	-39.7338310	-73.1676320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	227	B	-39.7316480	-73.2054660	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	228	B	-39.7391740	-73.2250930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	229	A	-39.7634710	-73.2323080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	230	A	-39.7748660	-73.2388410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14	231	A	-39.7957970	-73.2401620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/7/14 16:40	232	A	-39.7918520	-73.2390200											
				Total Otoño	**2**	**20**	**7**				**3**	**7**	**3**		**42**

10/17/14	243	F	-39.5646570	-73.0939660	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/17/14	244	G	-39.6667930	-73.1796830	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/17/14	245	G	-39.6664400	-73.1793370	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
10/17/14	246	G	-39.6684730	-73.1791670	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	**1**
10/17/14	247	G	-39.6689210	-73.1792980	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	**1**
10/17/14	248	G	-39.6694400	-73.1796570	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	**1**
10/17/14	249	G	-39.6713710	-73.1852020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/17/14	250	G	-39.6742290	-73.1891320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/17/14	251	G	-39.6792500	-73.1947490	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/17/14	252	G	-39.6501370	-73.2377450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/17/14	253	G	-39.6519330	-73.2393030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/17/14	254	G	-39.6538930	-73.2381210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/17/14	255	G	-39.6542700	-73.2333430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/18/14	256	G	-39.6242410	-73.1884450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/18/14	257	G	-39.6241050	-73.1896170	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
10/18/14	258	G	-39.6237590	-73.1915510	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
10/18/14	259	G	-39.6232630	-73.1872190	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	**3**
10/18/14	260	G	-39.6095890	-73.1762350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/18/14	261	F	-39.6042460	-73.1497090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/18/14	262	F	-39.6052020	-73.1506720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/18/14	263	F	-39.5847920	-73.1387610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/18/14	264	F	-39.5740030	-73.1140380	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	**2**
10/18/14	265	F	-39.5552230	-73.0492920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/19/14	266	E	-39.5448470	-72.9625170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/19/14	268	F	-39.5578190	-73.0215560	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/19/14	269	F	-39.5887880	-73.1117550	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
10/19/14	270	F	-39.5861560	-73.1208560	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
10/19/14	271	F	-39.5852450	-73.1225560	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	**4**
10/19/14	272	F	-39.5850340	-73.1241190	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	**4**

10/19/14	273	F	-39.5853160	-73.1247160	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	**8**
10/19/14	274	F	-39.5856520	-73.1255230	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
10/19/14	275	F	-39.5862870	-73.1255860	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	**17**
10/19/14	276	F	-39.5869890	-73.1263760	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
10/19/14	277	F	-39.5882640	-73.1263070	1	4	-	-	-	1	-	-	-	-	**6**
10/19/14	278	F	-39.5895580	-73.1263480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/19/14	279	D	-39.6262740	-73.1599370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/19/14	280	D	-39.6094190	-73.1395170	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
10/20/14	281	H	-39.7576320	-73.2616910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/20/14	282	H	-39.7615410	-73.2605550	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	**1**
10/20/14	283	H	-39.7673940	-73.2613530	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
10/20/14	284	H	-39.7712300	-73.2643040	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	**2**
10/20/14	285	H	-39.7723240	-73.2641620	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	**1**
10/20/14	286	H	-39.7753730	-73.2675410	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	**2**
10/20/14	287	H	-39.7802160	-73.2730080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/20/14	288	H	-39.7740000	-73.2657080	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	**1**
10/20/14	289	H	-39.7500190	-73.3007090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/20/14	290	H	-39.7489370	-73.2960230	-	3	-	-	-	-	3	-	-	-	**6**
10/22/14	291	D	-39.6449860	-73.1435950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/22/14	292	D	-39.6393840	-73.1258130	-	-	2	-	-	6	-	2	-	-	**10**
10/22/14	293	D	-39.6493850	-73.1315900	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
10/22/14	294	C	-39.7006110	-73.1466530	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**5**
10/22/14	295	C	-39.6997920	-73.1453540	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
10/23/14	296	C	-39.7022090	-73.1356300	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
10/23/14	297	C	-39.7014560	-73.1339150	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
10/23/14	298	C	-39.7024250	-73.1366780	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	**1**
10/23/14	299	C	-39.7027640	-73.1350570	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	**4**
10/23/14	300	C	-39.6849470	-73.1102750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/23/14	301	C	-39.6937500	-73.0899270	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**

10/23/14	302	C	-39.6948650	-73.0906230	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
10/23/14	303	C	-39.6961410	-73.0900330	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
10/23/14	304	C	-39.6969590	-73.0900350	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	**5**
10/24/14	305	B	-39.7292020	-73.1400840	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	**3**
10/24/14	306	B	-39.7270360	-73.1421140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/24/14	307	B	-39.7335800	-73.1300130	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	**1**
10/24/14	308	B	-39.7335790	-73.1300110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/24/14	309	B	-39.7335810	-73.1300100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
10/24/14	310	B	-39.7428780	-73.0636750	-	5	-	-	-	5	-	-	-	-	**10**
10/24/14	311	B	-39.7420270	-73.0647720	-	5	1	-	-	3	-	-	-	-	**9**
10/24/14	312	B	-39.7417700	-73.0659250	-	6	-	-	-	3	-	-	-	-	**9**
10/24/14	313	B	-39.7275860	-73.0973470	-	-	-	-	-	-	-	-	4		**4**
10/24/14	314	B	-39.7423550	-73.1397240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**8**
11/3/14	315	B	-39.7423500	-73.1397140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
11/3/14	316	A	-39.7836050	-73.2589500	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
11/3/14	317	A	-39.7852460	-73.2568390	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	**5**
11/3/14	318	A	-39.7862820	-73.2557620	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	**4**
11/3/14	319	A	-39.7847180	-73.2561380	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
11/3/14	320	A	-39.7839870	-73.2572180	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
11/3/14	321	A	-39.7816140	-73.2490710	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	**12**
11/3/14	322	A	-39.7899250	-73.2374790	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	**1**
11/3/14	323	A	-39.7892510	-73.2387320	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	**2**
11/3/14	324	A	-39.7736170	-73.2481860	-	-	-	-	-	-	-	-		-	- **-**
11/3/14	325	A	-39.7674420	-73.2502590	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
11/3/14	326	A	-39.7789510	-73.2455220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
11/4/14	327	C	-39.6874700	-73.1035200	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	**2**
11/4/14	328	B	-39.7350110	-73.1481590	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	**8**
11/4/14	329	B	-39.7348670	-73.1485470	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	**6**
11/4/14	330	B	-39.7307730	-73.1749030	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	**1**

11/4/14	331	B	-39.7313180	-73.1746120	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	**2**
			Total Primavera		10	120	7	1	5	30	5	2	31	1	**212**
				Otoño	**2**	**20**	**7**	**0**	**0**	**0**	**3**	**7**	**3**		**42**
				Primavera	**10**	**120**	**7**	**1**	**5**	**30**	**5**	**2**	**31**	**1**	**212**
					12	**140**	**14**	**1**	**5**	**30**	**8**	**9**	**34**	**1**	**254**

ANEXO 2

Relaciones de asociación entre especies de anfibios

Relación de asociación entre las especies *B. leptopus* y *B. taeniata*

	B. taeniata		
B. leptopus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	2	6	8
Ausencia	38	150	188
Total	40	156	196

Frecuencia esperada de la asociación: 320/196=1,63

Relación de asociación entre las especies *B. leptopus* y *Eupsophus roseus*

	E. roseus		
B. leptopus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	1	7	8
Ausencia	9	179	188
Total	10	186	196

Frecuencia esperada de la asociación: 1504/196=7,67

Relación de asociación entre las especies *B. leptopus* y *E. vertebralis*

	E. vertebralis		
B. leptopus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	8	8
Ausencia	1	187	188
Total	1	195	196

Frecuencia esperada de la asociación: 8/196=0,04

Relación de asociación entre las especies *B. leptopus* y *E. altor*

	E. altor		
B. leptopus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	8	8
Ausencia	3	185	188
Total	3	193	196

Frecuencia esperada de la asociación: 24/196=0,12

Relación de asociación entre las especies *B. leptopus* y *C. gayi*

	C. gayi		
B. leptopus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	1	7	8
Ausencia	8	180	188
Total	9	187	196

Frecuencia esperada de la asociación: 72/196=0,37

Relación de asociación entre las especies *B. leptopus* y *P. thaul*

	P. thaul		
B. leptopus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	1	7	8
Ausencia	4	184	188
Total	5	191	196

Frecuencia esperada de la asociación: 40/196=0,20

Relación de asociación entre las especies *B. taeniata* y *E. roseus*

	E. roseus		
B. taeniata	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	1	39	40
Ausencia	9	147	156
Total	10	186	196

Frecuencia esperada de la asociación: 400/196=2,04

Relación de asociación entre las especies *B. taeniata* y *E. vertebralis*

	E. vertebralis		
B. taeniata	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	40	40
Ausencia	1	155	156
Total	1	195	196

Frecuencia esperada de la asociación: 40/196=0,20

Relación de asociación entre las especies *B. taeniata* y *E. altor*

	E. altor		
B. taeniata	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	40	40
Ausencia	4	152	156
Total	4	192	196

Frecuencia esperada de la asociación: 160/196=0,81

Relación de asociación entre las especies *B. taeniata* y *C. gayi*

	C. gayi		
B. taeniata	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	5	35	40
Ausencia	4	152	156
Total	9	187	196

Frecuencia esperada de la asociación: 360/196=1,83

Relación de asociación entre las especies *B.taeniata* y *P. thaul*

	P. thaul		
B. taeniata	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	1	39	40
Ausencia	3	151	156
Total	4	156	196

Frecuencia esperada de la asociación: 160/196=0,81

Relación de asociación entre las especies *E. roseus* y *E. vertebralis*

	E. vertebralis		
E. roseus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	10	10
Ausencia	1	185	186
Total	1	195	196

Frecuencia esperada de la asociación: 10/196=0,05

Relación de asociación entre las especies *E. roseus* y *E. altor*

	E. altor		
E. roseus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	10	10
Ausencia	3	183	186
Total	3	193	196

Frecuencia esperada de la asociación: 30/196=0,15

Relación de asociación entre las especies *E. roseus* y *C. gayi*

	C. gayi		
E. roseus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	2	8	10
Ausencia	7	179	186
Total	9	185	196

Frecuencia esperada de la asociación: 90/196=0,46

Relación de asociación entre las especies *E. roseus* y *P. thaul*

	P. thaul		
E. roseus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	10	10
Ausencia	4	182	186
Total	4	192	196

Frecuencia esperada de la asociación: 40/196=0,20

Relación de asociación entre las especies *E. vertebralis* y *E. altor*

	E. altor		
E. vertebralis	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	1	-	1
Ausencia	3	192	195
Total	4	192	196

Frecuencia esperada de la asociación: 4/196=0,02

Relación de asociación entre las especies *E. vertebralis* y *C. gayi*

	C. gayi		
E. vertebralis	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	1	1
Ausencia	9	186	195
Total	9	187	196

Frecuencia esperada de la asociación: 9/196=0,04

Relación de asociación entre las especies *E. vertebralis* y *P. thaul*

	P. thaul		
E. vertebralis	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	1	1
Ausencia	4	191	195
Total	4	192	196

Frecuencia esperada de la asociación: 4/196=0,01

Relación de asociación entre las especies *E. altor* y *C. gayi*

	C. gayi		
E. altor	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	4	4
Ausencia	9	183	192
Total	9	187	196

Frecuencia esperada de la asociación: 36/196=0,18

Relación de asociación entre las especies *E. altor* y *P. thaul*

	P. thaul		
E. altor	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	4	4
Ausencia	4	188	192
Total	4	192	196

Frecuencia esperada de la asociación: 16/196=0,081

Relación de asociación entre las especies *C. gayi* y *P. thaul*

	P. thaul		
C. gayi	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	9	9
Ausencia	4	183	187
Total	4	192	196

Frecuencia esperada de la asociación: 36/196=0,18

ANEXO 3

Relaciones de asociación entre especies de reptiles

Relación de asociación entre las especies *Liolaemus pictus* y *Liolaemus cyanogaster*

	Liolaemus cyanogaster		
Liolaemus pictus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	1	4	5
Ausencia	13	178	191
Total	14	182	196

Frecuencia esperada de la asociación: 84/196=0,35

Relación de asociación entre las especies *Liolaemus pictus* y *Tachymenis chilensis*

	Tachymenis chilensis		
Liolaemus pictus	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	5	5
Ausencia	1	190	191
Total	1	195	196

Frecuencia esperada de la asociación: 5/196=0,02

Relación de asociación entre las especies *Liolaemus cyanogaster* y *Tachymenis chilensis*

	Tachymenis chilensis		
L. cyanogaster	Presencia	Ausencia	Total
Presencia	-	14	14
Ausencia	1	181	182
Total	1	195	196

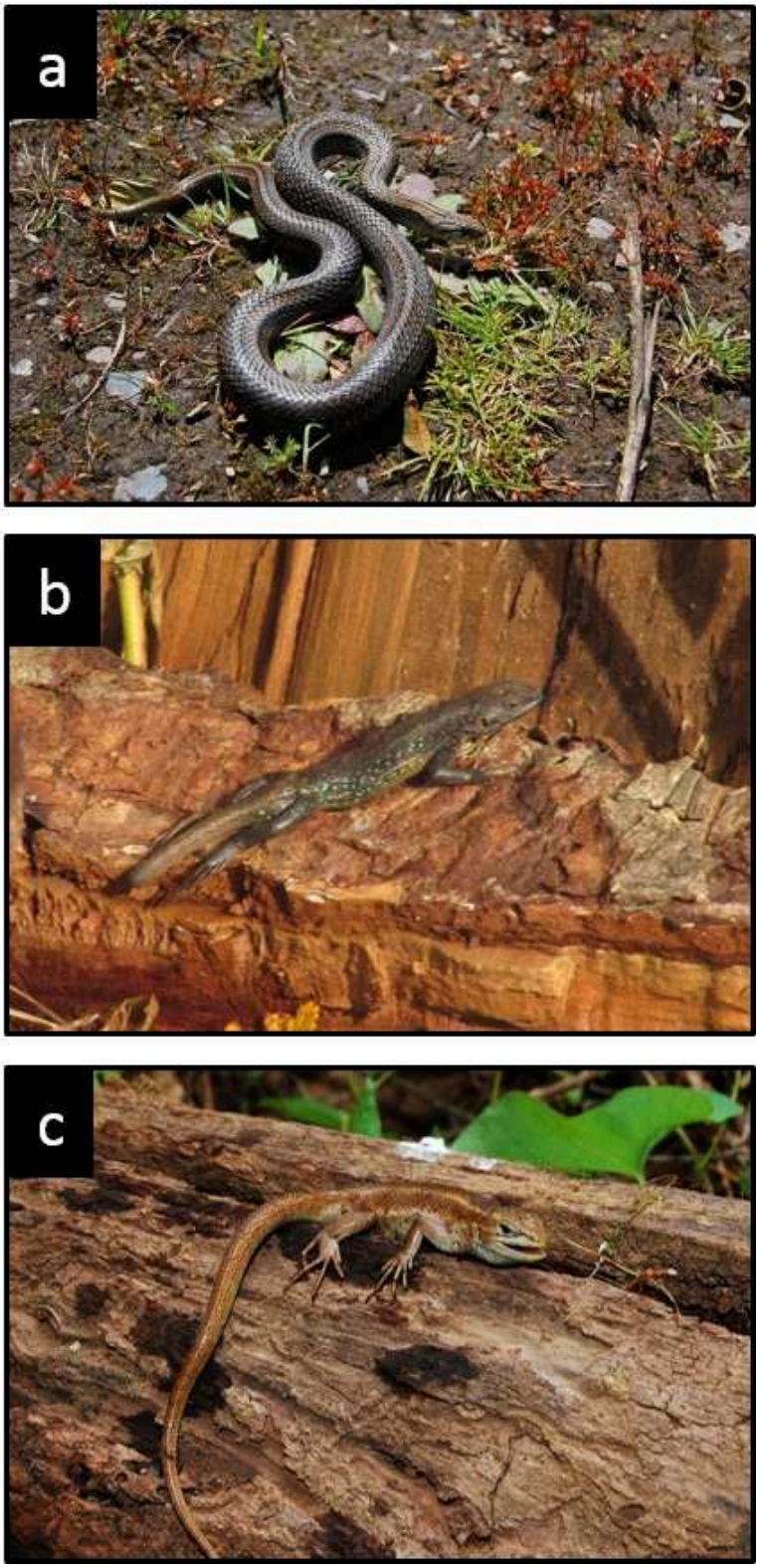
Frecuencia esperada de la asociación: 14/196=0,07

ANEXO 4

Fotografías representativas de cada especie de anfibio y reptil



a) *Eupsophus roseus*, b) *Eupsophus vertebralis*, c) *Eupsophus altor*, d) *Batrachyla taeniata*, e) *Batrachyla leptopus*, f) *Pleuroderma thaul.*



a) *Tachymenis chilensis*, b) *Liolaemus pictus*, c) *Liolaemus cyuanogaster.*

4.10. Estado de la avifauna (Estudio 10):

4.10.1. Antecedentes

Los ecosistemas de humedales son sitios de interés ecológico y de conservación debido a que proveen importantes servicios ecosistémicos, tales como provisión de hábitat y alimento para especies asociadas (Mitsch & Gosselink, 2000; Engelhardt & Ritchie, 2001). Además, el componente biótico asociado los humedales, tales como macrófitas y aves acuáticas son sensibles a cambios en la estructura y función de estos ecosistemas, lo cual evidencia la importancia de las interacciones físicas y biológicas que ocurren en las aguas de un humedal (Wilson & Keddy, 1986; Weiher *et al.,* 1996). Sin embargo, a escala local, regional y global, los humedales están amenazados por el impacto de actividades antropogénicas. Bajo estas condiciones, para elaborar estrategias de manejo y restauración en ecosistemas alterados es necesario comprender las causas de los cambios bióticos y abióticos de un humedal sobre la base de información actualizada que permita separar las respuestas biológicas que se deben a causas antropogénicas de aquellas que resultan de la variabilidad climática natural (Lagos *et al.,* 2008).

El humedal del río Cruces (HRC), es un humedal influenciado por la marea, que desde sus inicios en 1960 fue colonizado por una alta diversidad de plantas y aves acuáticas, en particular por contener la más grande población de Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) de la región neotropical (Ramírez *et al.,* 1991; Schlatter *et al.,* 1991), lo cual fue reconocido al otorgarle el status de ser el primer humedal RAMSAR de interés internacional en la región. Sin embargo, en el año 2004, este humedal experimentó repentinos cambios a escala ecosistémica que incluían la mortalidad y emigración de los Cisnes de cuello negro, la reducción en la biomasa de su principal ítem alimentario, la macrófita *Egeria densa* y cambios espaciales en la calidad de las aguas del humedal (Jaramillo *et al.,* 2007; Mulsow & Grandjean, 2006; Woelfl *et al.,* 2006; Soto-Gamboa *et al.,* 2007; Lagos *et al.,* 2008).

Dado el carácter carismático del Cisne de cuello negro, varios estudios se han focalizado en esta especie reportando al HRC como el principal sitio de nidificación de esta especie (Schlatter *et al.,* 1991, 2002), sus hábitos alimentarios (Corti & Schlatter, 2002) y las variaciones en abundancia poblacional y distribución espacial dentro del humedal pre y post los cambios registrados en el año 2004 (Lagos *et al.,* 2008; González & Fariña, 2013). Lagos *et al.,* (2008) estudiaron el ensamble de aves acuáticas del HRC separando en grupos funcionales, demostrando que los cambios en este componente biótico estuvieron restringidos a las especies herbívoras como el Cisne de cuello negro, las Taguas (*Fulica armillata*) y Taguitas (*Fulica leucoptera*), mientras que las especies piscívoras tales como Garza blanca grande (*Ardea alba*), Garza blanca chica (*Egretta thula*) y Garza cuca (*Ardea cocoi*) no fueron afectadas en sus patrones de abundancia dentro del HRC. Esta falta de respuesta de las Garzas a los cambios ambientales registrados en el humedal en el año 2004, demostraron que no toda la avifauna fue afectada por estos cambios y que las especies herbívoras afectadas por la desaparición de la macrófita *Egeria densa*, podrían recuperar sus niveles de abundancia si esta planta recuperara su biomasa dentro del humedal.

En base a los datos de censos de la avifauna del HRC realizado por CONAF desde 1991 a diciembre del año 2014, se entrega por primera vez un análisis detallado y actualizado de los patrones comunitarios y poblacionales de ensamble de aves acuáticas del HRC. A nivel comunitario se detallan los patrones de variabilidad espacial y temporal en la riqueza, diversidad, uniformidad y dominancia de la avifauna presente en el humedal. A nivel poblacional, se describe la variabilidad espacio-temporal y las tendencias inter e intra-anuales en abundancia poblacionales de tres especies herbívoras y piscívoras. Los resultados se discuten en relación a la potencial relación con la variabilidad ambiental y antropogénica en el área y el potencial de recuperación de la abundancia poblacional de las aves herbívoras y en particular, del Cisne de cuello negro.

4.10.2. Objetivos

• Analizar las variaciones espaciales y temporales de los tamaños poblacionales de la avifauna más representativa del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

• Estudiar las eventuales diferencias de los cambios ambientales que ocurrieron durante el año 2004 sobre aves con diferentes dietas tróficas (herbívoras *versus* carnívoras).

• Evaluar la recuperación de la avifauna, en términos de riqueza y abundancia de especies.

• Analizar la eventual bio-acumulación de metales pesados y compuestos orgánicos persistentes en aves herbívoras (Cisne de cuello negro) y carnívoras (Garza blanca grande).

4.10.3. Material y métodos

4.10.3.1. Compilación, revisión y elaboración de una base de datos para el estudio de la variabilidad espacial y temporal de la avifauna del humedal del río Cruces

Durante esta etapa de diagnóstico para la elaboración de una base de datos espacial y temporal que incluya la abundancia de toda la avifauna presente en el río Cruces se recopiló toda información disponible desde el año 1991 hasta diciembre del 2014. Esta base de datos ha sido ordenada, para que permita un continuo almacenamiento y análisis de los datos colectados.

Durante este proceso de revisión de la información disponible fueron removidos de la base de datos todas aquellas especies que estaban repetidas usando diferentes nombres comunes (*e.g.,* Treile y Queltehue), otras que no corresponden como el Coipo y aquellas especies que para fines de análisis estadísticos tienen una baja representatividad en la zona, por ejemplo, todas aquellas especies cuya abundancia total a través del tiempo es menor al número total de años a analizar (24 años) (véase Tabla 4.10.1). Así, la base de

datos resultante contiene un total de 42 especies que caracterizan a la avifauna presente en el humedal (Tabla 4.10.2). Finalmente, en el caso del censo del Cisne de cuello negro, los datos compilados indicaban una abundancia igual a cero en el mes de mayo de 1992. Sin embargo, en los meses de abril y junio las abundancias superaban los 2500 individuos. Ante esta alta variabilidad en abundancia en tan corto periodo de tiempo se ha optado por excluir el muestreo de mayo de 1992 de los análisis realizados en este informe.

Tabla 4.10.1. Especies que por diferentes razones (no especificadas en el registro histórico), han sido incluidas en la base de datos de CONAF pero que por los motivos detallados han sido removidas de la Tabla de datos general y por lo tanto no incluidas en análisis posteriores.

Nombre común	Motivo
Bandurria blanca	Se repite
Taguita pollolla	Se repite
Zarapito de mar	Se repite
Treile	Se repite
Piquerito blanco	Se repite
Coipo	No es parte de la avifauna
Aguilucho	Abundancia total < a 24 ind. en el periodo 1991 a 2014 (24 años)
Alcatraz	"
Cernícalo	"
Churrete	"
Codorniz	"
Gaviota Franklin	"
Nuco	"
Pato Cuchara	"
Pato Rana	"
Pato Rinconero	"
Perrito	"
Peuco	"
Pitio de Mar	"
Pitotoy	"
Siriri Pampa	"
Trabajador Común	"
Tórtola	"

Tabla 4.10.2. Número de orden en la base de datos Excel disponible, nombre común y científico de las Especies usadas en análisis estadísticos posteriores. *=Especies herbívoras; **=Especies piscívoras usada en análisis poblacional.

N° en Tabla	Nombre Común	Nombre Específico
Especie 1	Aguila pescadora	*Pandion haliaetus*
Especie 2	Bandurria	*Theristicus melanopis*
Especie 3	Becacina	*Gallinago paraguaiae*
Especie 4	Cisne coscorba	*Coscoroba coscoroba*
Especie 5	Cisne de cuello negro*	*Cygnus melancoryphus*
Especie 6	Cormorán o Yeco	*Phalacrocorax carbo*
Especie 7	Cuervo (del pantano)	*Plegadis chihi*
Especie 8	Gaviota cahüil	*Chroicocephalus maculipennis*
Especie 9	Gaviota dominicana	*Larus dominicanus*
Especie 10	Gaviotín piquerito	*Sterna trudeaui*
Especie 11	Garza boyera	*Bubulcus ibis*
Especie 12	Garza blanca chica**	*Egretta thula*
Especie 13	Garza blanca grande**	*Ardea alba*
Especie 14	Garza cuca**	*Ardea cocoi*
Especie 15	Golondrina Bermeja	*Hirundo rustica erythrogaster*
Especie 16	Huala	*Podiceps major*
Especie 17	Huairavillo	*Ixobrichus involucris*
Especie 18	Huairavo	*Nycticorax nycticorax*
Especie 19	Jote cabeza negra	*Coragyps atratus*
Especie 20	Martín pescador	*Alcedo atthis*
Especie 21	Pato anteojillo	*Speculanas specularis*
Especie 22	Pato colorado	*Anas cyanoptera*
Especie 23	Pato jergón chico	*Anas flavirostris flavirostris*
Especie 24	Pato jergón (grande)	*Anas georgica*
Especie 25	Pato negro	*Netta peposaca*
Especie 26	Pato real	*Anas sibilatrix*
Especie 27	Pelícano	*Pelecanus thagus*
Especie 28	Picurio	*Podilymbus podiceps*
Especie 29	Pidén	*Pardirallus sanguinolentus*
Especie 30	Pimpollo	*Rollandia rolland*
Especie 31	Queltehue	*Vanellus chilensis*
Especie 32	Run Run	*Hymenops perspicillatus*
Especie 33	Siete colores	*Tachuris rubrigastra*
Especie 34	Tagua común*	*Fulica armillata*
Especie 35	Tagua de frente roja	*Fulica rufifrons*
Especie 36	Taguita común*	*Fulica leucoptera*
Especie 37	Tiuque	*Milvago chimango*
Especie 38	Traro	*Caracara plancus*

Especie 39	Trile	*Agelasticus thilius*
Especie 40	Torcaza	*Patagioenas araucana*
Especie 41	Zarapito (común)	*Numenius phaeopus*
Especie 42	Zarapito de pico recto	*Limosa haemastica*

La base de datos elaborada incluyó también la revisión de los sitios de muestreo y su correspondencia con los sectores predefinidos para la zonificación del HRC en este estudio diagnóstico. Esta división artificial del área se muestra en la Figura 4.10.1. En tal división se sectorizan 8 sectores; cinco se ubican a lo largo del eje central del humedal, incluyendo parte de algunos ríos tributarios (sectores 1, 2, 4, 6 y 8) a la vez que los otros tres sectores incluyen primariamente a ríos tributarios del humedal (sector 3 o río Cayumapu, 5 o río Pichoy y 7 o ríos Nanihue y Cudico) (Tabla 4.10.3)

Tabla 4.10.3. Sectores predefinidos del humedal del río Cruces y su correspondencia con los sitios de observación usados en los censos realizados por la CONAF.

Sector del humedal	Sitio de observación de los censos CONAF
1	El Molino
	Isla Teja
2	La Dehesa
	Punucapa
	San Pedro
	San Ramón
3	Cayumapu
4	Puerto Claro
5	Chihuao
	Río Pichoy
6	Santa María
	San Martín
7	Paila Pifil
	San Antonio
8	Bellavista
	Cuyinhue
	Fuerte San Luis
	Locuche

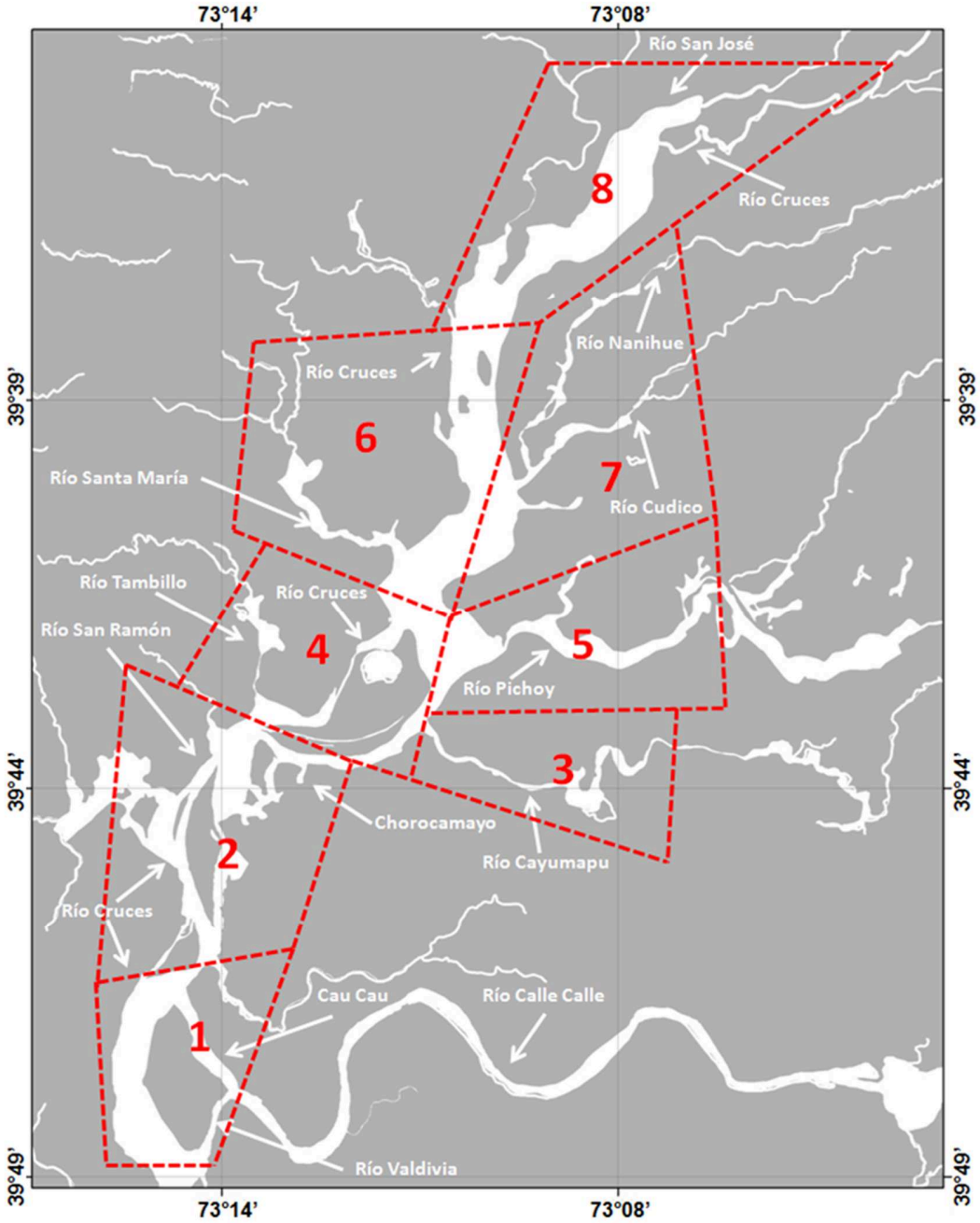


Figura 4.10.1. Ubicación de los 8 sectores delimitados en el humedal del río Cruces muestreados e incluidos en los informes de censos de la CONAF.

Estos sectores predefinidos en este diagnóstico se corresponden con los sitios que históricamente han sido sitios de observación de los censo de avifauna realizado por CONAF (Tabla 4.10.3)

4.10.3.2. Análisis espacial y temporal de los patrones comunitarios de la avifauna del humedal del río Cruces

Basándose en los datos de abundancia, para cada uno de los 24 años de estudio y ocho sectores del humedal se estimaron la variabilidad temporal y espacial de la riqueza (S) de especies de la avifauna del HRC. La diversidad de las comunidades ecológicas tiene componentes adicionales, que dependen tanto de la diversidad local y regional como de la distribución de la abundancia de especies entre unidades de muestreo y el número de unidades de muestreo (Magurran, 1988). Para abordar este aspecto de la complejidad de los ensambles de especies, se estimó una familia de índices de diversidad, entre estos el índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H), de Uniformidad de Pielou [E = H/Ln(S)] que toma valores entre 0 y 1 (1=uniformidad total); y el índice de Dominancia de Simpson ($D = 1/\Sigma pi^2$) que mide la probabilidad de que dos individuos tomados aleatoriamente de una muestra pertenezcan a diferentes ítems taxonómicos (McCune & Mefford, 1999).

La dinámica temporal de estos índices de estructura comunitaria fueron analizados en términos de la estimación de tendencias interanuales y se utilizó ajustes LOWESS (*f*-factor = 0,5). Mientras que se usó ANDEVA para comparar la variabilidad a escala anual de estos índices de diversidad entre 2 periodos de tiempo: antes y después del año 2004 cuando ocurren los cambios ambientales en el HRC (*i.e.*, 1991-2004 vs 2005-2014). Para la comparación entre ambos periodos de tiempo (antes y después del 2004) y a través de los 8 sectores donde históricamente se realizan los censo de la CONAF se usó ANDEVA Factorial, pero en este caso el periodo de tiempo incluyó los años 1991-1998 y 2011 al 2014, ya que durante el periodo 1999 al 2010, no hubo registro sectorizado de la abundancia de la avifauna del HRC.

4.10.3.3. Análisis espacial y temporal de poblaciones de aves herbívoras y piscívoras

En este informe se presentan resultados acerca de las dinámicas temporales y espaciales de las especies modelos de la avifauna del HRC. En particular, se analizan tres especies herbívoras: el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), la Tagua (*Fulica armillata* Vieillot) y la Taguita (*Fulica leucoptera* Vieillot) y tres especies piscívoras: la Garza blanca grande (*Ardea alba* Gmelin), Garza blanca chica (*Egretta thula* Molina) y Garza cuca (Ardea coccoi). Estas especies han sido previamente seleccionadas en estudios previos (Lagos *et al.,* 2008).

Los datos de abundancia poblacional son el resultado de la influencia relativa de procesos interactivos (*e.g.,* demografía, tasa de reproducción, variabilidad ambiental). Una forma de disminuir la dimensionalidad de los datos de abundancia es aplicar la transformación logarítmica. Sobre los datos logaritmizados se realizó un análisis fenomenológico de la distribución de la abundancia de la avifauna a través del tiempo, mediante análisis de series de tiempo para dar cuenta de la estructura de auto correlación temporal. Los datos diferenciados o tasas de cambio en abundancia N entre periodos t (años) consecutivos ($N_t - N_{t-1}$), tienen la propiedad de remover la correlación introducida por las tendencias poblacionales, dejando a la serie de tiempo en su forma estacionaria por lo que representan una variable adecuada para evaluar los incrementos/decrementos en la abundancia poblacional (Chatfield 1984). Así mismo, las tasas de cambios en abundancia son útiles para realizar una primera aproximación a la estructura de denso-dependencia presente en estas poblaciones. Así, sobre los datos de tendencias y diferencias en las abundancias poblacionales se estimaron las funciones de auto-correlación temporal (ACF) y de auto-correlación parcial (PACF) los cuales son útiles para identificar la existencia de patrones temporales en las series de tiempo poblacionales, evaluar en forma explícita la escala temporal de dependencia existente en los componentes de las dinámicas poblacionales (tendencias comunes y variaciones interanuales) de las especies de aves seleccionadas y tener una aproximación que permita

conocer el orden de la dinámica poblacional estudiada para análisis posteriores usando, por ejemplo, modelos autoregresivos (ARIMA) (Turchin, 1998). El análisis de ACF y PACF fue realizado sobre los datos crudos (promedios de abundancia anual) y sobre la serie de tiempo diferenciada de primer orden a escala anual (serie de tiempo estacionaria). Este análisis fue realizado sobre las series de tiempo de las seis especies modelos seleccionadas. Este análisis fue realizado usando el módulo de series de tiempo de MINITAB (MINITAB Inc, 1998).

Para visualizar las tendencias de la abundancia poblacional se ajustaron tendencias a escala interanual (1991 a 2014) e intra-anual usando los datos de abundancia mensual disponibles para cada año. Se usó la técnica de suavizado LOWESS (Locally WEighted Scatterplot Smoothing (Lagos *et al.,* 2008) para ajustar la variabilidad en los patrones de abundancia. Este proceso se repitió para varios valores del factor-*f* (o tensión) para identificar la magnitud de suavizado requerida para producir residuos normales e independencia temporal. En el caso de la variabilidad inter-anual el factor–*f* usado fue de 0,2, lo cual indica que se usó el 20% de los datos para predecir la tendencia LOWESS en un determinado mes focal, mientras que en el caso de la variabilidad intra-anual el factor-*f* fue de 0,7.

Una vez realizado este análisis fenomenológico, se realizó un análisis comparativo de las abundancias poblacionales de la avifauna usando ANDEVA de dos vías y test a posteriori de Tukey (Zar, 1984). Para todo el periodo de estudio se evaluaron diferencias: a) entre periodos de tiempo comparando la abundancia poblacional promedio registrada en los años 1991 a 2004 con la abundancia registrada en el periodo 2005 a 2014; b) entre años desde 1998 al 2014 (periodo con datos continuos); c) comparación en abundancia de cisnes a través del tiempo y a través de los sectores del humedal.

Se usó la prueba pareada de Tukey para identificar la dirección de las diferencias entre años identificadas en el ANDEVA (Zar, 1984). Antes de este análisis comparativo, se

transformaron los datos a log+1. Se evaluó homocedasticidad usando la prueba de Fmax y la normalidad de residuos se evaluó visualmente en el gráfico Q-Q y por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. En general, no se observaron fuertes variaciones en homocedasticidad ni normalidad la cual fue evaluada sobre los residuos del modelo de ANDEVA. Todos estos análisis se realizaron con el programa MINITAB v14 (Minitab Inc., Pennsylvania, USA). El análisis de ajuste de tendencia LOWESS a escalas inter e intra anual y el análisis comparativo usando ANDEVA y prueba *a posteriori* de Tukey fue aplicado sobre los datos de abundancia de las aves herbívoras Tagua y Taguita y las piscívoras Garza blanca grande y Garza blanca chica y Garza cuca.

4.10.3.4. Relación entre patrones poblacionales de las aves y variabilidad ambiental

Dado que la extensión del HRC y sus ríos tributarios es menor a la escala de dispersión de la mayoría de las aves seleccionadas como modelos de estudio (cisnes, garzas, patos), cualquier patrón de variación espacial que se observe sobre los datos de abundancia, debe ser el resultado de la variabilidad ambiental que existe dentro del humedal (*cf.,* Lagos *et al.,* 2008). Así, la división del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, es una adecuada aproximación para evaluar la influencia de las diferentes propiedades ambientales que caracteriza a cada zona, sobre los eventuales patrones de variabilidad espacial en la abundancia poblacional de la avifauna. Sin embargo, hasta la fecha no existe una base de datos ambiental a escala de sectores que pueda ser asociada a la base de datos de la avifauna. Por lo que este enfoque sólo puede hacerse en términos discursivos. En la discusión se aborda este problema revisando el rol de los principales forzantes climáticos y antropogénicos que pueden explicar los patrones de variación espacial y temporal de la dinámica del ensamble de aves estudiado.

4.10.3.5. Actualización de los patrones de distribución y abundancia del Cisne de cuello negro, otras especies herbívoras y carnívoras del humedal del río Cruces.

Para complementar la información de censos de avifauna desarrollado por la CONAF dentro del HRC, durante enero del año 2015 se recorrieron todas las riberas del

humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, además de aquellas de los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla, con el objetivo de estudiar la presencia y abundancia de las aves acuáticas más abundantes del área de estudio. En cada uno de estos sectores se revisaron transectos paralelos a la línea del cauce principal y al eje central de los tributarios. Cada transecto fue dividido en estaciones de observación de 500 m de largo, en las cuales se registró la abundancia de Cisne de cuello negro, Tagua, Garza cuca, Garza blanca grande, Garza blanca chica. Para delimitar los extremos de esos transectos se usó un GPS Garmin. Los puntos iniciales y finales de cada transecto fueron georeferenciados en coordenadas UTM (huso WGS-84) con un GPS (Global Position System) GARMIN 60CSx. Las estaciones de muestreo y datos resultantes fueron proyectadas en coordenadas UTM para evidenciar el resultado del esfuerzo de muestreo y los patrones de distribución espacial de la abundancia de las especies seleccionadas. Con el fin de tener un despliegue espacial que permita una mejor visualización de los resultados, el área de estudio se dividió en dos secciones: superior (*ca.* sectores 2 a 8 de la Fig. 4.10.1) e inferior (*ca.* sectores 1 y 2 de la Fig. 4.10.1 y sectores fuera del HRC del río Angachilla). Este tipo de análisis constituye una línea base a ser utilizada en el Programa de Monitoreo del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

4.10.3.6. Concentraciones de elementos y compuestos químicos

Para el análisis de elementos y compuestos químicos, se tomaron muestras de hígado y músculo de siete especímenes de Cisne de cuello negro (*Cygnus melanocoryphus*), los que fueron encontrados muertos durante septiembre y octubre del año 2014; la causa de muerte de esos cisnes fue fractura de cuello y esternón, debido probablemente al choque de esas aves con redes de tendido eléctrico. Durante febrero del 2015 se cazaron cuatro especímenes de Garza blanca grande (*Ardea alba*) en diferentes puntos del humedal. La caza de estos especímenes contó con la autorización respectiva del SAG (para pesca de investigación emitida por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Resolución Exenta nº 7059 y 7098 de fechas 22 de septiembre y 23 de

octubre 2014; ANEXO I). La fecha de recolección de cisnes muertos y caza de garzas se muestra en la Tabla 4.10.4.

Tabla 4.10.4. Fechas de obtención de especímenes de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y Garza blanca grande (*Ardea alba*) para estudios de concentraciones de elementos y compuestos químicos en tejidos. Los sectores se han ordenado de norte a sur; la localización de los mismos corresponde aproximadamente a algunas estaciones de agua y sedimentos (Fig. 4.1.1) cuyos números se indican en esta Tabla.

sectores de recolección (cisnes) y caza (garzas)	ejemplar nº:	fechas de recolección y / o caza
Cygnus melancoryphus		
Eje central del río Cruces (sector estuarial)		
4 (sector Santa Clara)	7	30 - oct - 14
sector Santa María	2	8 - sep - 14
6 (sector Punucapa)	1	7 - sep - 14
	3	9 - sep - 14
	4	17 - sep- 14
	5	24 - sep - 14
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial)		
8 (sector río Pichoy)	6	8 - oct - 14
Ardea alba		
Eje central del río Cruces (sector estuarial)		
4 (sector Santa Clara)	1	19 - feb - 15
5 (sector Tres Bocas)	2	21 - feb - 15
6 (sector Punucapa)	3	22 - feb - 15
	4	22 - feb - 15

Los especímenes recolectados y/o cazados fueron sometidos a necropsia para obtener los tejidos a analizar. Esos tejidos fueron lavados con abundante agua desionizada, sonicados para eliminar los restos de sedimento que pudieran haber quedado adheridos y luego secados por liofilización para finalmente ser pulverizados. Las muestras así preparadas para análisis de metales pesados (*i.e.,* Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) se atacaron mediante una

digestión ácida en microondas y posteriormente se analizaron por Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama. Debido a su baja concentración en esta matriz, el Plomo se analizó por ICP-MS y/o Espectroscopía de Absorción Atómica con horno de grafito.

Las muestras para análisis de AOX y EOX se analizaron mediante titulación microcoulombimétrica (Norma Europea EN ISO 9562 y EN 1485, respectivamente), luego de la adsorción de los compuestos halogenados en carbón activado y extracción con un solvente, respectivamente.

Las muestras para análisis de Dioxinas y Furanos fueron analizadas en el laboratorio Marschwood Scientific Service en Inglaterra, mediante Cromatografía Gaseosa de Alta Resolución-Espectrometría de Masa de Alta Resolución (HRGC-HRMS), de acuerdo al método EPA 1613.

4.10.4. Resultados

4.10.4.1. Análisis espacial y temporal de los patrones comunitarios de la avifauna del humedal del río Cruces

La riqueza del ensamble de especies de aves que habitan el HRC registrada a escala mensual fluctuó entre 15 y 30 especies, con valores mínimos registrados en el año 2005 (Fig. 4.10.2). En general, la tendencia interanual, muestra que desde el año 1991 al 2014 existe una disminución paulatina en el número de aves. Sin embargo, este patrón de disminución es contrario a la compleja dinámica temporal registrada para el resto de índices de diversidad comunitaria. A partir del año 2005 se presenta un aumento en la diversidad de Shannon, en la Uniformidad y Dominancia, todas con un máximo registrado hacia el año 2009, para luego comenzar a descender hasta el presente. En general, aunque existe una variación entre meses de muestreos, los valores son relativamente agrupados y bien representados por el ajuste LOWESS (Fig. 4.10.2).

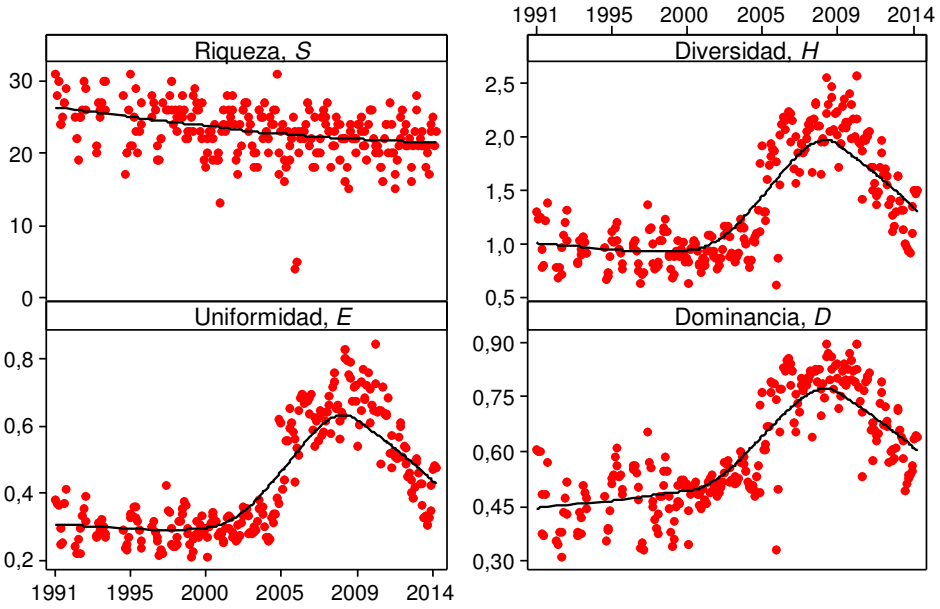


Figura 4.10.2. Variabilidad mensual de los índices de diversidad comunitaria de la avifauna del humedal del río Cruces entre el periodo enero 1991 a diciembre del 2014. S = Riqueza de especies; H = Diversidad de Shannon; E = Uniformidad de Pielou; D = Dominancia de Simpson. La línea segmentada representa la tendencia interanual estimada mediante ajuste LOWESS a intervalos mensuales.

A escala anual se registraron similares resultados en los índices de estructura comunitaria, caracterizado por una disminución en la riqueza de especies desde el año 1991 al presente y por un abrupto aumento en la variabilidad temporal de los índices de Diversidad de Shannon, Uniformidad y Dominancia registrado a partir del año 2005, alcanzado un máximo durante el año 2009 y presentando una tendencia a la baja hacia fines del 2014 (Fig. 4.10.3).

Estas diferencias temporales registradas sobre los datos mensuales y anuales se caracterizan por diferencias significativas en la magnitud de variación registrada en todos los índices comunitarios entre los periodos 1991 al 2004 al compararlo con la variación registrada durante el periodo 2005 al 2014 (Tabla 4.10.5).

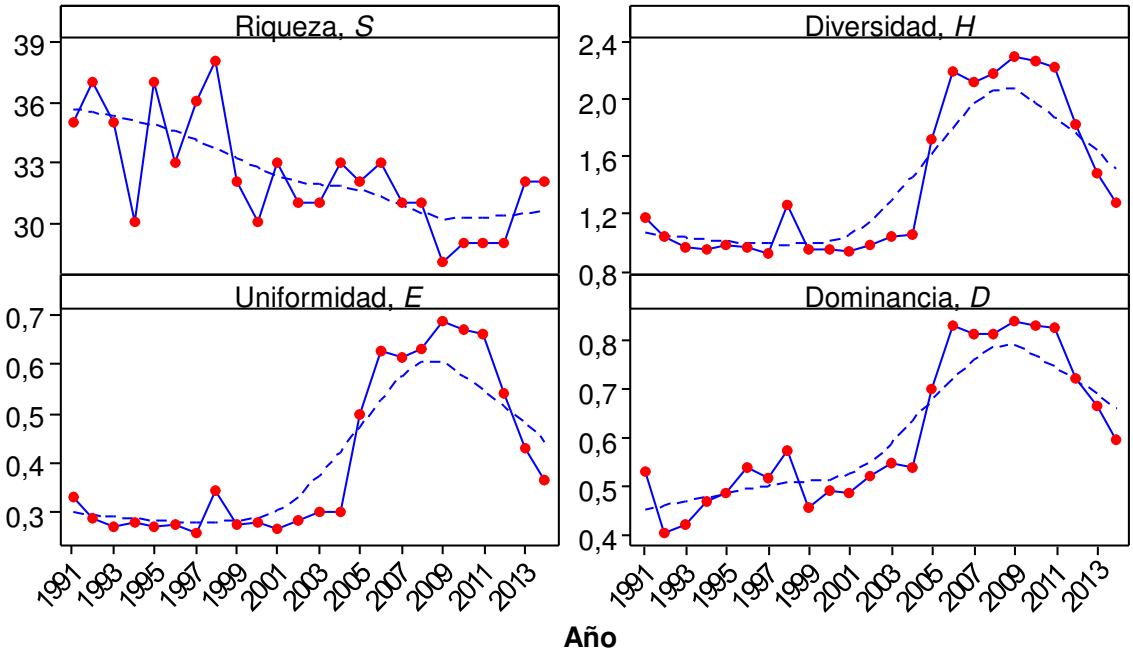


Figura 4.10.3. Variabilidad anual de los índices de diversidad comunitaria de la avifauna del humedal del río Cruces entre los años 1991 a 2014. S = Riqueza de especies; H = Diversidad de Shannon; E = Uniformidad de Pielou; D = Dominancia de Simpson. La línea segmentada representa la tendencia interanual estimada mediante ajuste LOWESS a intervalos anuales.

Tabla 4.10.5. Resumen de ANDEVA para comparar la variabilidad de los índices de diversidad comunitaria de la avifauna del humedal del río Cruces entre los periodos 1991 a 2004 respecto a 2005 al 2014.

Índice de Diversidad	Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Riqueza, *S*	Periodo	1	54,011	54,011	9,77	**0,005**	1991-2004 **>** 2005-2014
	Error	22	121,614	5,528			
	Total	23	175,625				
Diversidad*, H*	Periodo	1	5,2124	5,2124	88,72	**<0,001**	1991-2004 **<** 2005-2014
	Error	22	1,2925	0,0587			
	Total	23	6,5049				
Uniformidad, *E*	Periodo	1	0,47503	0,47503	89,22	**<0,001**	1991-2004 **<** 2005-2014
	Error	22	0,11713	0,00532			
	Total	23	0,59216				
Dominancia, *D*	Periodo	1	0,41018	0,41018	91,3	**<0,001**	1991-2004 **<** 2005-2014
	Error	22	0,09884	0,00449			
	Total	23	0,50902				

Este patrón temporal en variabilidad de la estructura comunitaria también tiene una expresión espacial. Es decir, la riqueza de especies del ensamble de aves que habita el HRC no se distribuye homogéneamente a través de los sectores predefinidos (Fig. 4.10.4). Por ejemplo, la riqueza de especies además de estar caracterizada por una significativa disminución en el periodo comprendido entre 2011 al 2014 respecto al periodo 1991-1998, varió significativamente entre sectores del humedal, alcanzando una mayor riqueza de especies en el eje central del humedal, mientras que en los sectores de tributarios el número de especies de aves disminuye significativamente (Fig. 4.10.4, Tabla 4.10.6). Como se describió anteriormente, a partir del año 2004 ocurre un aumento en los valores de los índices de diversidad, uniformidad y dominancia y estos aumentos también fueron caracterizados por variabilidad significativa a través de los sectores del humedal donde, en general, los sectores del eje central HRC presentan los mayores valores de diversidad, uniformidad y, dominancia (Fig. 4.10.5, 4.10.6 y 4.10.7, respectivamente). En particular, los sectores 4 (Puerto Claro y Chihua), 6 (Santa María y San Martín) y 8 (Bellavista,

Cuyinhue, Fuerte San Luis y Locuche), presentaron los más altos valores de estos índices a través del espacio y periodos de tiempo analizados (Tabla 4.10.6).

Los patrones de variabilidad temporal en la abundancia del ensamble de la avifauna del HRC presentaron diferencias entre las especies. Esto se evidenció tomando como referencia el promedio de abundancia antes y después del año 2004 (Fig. 4.10.8). En general, las principales diferencias se reflejan en los cambios en abundancia experimentados por especies herbívoras tales como el Cisne de cuello negro, la Tagua y la Taguita, ya que aunque siendo las dos primeras las especies más abundantes del humedal, éstas presentaron una disminución significativa en la abundancia registrada desde el año 2005 en adelante. En el caso particular de la Taguita, esta especie casi desapareció del área de estudio. Por otra parte, en las especies piscívoras tales como las Garzas, éstas presentaron un patrón inverso, caracterizado por un aumento significativo en la abundancia de estas especies (Fig. 4.10.8). Este resultado indica la necesidad de evaluar la dinámica temporal del ensamble de especies por grupos funcionales (herbívoros y piscívoros) ya que mientras los primeros fueron notablemente afectadas después de los cambios ambientales sufridos por el humedal en el año 2004, las segundas pareciera que se vieron beneficiadas en abundancia.

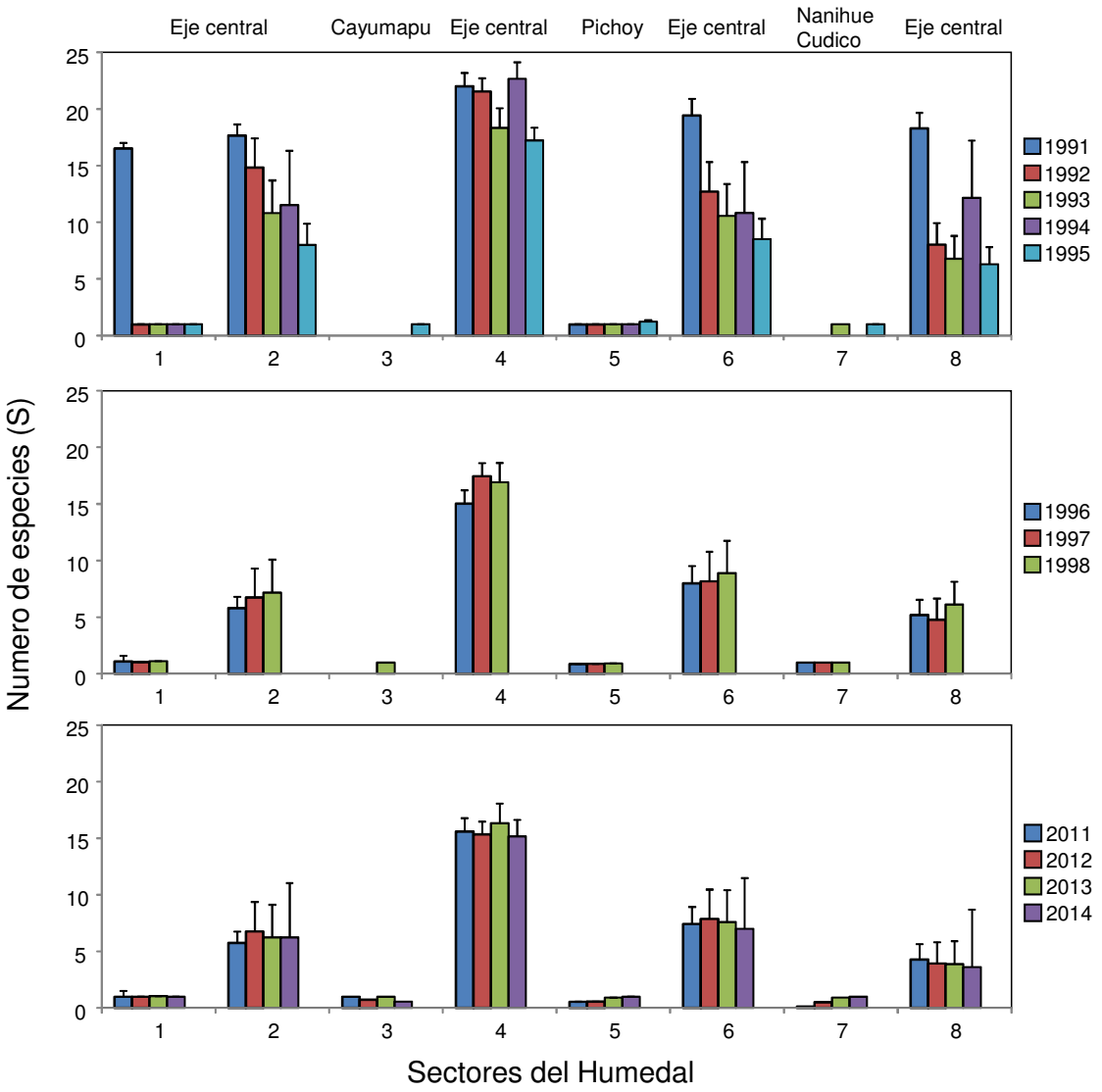


Figura 4.10.4 Variabilidad espacial y temporal de la riqueza de especies presente en el ensamble de aves del humedal del río Cruces y registradas en los periodos 1991 a 1998 y 2011 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

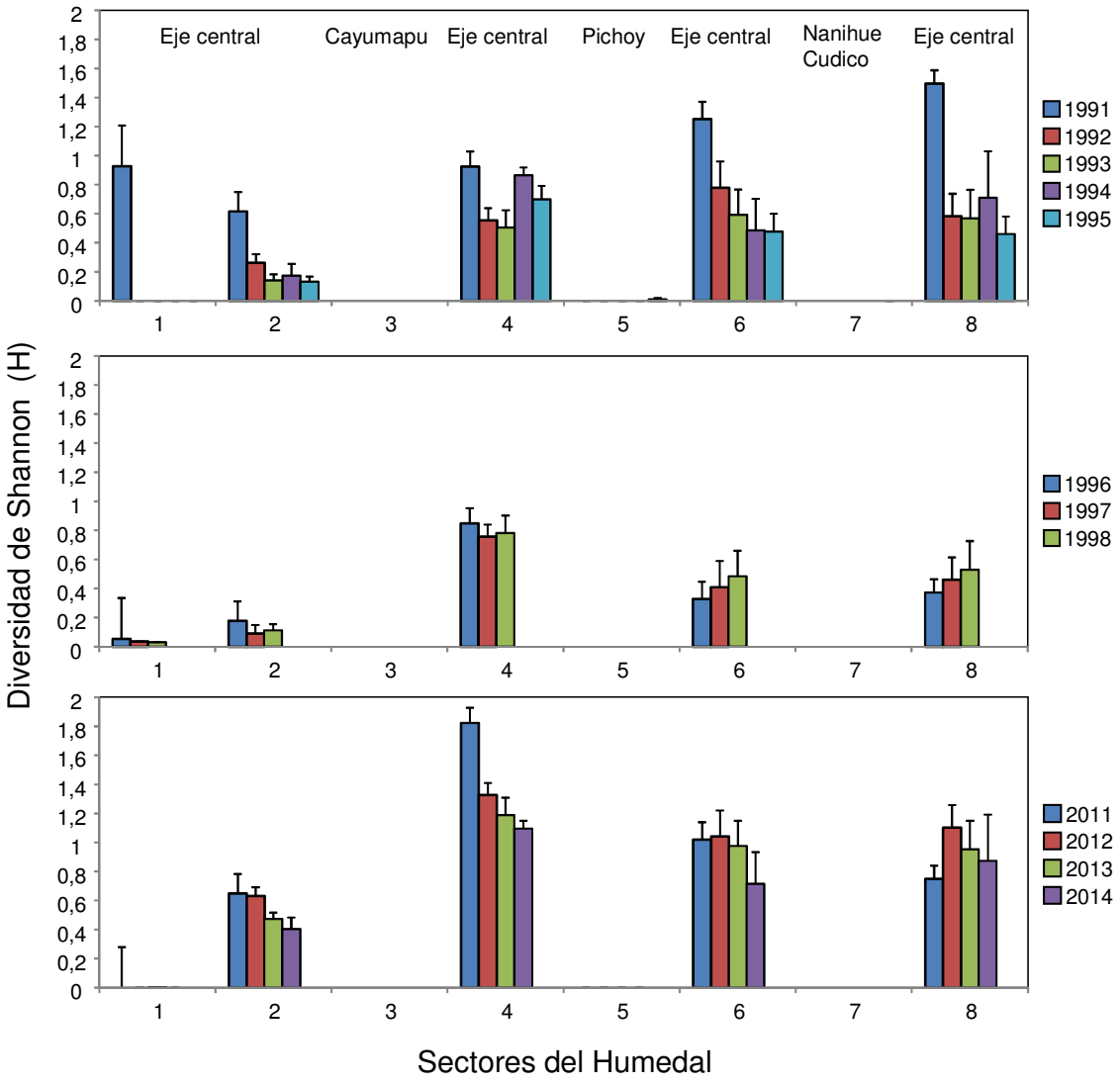


Figura 4.10.5. Variabilidad espacial y temporal del índice de Diversidad de Shannon (H) para el ensamble de aves del humedal del río Cruces y registradas en los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

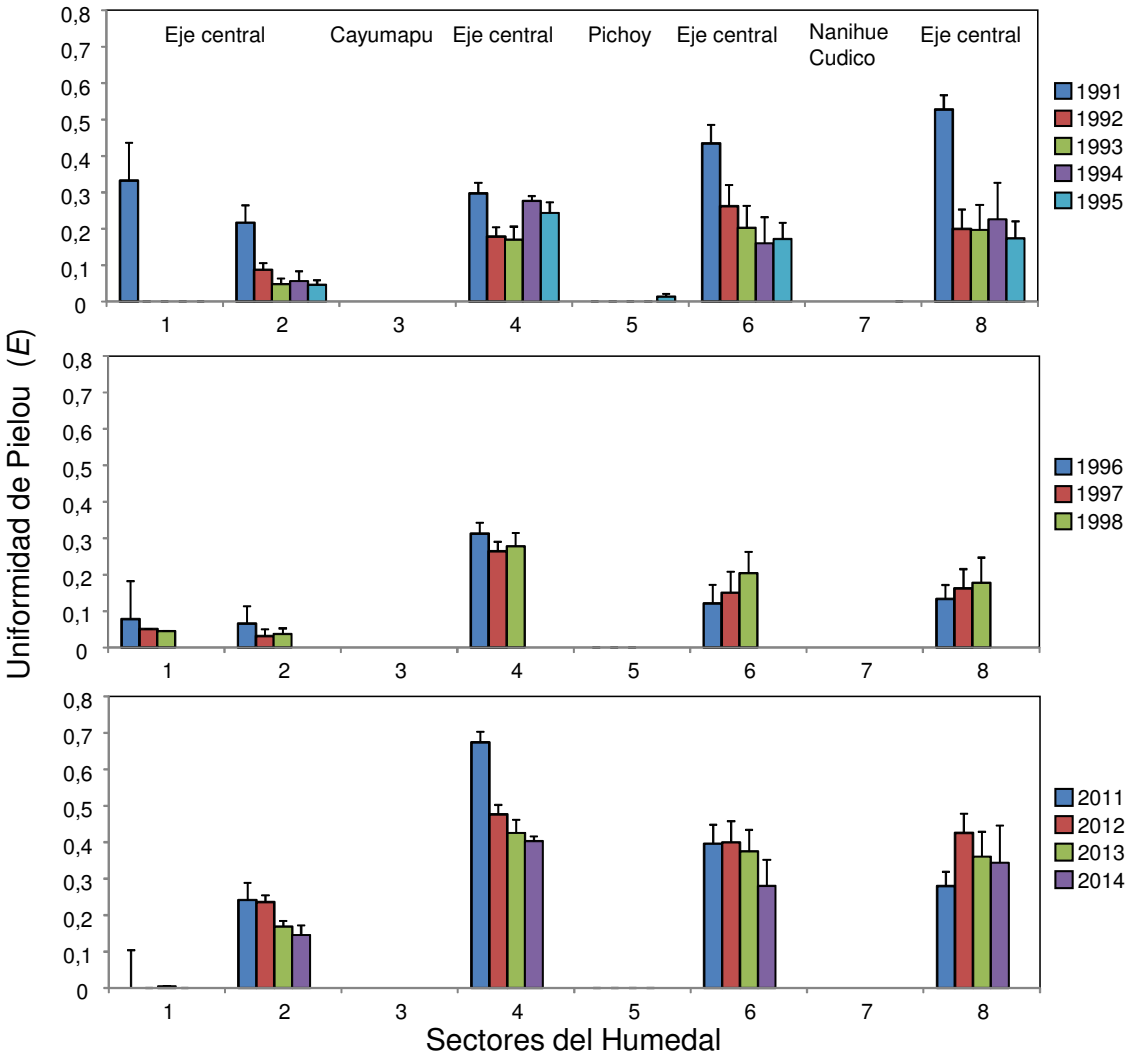


Figura 4.10.6. Variabilidad espacial y temporal en el índice de Uniformidad de Pielou para el ensamble de aves del humedal del río Cruces y registradas en los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

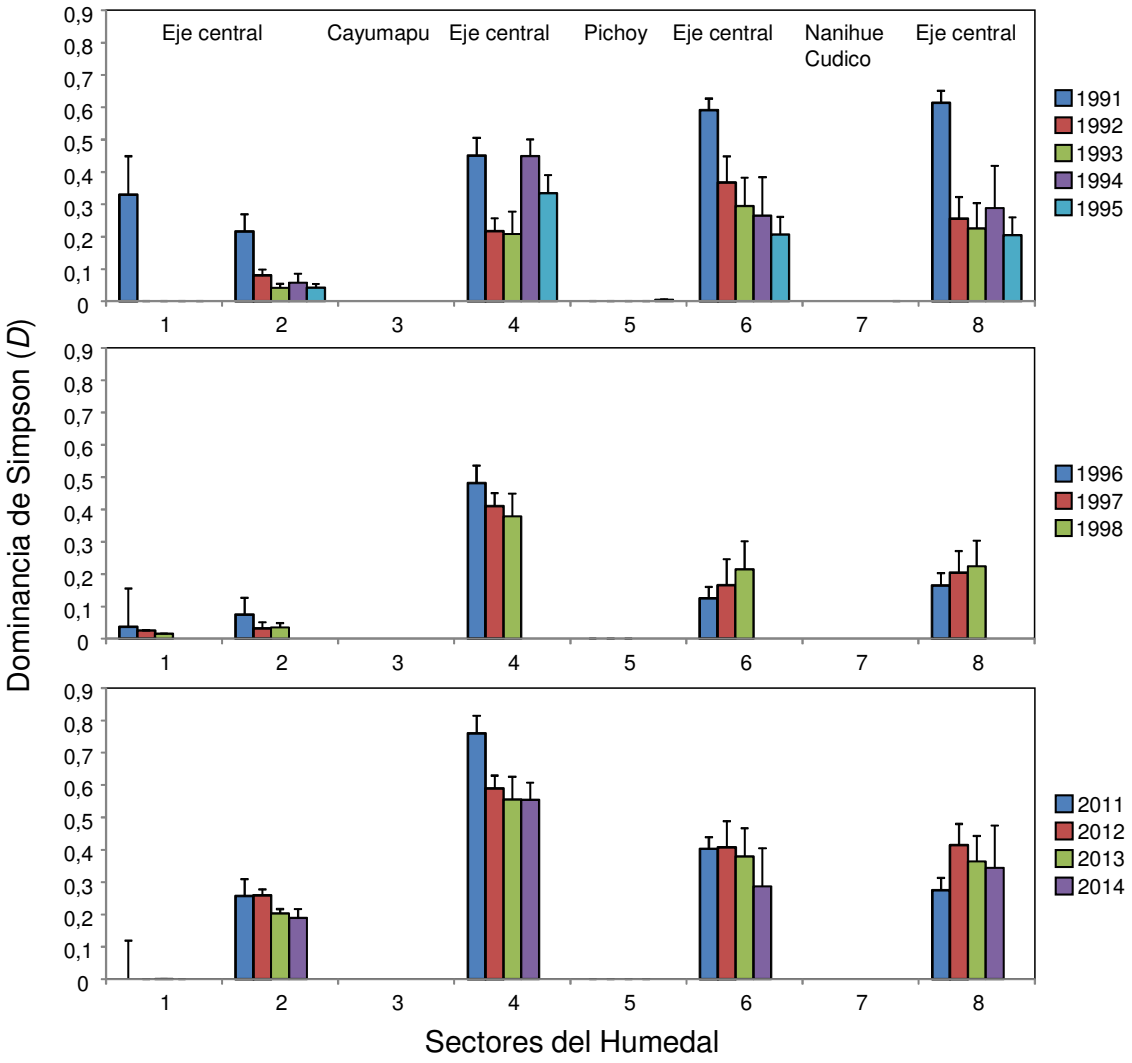


Figura 4.10.7. Variabilidad espacial y temporal en el índice de Dominancia de Simpson para el ensamble de aves del humedal del río Cruces y registradas en los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2015 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

Tabla 4.10.6. Resumen de ANDEVA para comparar la variabilidad en los índices de diversidad comunitaria de la avifauna del humedal del río Cruces entre los periodos 1991 a 1998 respecto a 2011 al 2014 y a través de los sectores históricamente censados por CONAF; S = Riqueza de especies; H = Diversidad de Shannon; E = Uniformidad de Shannon; D = Dominancia de Simpson. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar los sitios correspondientes a cada sector del HRC.

Índice de Diversidad	Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Riqueza, *S*	Periodo (P)	1	207,29	93,89	10,41	**0,002**	1991-1998 > 2011-2014
	Sector (S)	7	2702,43	334,23	37,05	**<0,001**	1=3=5=7 < 2=6=8<4
	P x S	7	53,34	7,62	0,84	0,554	
	Error	71	640,43	9,02			
	Total	86	3603,5				
Diversidad, *H*	Periodo (P)	1	0,33937	0,58318	13,43	**<0,001**	1991-1998 < 2011-2014
	Sector (S)	7	12,07293	1,81135	41,7	**<0,001**	1=3=5=7 < 2 < 4=6=8
	P x S	7	1,10743	0,1582	3,64	**0,002**	
	Error	71	3,08389	0,04344			
	Total	86	16,60361				
Uniformidad, *E*	Periodo (P)	1	0,06217	0,09724	17,91	**<0,001**	1991-1998 < 2011-2014
	Sector (S)	7	1,53152	0,23557	43,38	**<0,001**	1=3=5=7 < 2 < 4=6=8
	P x S	7	0,18863	0,02695	4,96	**<0,001**	
	Error	71	0,38556	0,00543			
	Total	86	2,16788				
Dominancia, *D*	Periodo (P)	1	0,03821	0,07785	10,23	**0,002**	1991-1998 < 2011-2014
	Sector (S)	7	2,4507	0,35762	46,98	**<0,001**	1=3=5=7 < 2< 6=8 < 4
	P x S	7	0,17491	0,02499	3,28	**0,004**	
	Error	71	0,54046	0,00761			
	Total	86	3,20428				

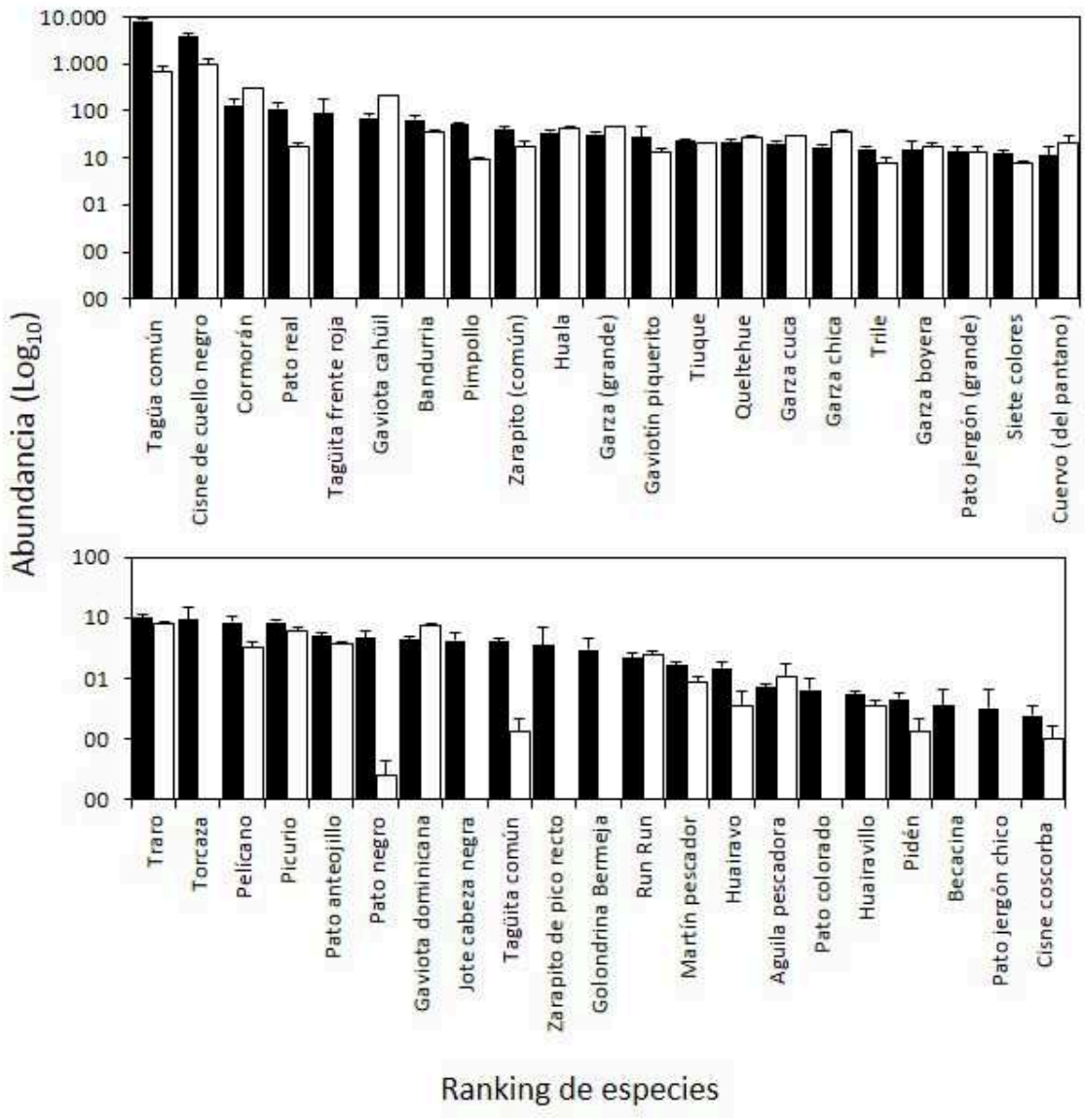


Figura 4.10.8. Variabilidad en el ranking de la abundancia (media anual ± e.e) de todas las especies registradas en el humedal del río Cruces para el periodo 1991 a 2014. Las barras negras y blancas indican la abundancia para cada especie en el periodo antes y después del año 2004.

4.10.4.2. Análisis espacial y temporal de patrones poblacionales de aves herbívoras y piscívoras

Como se indicó anteriormente, el análisis de las tendencias temporales de la abundancia poblacional de las aves del humedal de río Cruces debe realizarse basándose en especies representativas de grupos funcionales importantes como las especies herbívoras (Cisne de cuello negro = *Cygnus melancoryphus*; Tagua = *Fulica armillata*; Taguita = *Fulica leucoptera*) y piscívoras (Garza blanca grande = *Ardea alba*; Garza blanca chica = *Egretta thula*; Garza cuca = *Ardea cocoi*) ya que al comparar sus abundancias antes y después de los cambios ambientales registrados en el humedal durante el año 2004, estos grupos funcionales presentaron patrones de variabilidad contrastantes (Fig. 4.10.8).

La tendencia inter-anual en la abundancia poblacional del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) se caracterizó por un aumento sostenido en abundancia desde aproximadamente 2000 mil cisnes en el año 1991 hasta fluctuar alrededor de 5000 cisnes en el año 2004 (Fig. 4.10.9). Durante ese año la abundancia poblacional disminuyó abrupta y significativamente llegando a un par de centenas de individuos durante el año 2005 y manteniéndose en esos rangos de variación hasta el año 2012 cuando se evidencia un aumento significativo en abundancia respecto a los años anteriores, llegando a más de 3 mil cisnes y que en términos promedio, se ha mantenido hasta fines del año 2014 (Tabla 4.10.8). Por otra parte, las fluctuaciones intra-anuales en la abundancia de cisnes están caracterizadas por fuertes aumentos y disminuciones dentro de un mismo año, por ejemplo, en el año 1997 cuando desde aproximadamente 14 mil individuos, la abundancia cayó abruptamente hasta rangos cercanos a los 4 mil cisnes. Sin embargo, desde ese año en adelante las fluctuaciones intra-anuales fueron menos intensas llegando a ciclar alrededor de 5 mil cisnes, en promedio. Para el periodo del año 2005 a 2011, la baja abundancia poblacional no presenta fluctuaciones intra-anuales. Sin embargo, el aumento significativo en abundancia registrado en el año 2012, se ha manifestado con la correspondiente fluctuación intra-anual (Tabla 4.10.7).

La tendencia inter-anual en abundancia poblacional de las Taguas (*Fulica armillata*) es relativamente similar a la del Cisne de cuello negro. Esta especie ha sido históricamente la más abundante del humedal del río Cruces y desde el año 1991 hasta el año 2000 presentó un aumento sostenido desde aproximadamente 8 mil a 11 mil individuos respectivamente (Fig. 4.10.9). Desde el año 2000 al 2004, la abundancia disminuyó en forma sostenida pero no significativamente y es a partir de mediados del 2004 e inicios del año 2005 cuando se registra un descenso significativo en abundancia llegando a unas pocas centenas de individuos y manteniéndose en esos rangos de variación hasta el año 2012 y 2013 cuando se evidencia un sucesivo y significativo aumento en abundancia de las Taguas respecto a los años anteriores, el cual se ha mantenido hasta el año 2014 (Tabla 4.10.7). Por otra parte, las fluctuaciones intra-anuales en la abundancia de Taguas están caracterizadas por fuertes aumentos y disminuciones dentro de un mismo año, por ejemplo, desde el año 1991 al 2000, fluctuando en rangos de 8 mil hasta 18 mil individuos. Sin embargo, a partir de 2001 la abundancia comenzó a disminuir, aunque no significativamente entre años sucesivos, pero en forma sostenida hasta inicios del año 2004. Para el periodo del año 2005 a 2011, se evidencia una baja abundancia poblacional y sin fluctuaciones intra-anuales evidentes. Sin embargo, el aumento significativo en abundancia registrado en los años 2012 y 2013 se manifestaron con la correspondiente fluctuación intra-anual (Tabla 4.10.7).

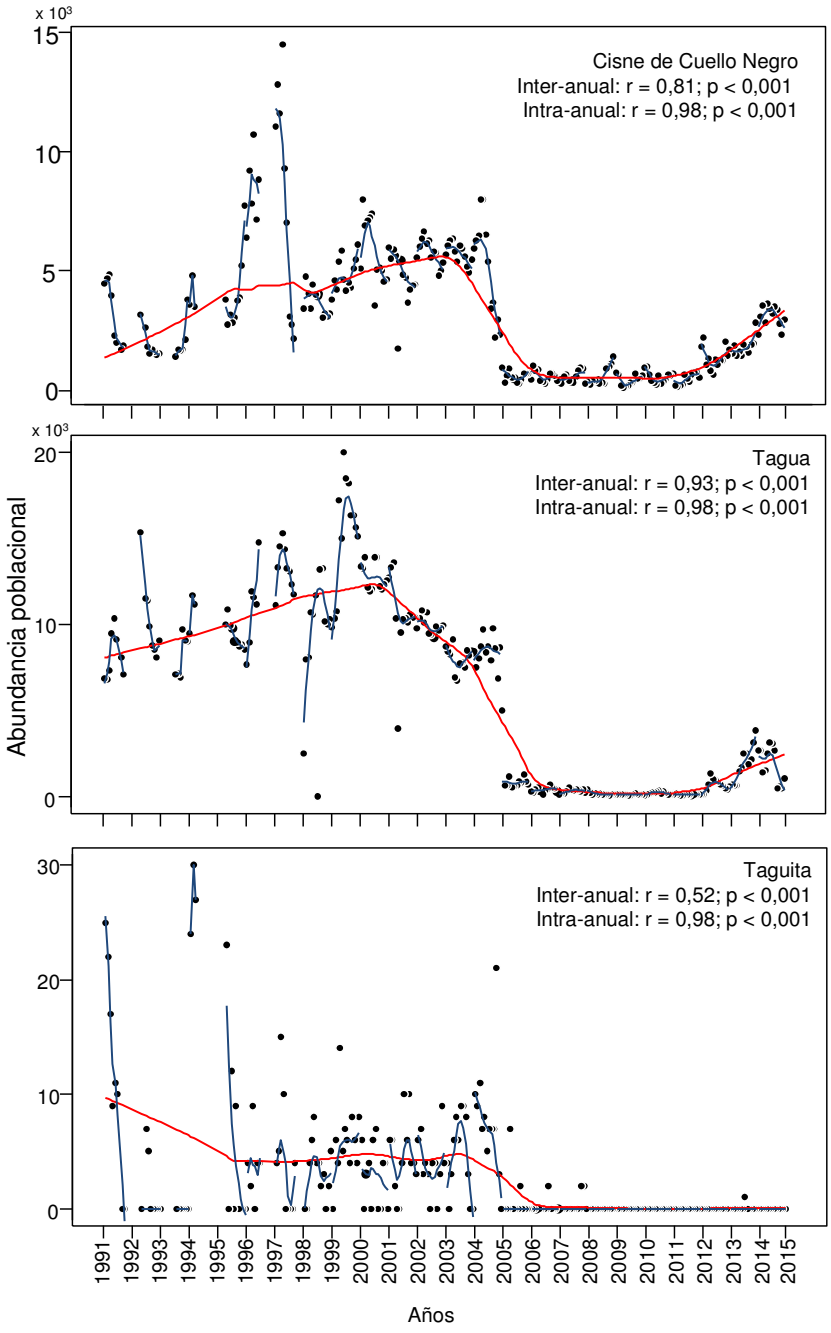


Figura 4.10.9. Patrones de variabilidad temporal en la abundancia poblacional (número de individuos censados por mes) de aves herbívoras (Cisne de cuello negro = *Cygnus melancoryphus*; Tagua = *Fulica armillata*; Taguita = *Fulica leucoptera*) que habitan el humedal del río Cruces. La línea roja representa la tendencia interanual para el periodo desde enero 1991 a diciembre del año 2014. La línea azul representa las tendencias intra-anuales para cada año. En todos los casos, las tendencias corresponden a un ajuste LOWESS (véase métodos) aplicado a la escala temporal correspondiente. Se presenta la asociación (correlación de Pearson) entre los datos observados (puntos negros) con el valor predicho por el ajuste LOWESS (líneas) a la escala temporal correspondiente

En el caso de las Taguitas (*Fulica leucoptera*), la abundancia de esta especie ha sido históricamente baja, no superando los 30 individuos y con una tendencia inter-anual que fluctúa entre los 10 y 5 individuos durante el periodo 1991 hasta el año 2005, cuando casi desaparece del área de estudio y con esporádicos registros en el año 2013 (Fig. 4.10.9). Los aumentos y decrementos en abundancia de las Taguitas son erráticos y pareciera que no presenta una tendencia intra-anual como en el caso de los Cisnes y Taguas.

En el caso de especies piscívoras, la tendencia inter-anual en abundancia poblacional de la Garza blanca grande (*Ardea alba*) se caracterizó por una disminución desde aproximadamente 70 individuos en el año 1991 a 30 garzas en el año 1996. En ese mismo periodo se registraron amplias fluctuaciones intra-anuales (Fig. 4.10.10). Desde esos años y hasta la fecha, la tendencia inter-anual en abundancia de la Garza blanca grande presenta un aumento sostenido pero las fuertes tendencias fluctuaciones intra-anuales hacen que este aumento sea no significativo al comparar entre años sucesivos (Tabla 4.10.7). Así, aunque el ANDEVA no evidencia diferencias significativas entre años, la prueba de Tukey muestra que estas diferencias no ocurren entre años sucesivos sino, por ejemplo al comparar la abundancia anual registrada en el año 2008 y que fue significativamente menor a la registrada en el año 2012 o al comparar la baja abundancia del año 1996 respecto al aumento registrado en los años 1992, 2009, 2012 y 2013 (Fig.4.10.10, Tabla 4.10.7).

La tendencia inter-anual en abundancia poblacional de la Garza blanca chica (*Egretta thula*), se caracterizó por un aumento sostenido a través del tiempo y con persistentes y amplias fluctuaciones intra-anuales (Fig.4.10.10), lo cual resulta en que no se detecte un aumento significativo al comparar entre años sucesivos (Tabla 4.10.7). Así, aunque el ANDEVA no evidencia diferencias significativas entre años, la prueba de Tukey evidenció que estas diferencias no ocurren entre años sucesivos sino, por ejemplo al comparar la abundancia anual registrada en los años 1996 y 1997 que fue significativamente menor a la registrada en los años 2009, 2012 y 2013 (Fig.4.10.10, Tabla

4.10.7). Finalmente, la tendencia inter-anual en abundancia poblacional de la Garza cuca (*Ardea cocoi*), esta especie se caracterizó por un aumento sostenido a través del tiempo y con persistentes y amplias fluctuaciones intra-anuales de entre 10 y 60 individuos (Fig.4.10.10). Esas fluctuaciones hacen que este aumento sostenido no se refleje en un aumento significativo al comparar entre años sucesivos (Tabla 4.10.7). Así, las principales diferencias en abundancia se registraron al comparar el año 1996 que fue significativamente menor a la abundancia registrada en el 2014, al comparar la baja abundancia registrada el año 1995 que fue significativamente menor a lo observado en el año 2004, 2009, 2013 y por último, la abundancia de garza cuca registrada en el año 1992 que fue significativamente menor que lo observado en los años 1999 y 2014 (Fig.4.10.10, Tabla 4.10.7).

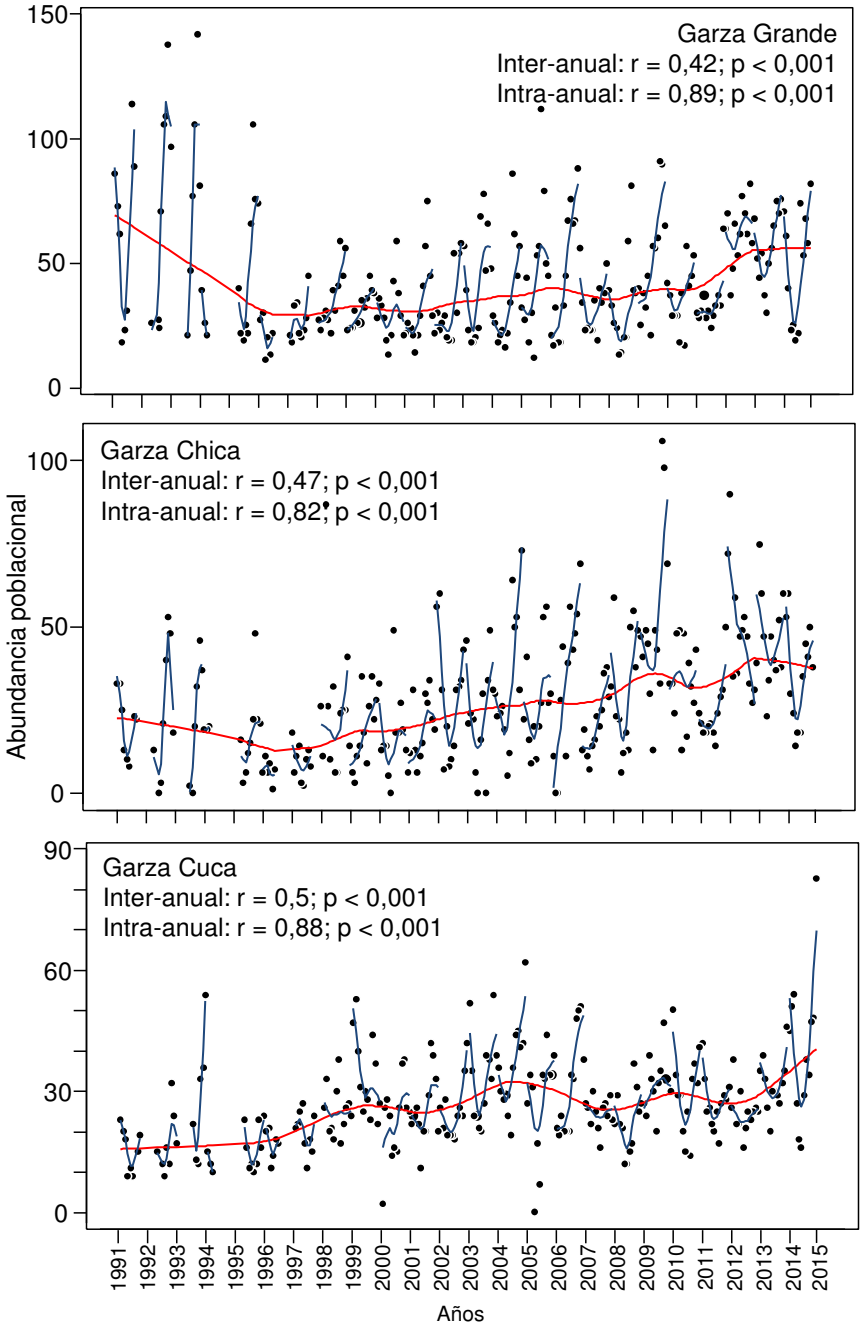


Figura 4.10.10. Patrones de variabilidad temporal en la abundancia poblacional (número de individuos censados por mes) de aves piscívoras (Garza blanca grande = *Ardea alba*; Garza blanca chica = *Egretta thula*; Garza cuca = *Ardea cocoi*) que habitan el humedal del río Cruces. La línea roja representa la tendencia inter-anual para el periodo desde enero 1991 a diciembre del año 2014. Las líneas azules representan las tendencias intra-anuales para cada año. En todos los casos, las tendencias corresponden a un ajuste LOWESS (véase métodos) aplicado a la escala temporal correspondiente. Se presenta la asociación (correlación de Pearson) entre los datos observados (puntos negros) con el valor predicho por el ajuste LOWESS (líneas) a la escala temporal correspondiente.

Tabla 4.10.7. Resumen de ANDEVA para comparar la variabilidad anual en la abundancia poblacional de especies herbívoras (Cisne de cuello negro = *Cygnus melancoryphus*; Tagua = *Fulica armillata*; Taguita = *Fulica leucoptera*) y piscívoras a través del periodo 1991 a 2014. Debajo de cada resumen de ANDEVA se presenta un resumen para la prueba de Tukey comparando la abundancia poblacional entre años sucesivos; signos ">" y "<" representan diferencias significativas (p<0,005).

Especie	Fuente	GL	SC	CM	F	P
Cygnus melancoryphus	Años	23	56,8574	2,4721	74,33	**<0,001**
	Error	229	7,6166	0,0333		
	Total	252	64,474			
91=92=93=94=95=96=97=98=99=00=01=02=03= 04 > 05 =06=07=08=09=10=11 < 12 =13=14						
Fulica armillata	Años	23	159,8872	6,9516	72,43	**<0,001**
	Error	229	21,9793	0,096		
	Total	252	181,8665			
91=92=93=94=95=96=97= 98 < 99 =00=01=02=03= 04 > 05 =06=07=08=09=10= 11 < 12 < 13 =14						
Fulica leucoptera	Años	23	28,7345	1,2493	14,74	**<0,001**
	Error	229	19,412	0,0848		
	Total	252	48,1465			
91 > 92=93 < 94 > 95=96=97=98=99=00=01=02=03=04 > 05=06=07=08=09=10=11=12=13=14						
Ardea alba	Años	23	3,38956	0,14737	3,67	**<0,001**
	Error	229	9,19539	0,04015		
	Total	252	12,58495			
91=92=93=94=95=96=97=98=99=00=01=02=03=04=05=06=07=08=09=10=11=12=13=14						
Egretta thula	Años	23	9,6422	0,4192	3,62	**<0,001**
	Error	229	26,4978	0,1157		
	Total	252	36,1401			
91=92=93=94=95=96=97=98=99=00=01=02=03=04=05=06=07=08=09=10=12=13=14						
Ardea cocoi	Años	23	2,93176	0,12747	4,1	**<0,001**
	Error	229	7,12341	0,03111		
	Total	252	10,05517			
91=92=93=94=95=96=97=98=99=00=01=02=03=04=05=06=07=08=09=10=11=12=13=14						

La variabilidad de las tendencias inter e intra-anuales de la avifauna de las especies seleccionadas en este estudio pueden ser mejor resumidas a escala anual y comparando la

abundancia entre el periodo pre y post 2004, el año de los cambios ambientales del humedal del río Cruces (Fig. 4.10.11 y 4.10.12).

En el caso del Cisne de cuello negro, la abundancia poblacional anual fue significativamente distinta entre los dos periodos y caracterizado por una disminución significativa para el periodo 2005 hasta el presente. Esto indica que a pesar del aumento registrado desde el año 2012 en adelante, este no llega a igualar la abundancia de Cisnes registrada en el periodo 1991 al 2004 (Fig.4.10.11).

Similares patrones de variabilidad temporal en abundancia se registraron en el caso de las Taguas y Taguitas, caracterizadas por contrastantes patrones de variabilidad y magnitud de la abundancia poblacional al comparar antes y después del año 2004. Sin embargo, mientras la Tagua en los últimos 3 años ha presentado un leve pero sostenido aumento en abundancia, las Taguitas permanecen casi desaparecidas en el humedal del río Cruces (Fig.4.10.11).

En el caso de las aves piscívoras, el análisis a escala anual pone en evidencia que las tres especies presentan patrones inversos a lo registrado para especies herbívoras. En el caso particular de la Garza Blanca Grande se evidencia que la abundancia de esta especie no fue afectada por los cambios ambientales del año 2004 ya que ambos periodos de tiempo no presentan diferencias significativas en abundancia poblacional (Fig.4.10.12).

Finalmente, en el caso de las especies piscívoras Garza Blanca Chica y Garza Cuca, ambas presentan un aumento sostenido en abundancia a través del tiempo, evidenciando una aumento significativo en abundancia durante el periodo 2005-2014 respecto a lo registrado en el periodo 1991 a 2004 (Fig. 4.10.12).

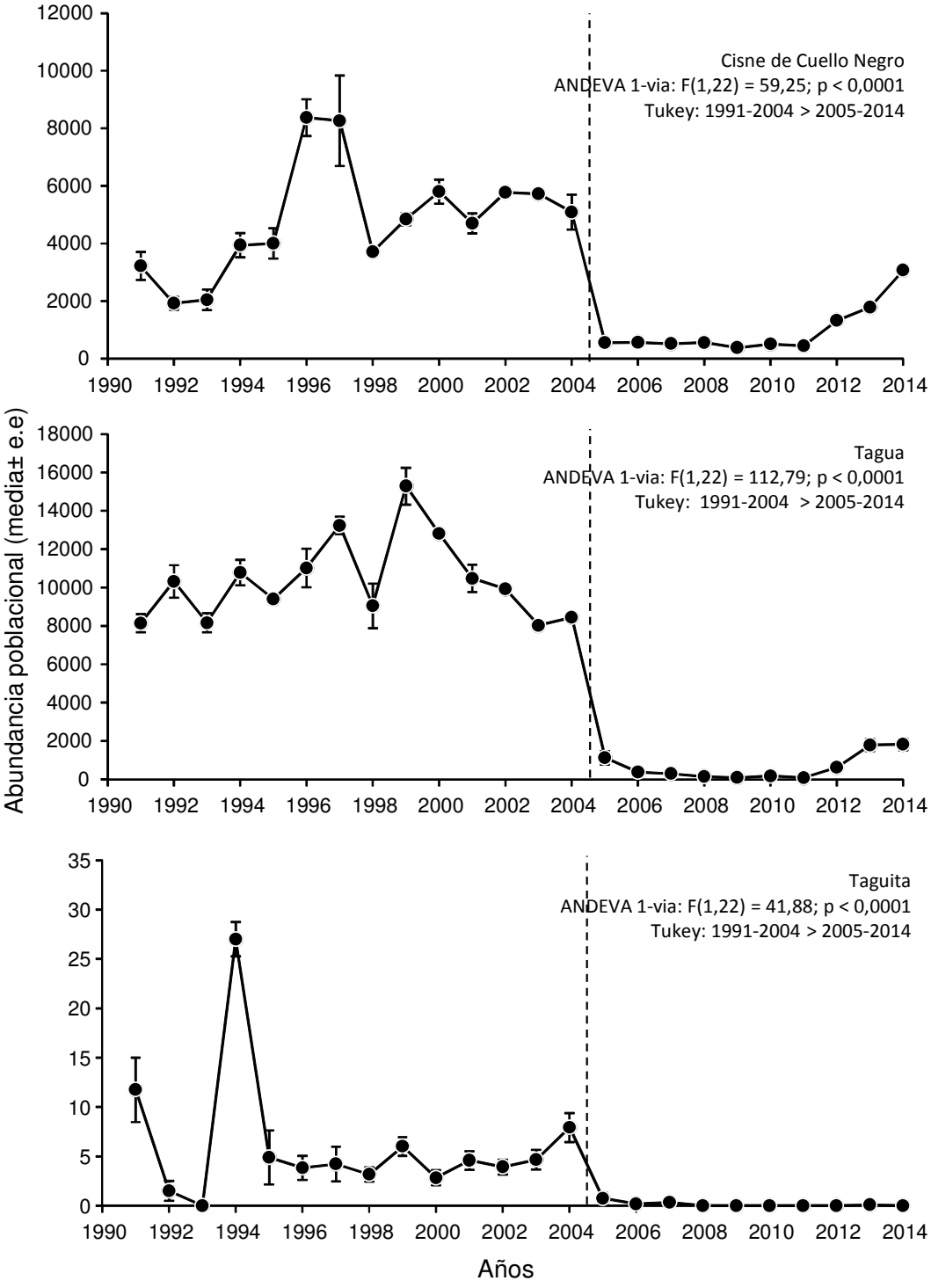


Figura 4.10.11. Patrones de variabilidad temporal en la abundancia poblacional anual (promedio ± error estándar) de aves herbívoras (Cisne de cuello negro = *Cygnus melancoryphus*; Tagua = *Fulica armillata*; Taguita = *Fulica leucoptera*) del humedal del río Cruces. La línea vertical indica los dos periodos que han sido comparados: 1991-2004 vs 2005-2014. El resumen de resultados de la Prueba ANDEVA y comparaciones a posteriori (Tukey) son presentados en cada caso.

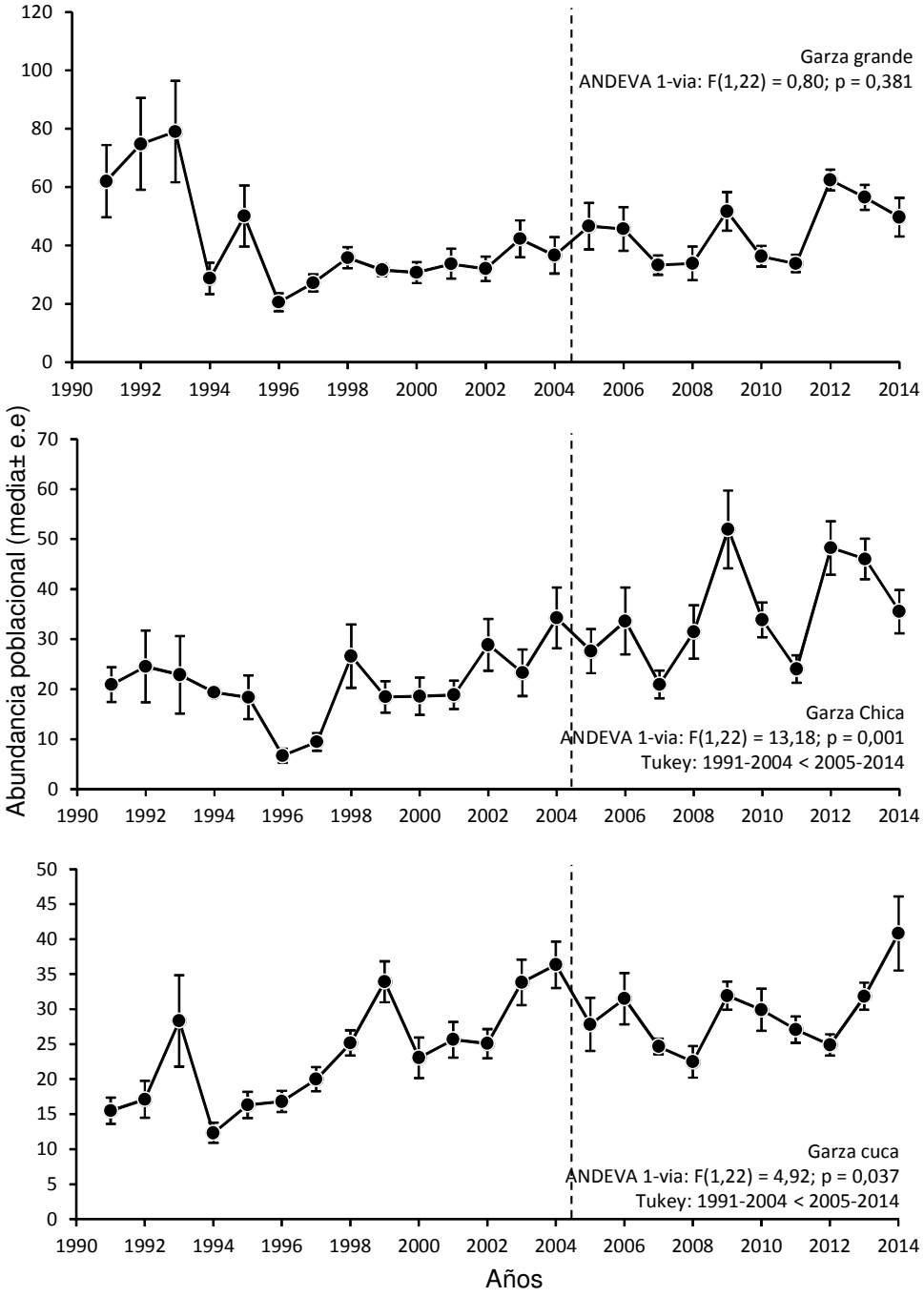


Figura 4.10.12. Patrones de variabilidad temporal en la abundancia poblacional anual (promedio ± error estándar) de aves piscívoras (Garza blanca grande = *Ardea alba*; Garza blanca chica = *Egretta thula*; Garza cuca = *Ardea cocoi*) del humedal del río Cruces. La línea vertical indica los dos periodos que han sido comparados: 1991-2004 vs 2005-2014. El resumen de resultados de la Prueba ANDEVA y comparaciones a posteriori (Tukey) son presentados en cada caso.

Los patrones de variabilidad temporal descritos anteriormente tienen una expresión espacial ya que la distribución de la abundancia poblacional de la avifauna del humedal del río Cruces no se distribuye en forma aleatoria sino siguiendo patrones espaciales característicos. Por ejemplo, la mayor abundancia del Cisne de cuello negro durante el periodo previo al 2004 (*e.i.,* 1991 al 1998) se registró en los sectores 4 y 6 que corresponden al eje central del humedal. Este patrón se mantiene para el periodo 2011 al 2014 y pareciera que la recuperación de la abundancia del Cisne de cuello negro está fuertemente asociada a un aumento significativo en el sector 4 del humedal (Fig. 4.10.12, Tabla 4.10.8).

En el caso de la Tagua, la abundancia de esta especie está casi estrictamente asociada a los sectores del eje central del humedal (Fig. 4.10.14), con una abundancia significativamente mayor de estos sectores respecto a los sectores de ríos tributarios y particularmente, con una más alta abundancia en los sectores 4 y 6 (Tabla 4.10.8).

En el caso de la Taguita, la abundancia de esta especie se mantiene asociada a los sectores del eje central del humedal (Fig. 4.10.14), pero con fluctuaciones que no alcanzan a generar diferencias significativas entre sectores (Tabla 4.10.8).

La distribución de las especies piscívoras también se asoció a los sectores del eje central del humedal. En particular, la abundancia de Garza blanca grande evidenció un aumento significativo en estos sectores, pero no entre los periodos pre y post 2004 analizados (Fig. 4.10.16, Tabla 4.10.8). Esto se diferencia de lo registrado para la Garza blanca chica, ya que esta especie además de que su mayor abundancia se asocia a los sectores del eje central del humedal del río Cruces, también evidenció un aumento significativo para el periodo 2011-2014, y en particular en el sector 4 del humedal (Fig. 4.10.17, Tabla 4.10.8). Este patrón de variabilidad espacio-temporal de la Garza blanca chica es similar a lo registrado para la Garza Cuca, la cual también aumentó significativamente en abundancia para el periodo 2011-2014 (Fig. 4.10.18) y este aumento

es significativamente mayor en el sector 4 del eje central del humedal del río Cruces (Tabla 4.10.8).

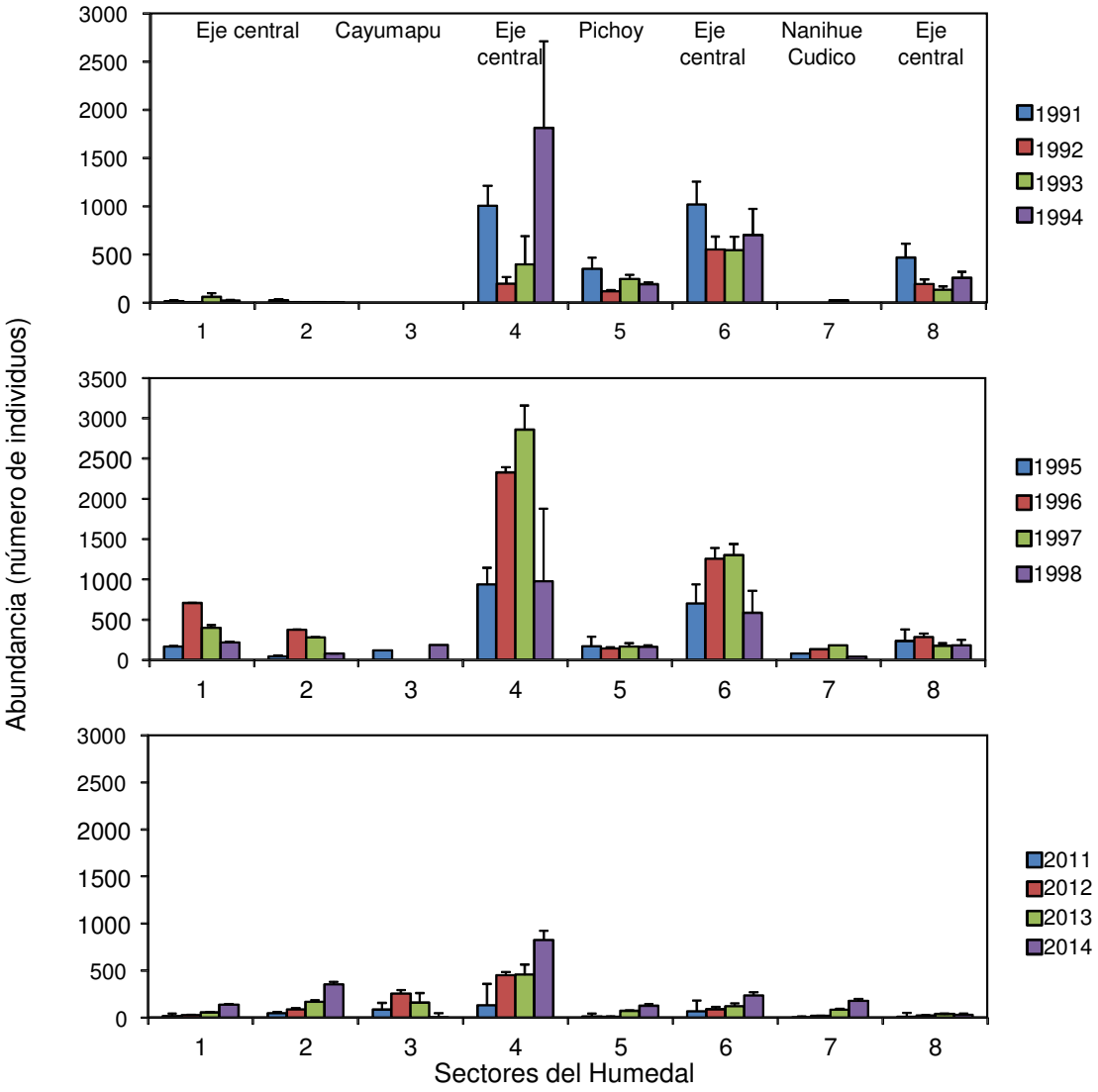


Figura 4.10.13 Variabilidad espacial y temporal de la abundancia de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) registrada durante los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

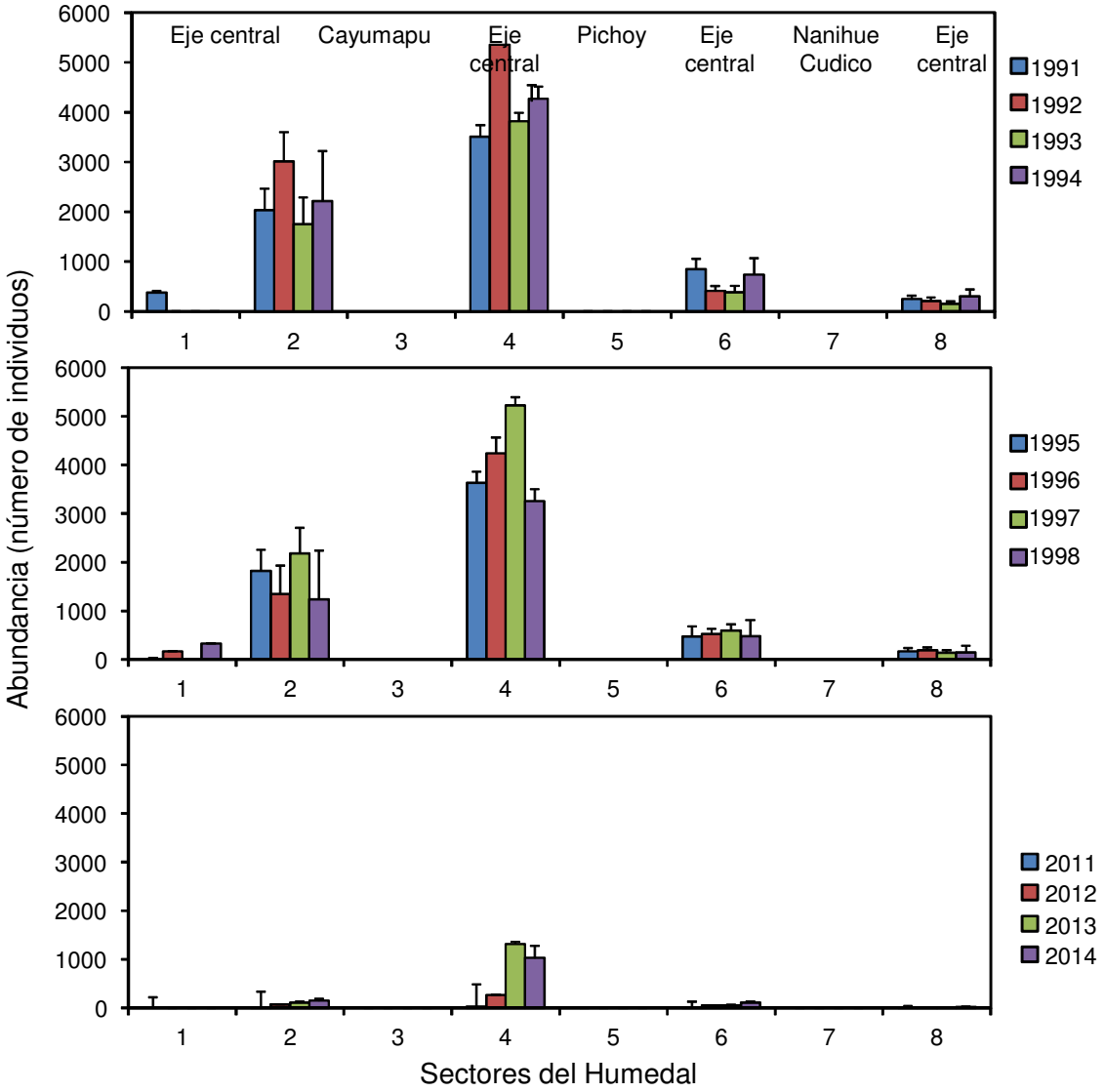


Figura 4.10.14 Variabilidad espacial y temporal de la abundancia de la Tagua (*Fulica armillata*) registrada durante los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

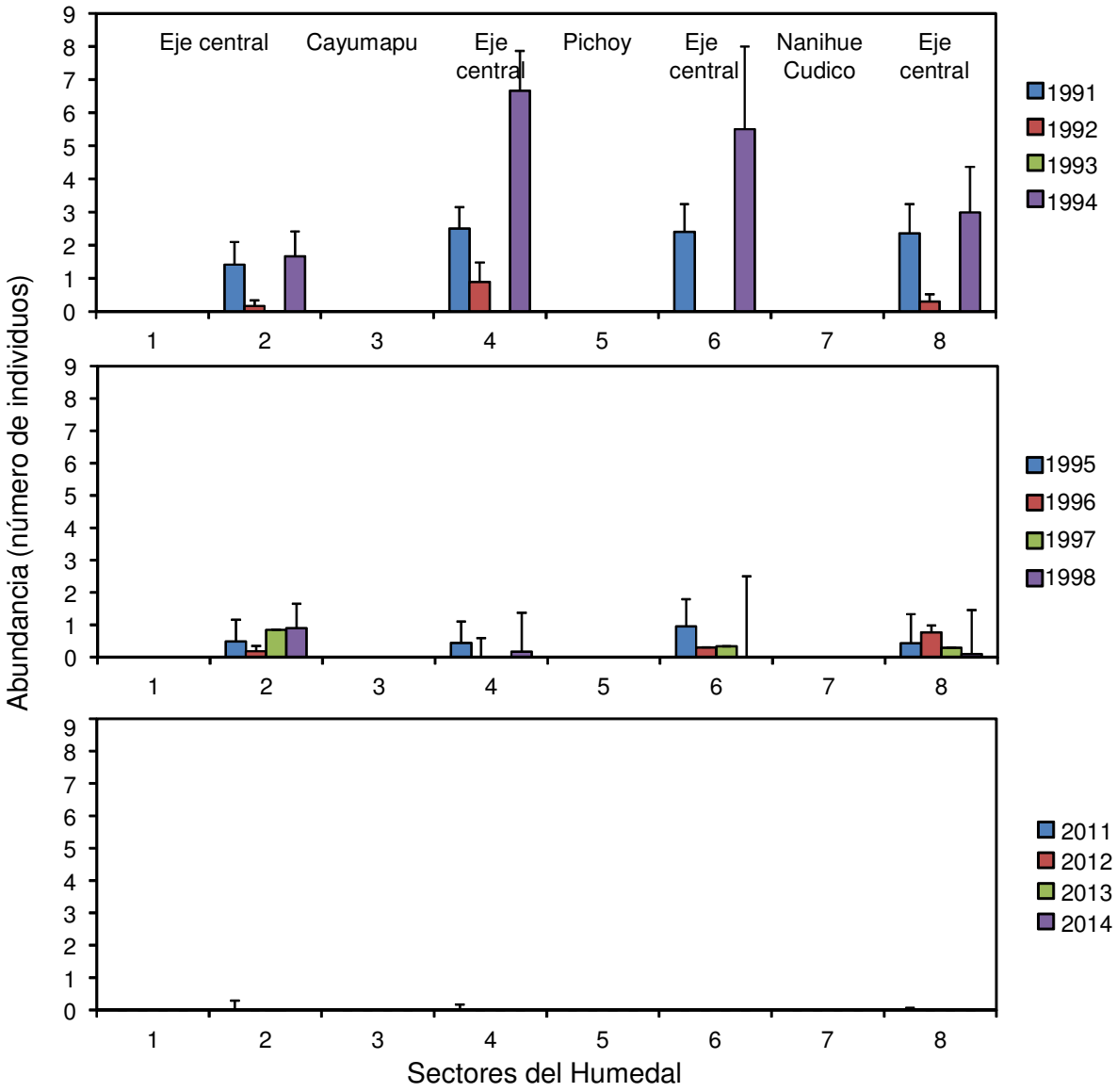


Figura 4.10.15. Variabilidad espacial y temporal de la abundancia de Taguitas (*Fulica leucoptera*) registrada durante los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

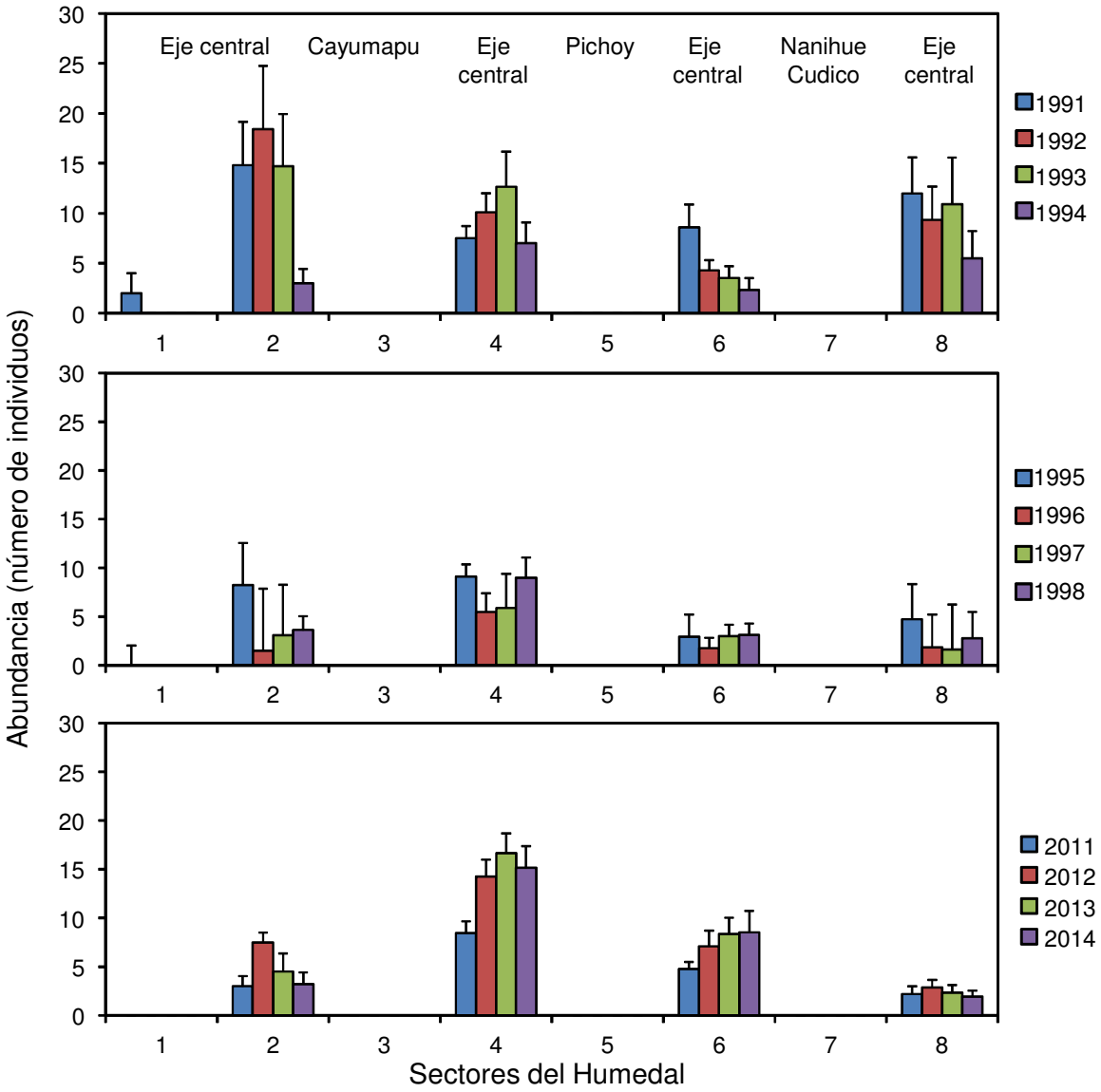


Figura 4.10.16. Variabilidad espacial y temporal de la abundancia de Garza blanca grande (*Ardea alba*) registrada durante los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

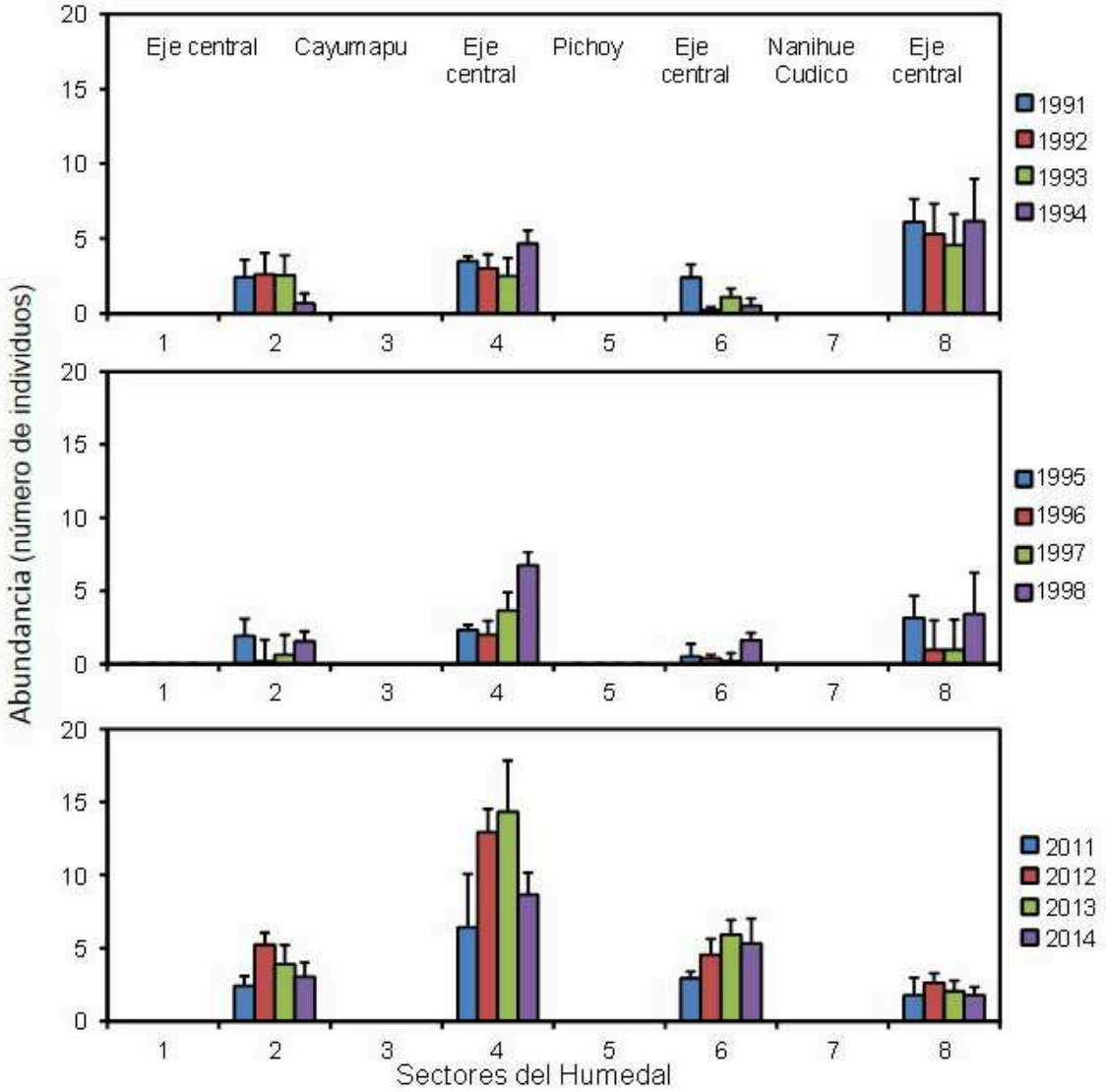


Figura 4.10.17. Variabilidad espacial y temporal de la abundancia de Garza chica (*Egreta thula*) registrada durante los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

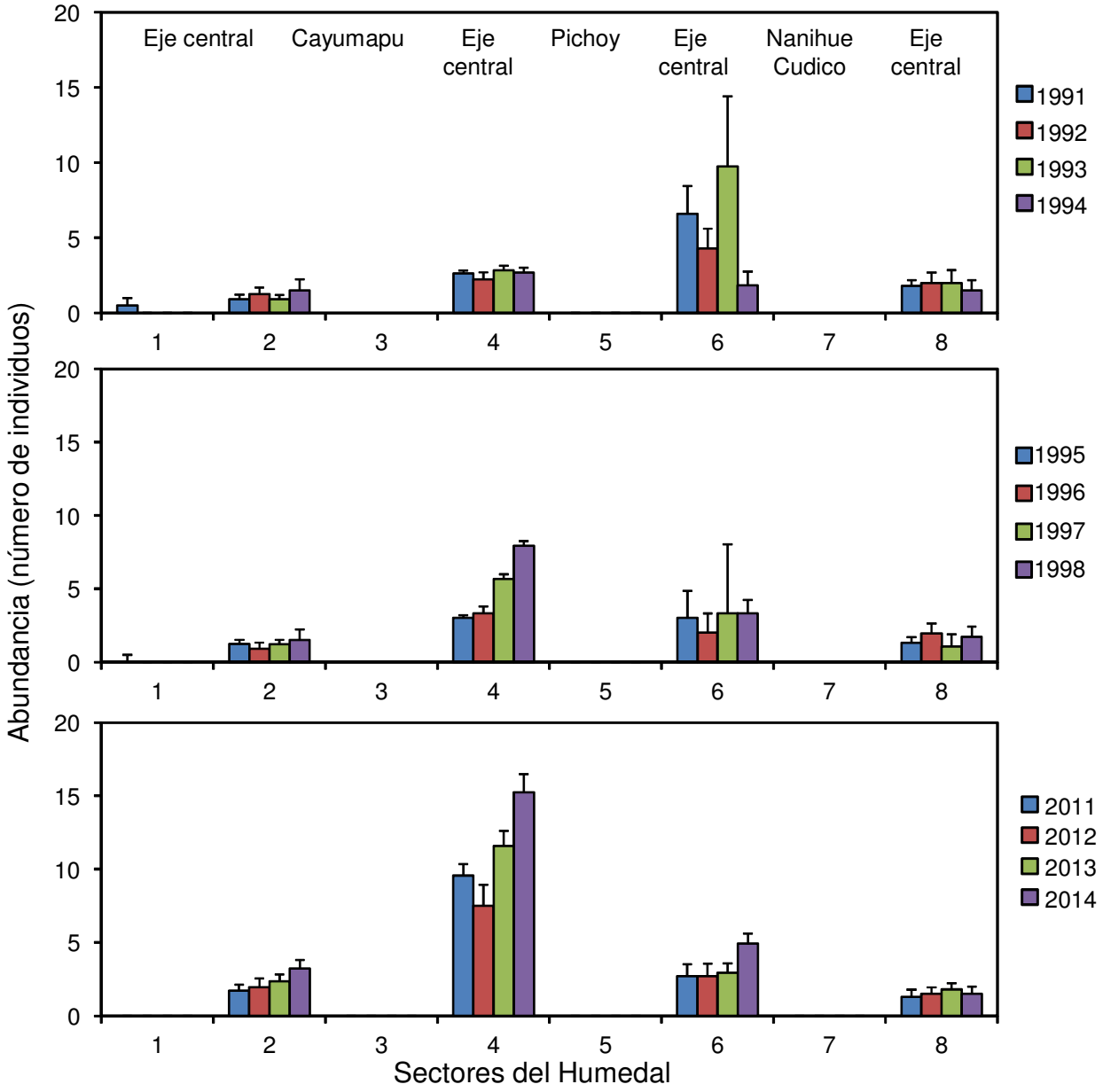


Figura 4.10.18. Variabilidad espacial y temporal de la abundancia de Garza cuca (*Ardea cocoi*) registrada durante los periodos 1991 a 1998 y 2011 al 2014 y a través de los 8 sectores del humedal. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificar sitios del eje central del humedal en los sectores 1, 2, 4, 6 y 8.

Tabla 4.10.8. Resumen de ANDEVA para comparar la variabilidad en la abundancia poblacional de especies herbívoras (Cisne de cuello negro = *Cygnus melancoryphus*; Tagua = *Fulica armillata*; Taguita = *Fulica leucoptera*) y piscívoras (Garza blanca grande = *Ardea alba*; Garza blanca chica = *Egretta thula*; Garza cuca = *Ardea cocoi*) entre los periodos 1991 a 1998 respecto a 2011 al 2014 y a través de los sectores históricamente censados por CONAF. Para el periodo 1999 hasta 2010, no existe registro de censos por sectores. Véase Tabla 4.10.3 y Fig. 4.10.1 para identificación de sectores.

Especies	Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	Valor P	Prueba de Tukey
Cygnus melancoryphus	Periodo (P)	1	4,14	3,37	13,11	**0,001**	1991-1998 > 2011-2014
	Sector (S)	7	14,86	1,66	6,46	**<0,001**	1 = 2 = 3 = 5 = 7 = 8 < 4 = 6
	P x S	7	4,77	0,68	2,65	**0,017**	
	Error	71	18,25	0,26			
	Total	86	42,02				
Fulica armillata	Periodo (P)	1	20,51	10,30	48,26	**<0,001**	1991-1998 > 2011-2014
	Sector (S)	7	129,29	15,47	72,53	**<0,001**	1 = 3 = 5 = 7 < 8 < 2 = 6 < 4
	P x S	7	6,54	0,94	4,38	**<0,001**	
	Error	71	15,15	0,21			
	Total	86	171,49				
Fulica leucoptera	Periodo (P)	1	0,35	0,24	9,08	**0,004**	1991-1998 > 2011-2014
	Sector (S)	7	0,44	0,04	1,38	0,226	
	P x S	7	0,25	0,04	1,37	0,232	
	Error	71	1,85	0,03			
	Total	86	2,90				
Ardea alba	Periodo (P)	1	0,09	0,00	0,00	1,000	-
	Sector (S)	7	14,63	1,95	71,16	**<0,001**	1 = 3 = 5 = 7 < 2 = 6 = 8 < 4
	P x S	7	0,52	0,07	2,72	**0,015**	
	Error	71	1,95	0,03			
	Total	86	17,19				
Egretta thula	Periodo (P)	1	0,17	0,31	20,5	**<0,001**	1991-1998 < 2011-2014
	Sector (S)	7	7,90	1,13	74,05	**<0,001**	1 = 3 = 5 = 7 < 2 = 6 = 8 < 4
	P x S	7	1,00	0,14	9,42	**<0,001**	
	Error	71	1,08	0,02			
	Total	86	10,15				
Ardea cocoi	Periodo (P)	1	0,01	0,07	8,49	**0,005**	1991-1998 < 2011-2014
	Sector (S)	7	8,21	1,15	137,53	**<0,001**	1 = 3 = 5 = 7 < 2 = 8 < 6 < 4
	P x S	7	0,46	0,07	7,82	**<0,001**	
	Error	71	0,60	0,01			
	Total	86	9,27				

Los análisis anteriores evalúan la variabilidad temporal en la dinámica poblacional de las aves estudiadas en términos cualitativos (comparaciones entre periodos o años). Sin embargo, para profundizar en el entendimiento del tipo de dinámica poblacional también es interesante evaluar las escalas temporales de la variabilidad poblacional en términos explícitos identificando cada cuantos años se producen los ciclos de abundancia o cambios en los patrones de crecimiento de las poblacionales. Para esto, en este estudio se utiliza el análisis de Función de Auto-Correlación temporal (ACF) y la Función de Auto-Correlación Parcial (PACF).

En el caso del Cisne de cuello negro, la ACF estimada sobre los datos crudos de la serie de tiempo de abundancia presentó un patrón decreciente en la medida que aumenta el tiempo, pasando de correlaciones positivas a negativas a un desfase de 7 años, lo que podría ser una evidencia de la escala de variabilidad a la cual ocurren cambios en las tendencias inter-anuales que presenta esta población para el periodo 1991 al 2014 (Fig. 4.10.19). Por otra parte, tanto la ACF como la PACF presentaron una correlación temporal significativa a desfases de 1 año, lo cual sugiere que podría existir una retroalimentación positiva entre años sucesivos (Fig. 4.10.19). Para esta misma especie, la ACF y PACF de las series de tiempo de los datos diferenciados no presentaron correlaciones significativas por lo que las tasas de cambio poblacional inter-anual parecieran desacopladas a través del tiempo.

En el caso de la Taguas, las ACF y PACF aplicada sobre los datos crudos de abundancia, presentó un patrón similar a la del Cisne de cuello negro, es decir, un decaimiento en la correlación en abundancia pasando de correlaciones positivas a negativas a un desfase temporal de 7 años, pero con correlaciones positivas y significativas para los desfases de 1 y 2 años, lo cual indica una mayor persistencia temporal de las fluctuaciones en abundancia de las Taguas (Fig. 4.10.20). Así mismo, la PACF presentó una correlación significativa a desfases de 1 año, lo cual sugiere retroalimentación positiva entre años sucesivos. Sin embargo, y a diferencias de los Cisnes

de cuello negro, la PACF estimada sobre los datos diferenciados indica que existe una correlación negativa y significativa a desfases de 6 años, lo cual se corresponde la escala de cambio en las tendencias inter-anuales identificada por la ACF aplicada sobre los datos crudos (Fig. 4.10.20).

En el caso de la Taguita, la ACF y PACF estimada sobre los datos crudos presentaron patrones de correlación que son indistinguibles de variación aleatoria. Sin embargo, la ACF y PACF estimadas para las series de tiempo de las tasas de cambio poblacional anual (datos diferenciados) evidenciaron correlaciones negativas y significativas a desfases de 1 (ACF) y 1 y 2 (PACF) respectivamente, lo cual indica la existencia de retroalimentación negativa y con desfase en la dinámica poblacional de esta especie y por lo tanto podríamos estar en presencia de una dinámica poblacional de 2do orden (denso-dependencia con retraso de 1 y 2 años).

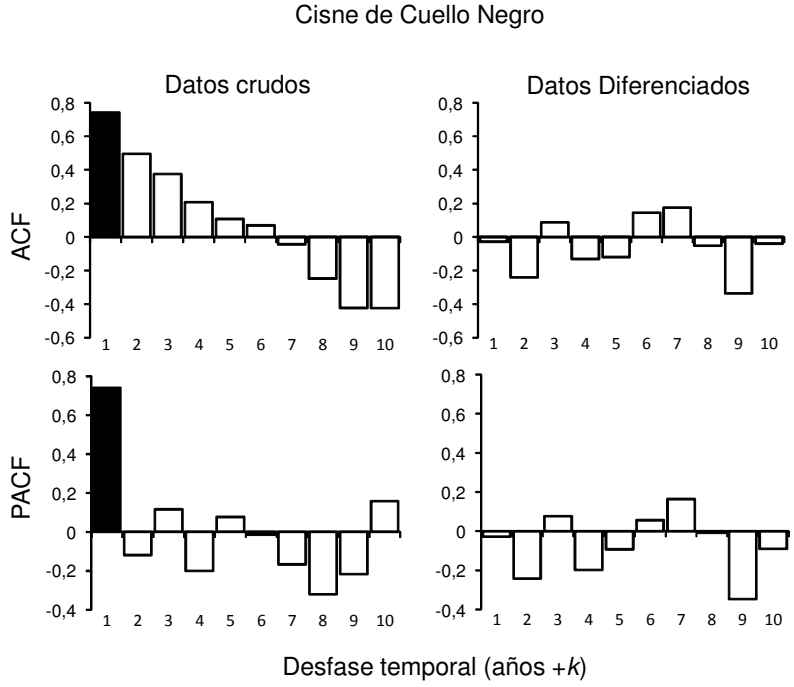


Figura 4.10.19. Función de Autocorrelación temporal (ACF) y Función de Autocorrelación parcial (PACF) estimadas para la serie de tiempo anual (N_t) y diferenciada ($N_t - N_{t+1}$) de la abundancia del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) registrada en el periodo 1991 a 2014. Las barras negras indican correlaciones significativas al correspondiente desfase temporal.

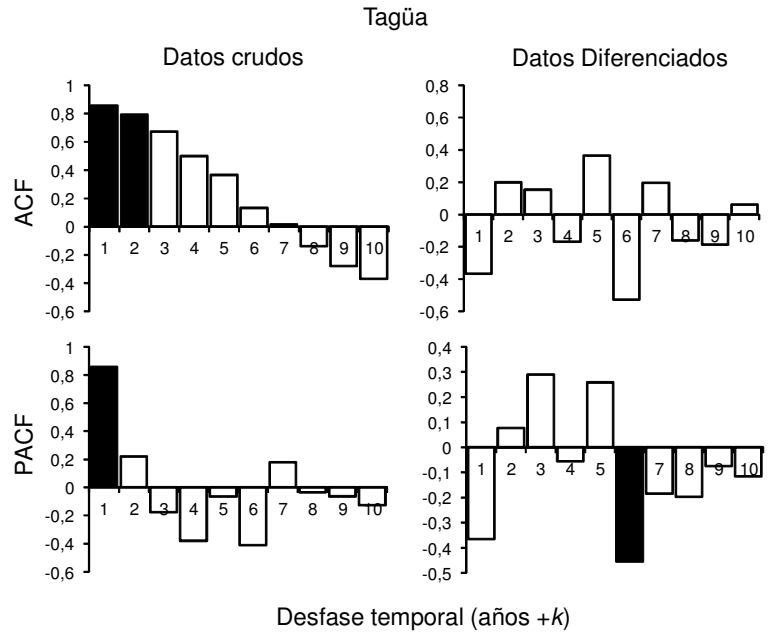


Figura 4.10.20. Función de Autocorrelación temporal (ACF) y Función de Autocorrelación parcial (PACF) estimadas para la serie de tiempo anual (N_t) y diferenciada ($N_t - N_{t+1}$) de la abundancia de la Tagua (*Fulica armillata*) registrada en el periodo 1991 a 2014. Las barras negras indican correlaciones significativas al correspondiente desfase temporal.

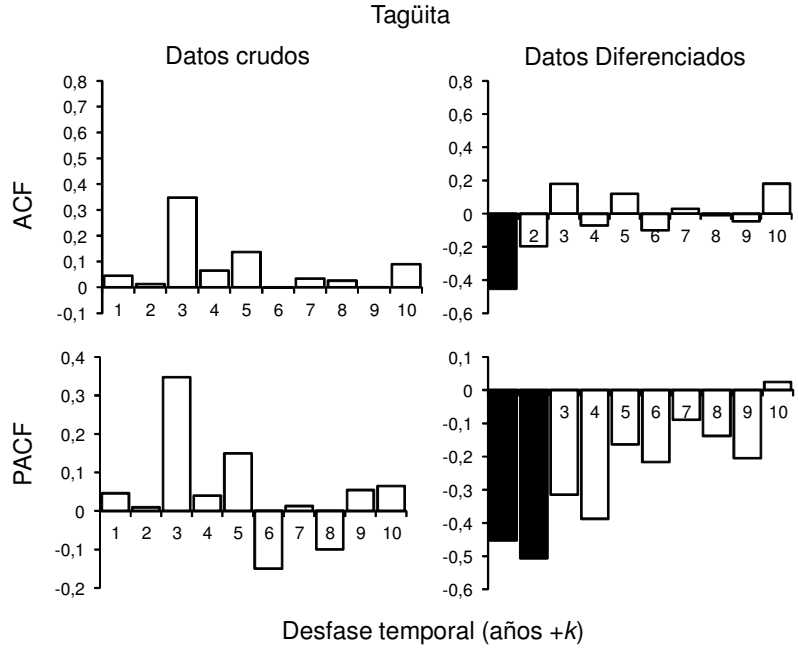


Figura 4.10.21. Función de Autocorrelación temporal (ACF) y Función de Autocorrelación parcial (PACF) estimadas para la serie de tiempo anual (N_t) y diferenciada ($N_t - N_{t+1}$) de la abundancia de la Taguita (*Fulica leucoptera*) registrada en el periodo 1991 a 2014. Las barras negras indican correlaciones significativas al correspondiente desfase temporal.

Este patrón de ausencia de correlaciones significativas en la ACF aplicada sobre los datos crudos y correlaciones negativas a desfases de 1 año evidenciadas en ACF y PACF de la serie de tiempo de datos diferenciados también se repite en el caso de la especie piscívora Garza blanca grande, la cual también presentaría una dinámica de primer orden y con retraso de 1 año (Fig. 4.10.22). Para el caso de la Garza blanca chica, la ACF sobre los datos crudos evidencia un decaimiento en correlación pasando de positiva a negativa a los 9 años, con una correlación positiva y significativa a desfases de 1 año. Mientras que la PACF aplicada sobre los datos diferenciados indica que la dinámica de esta especie es de 2do orden y con retraso de 2 años (Fig. 4.10.23). Finalmente, la dinámica poblacional de la Garza cuca no presenta correlaciones significativas en las ACF y PACF de ninguna serie de tiempo, por lo cual su dinámica temporal no se distingue de un proceso con fluctuaciones aleatorias (Fig. 4.10.24).

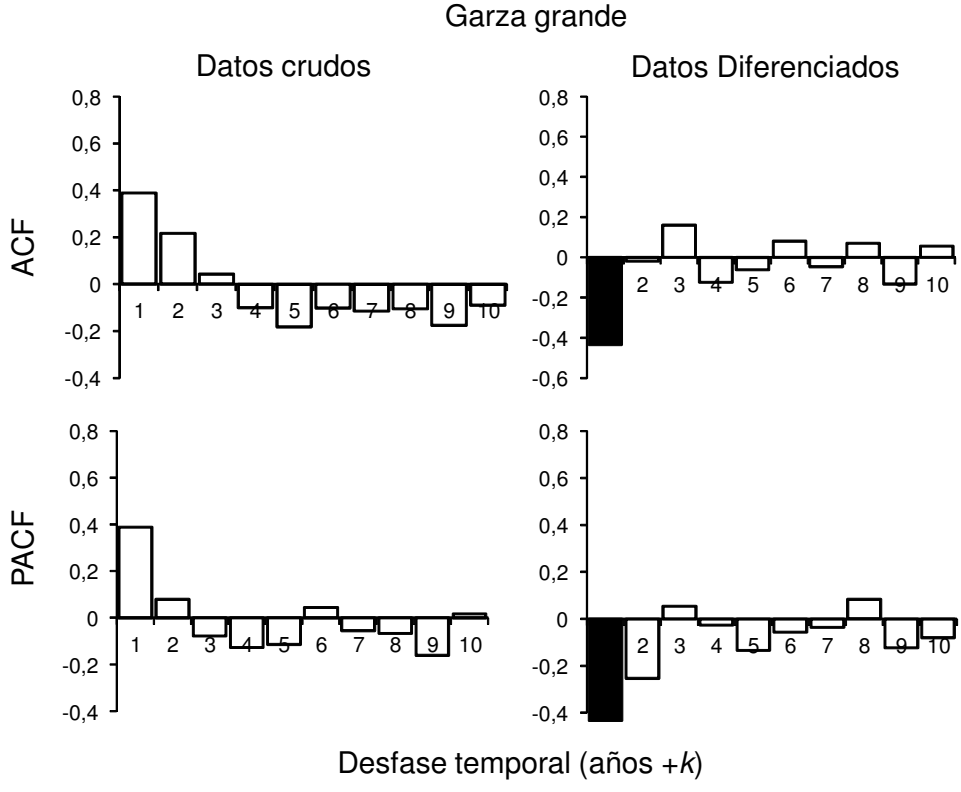


Figura 4.10.22. Función de Autocorrelación temporal (ACF) y Función de Autocorrelación parcial (PACF) estimadas para la serie de tiempo anual (N_t) y diferenciada ($N_t - N_{t+1}$) de la abundancia de la Garza blanca grande (*Ardea alba*) registrada en el periodo 1991 a 2014. Las barras negras indican correlaciones significativas al correspondiente desfase temporal.

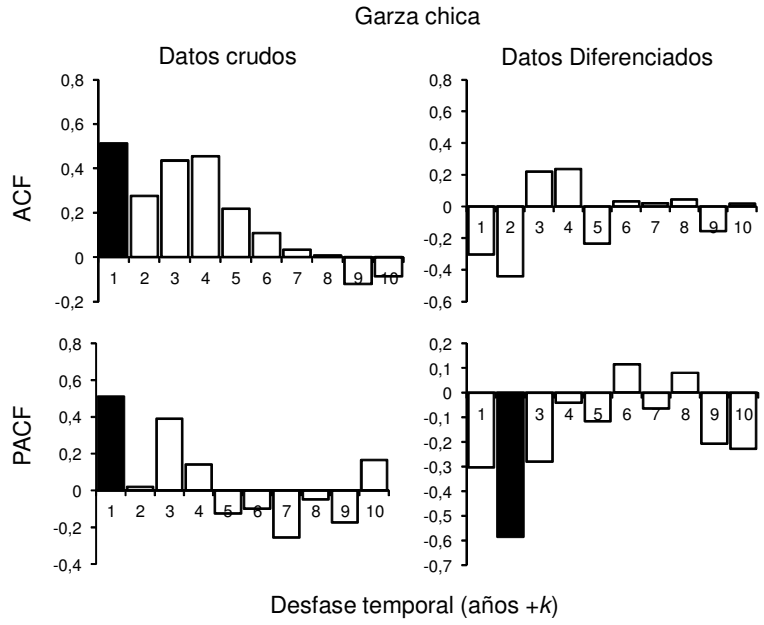


Figura 4.10.23. Función de Autocorrelación temporal (ACF) y Función de Autocorrelación parcial (PACF) estimadas para la serie de tiempo anual (N_t) y diferenciada ($N_t - N_{t+1}$) de la abundancia de la Garza blanca chica (*Egretta thula*) registrada en el periodo 1991 a 2014. Las barras negras indican correlaciones significativas al correspondiente desfase temporal.

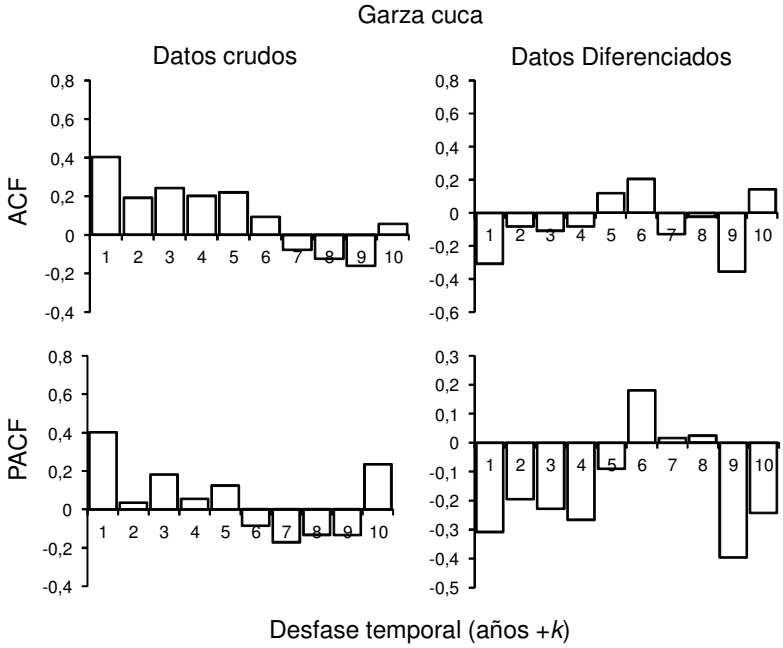


Figura 4.10.24. Función de Autocorrelación temporal (ACF) y Función de Autocorrelación parcial (PACF) estimadas para la serie de tiempo anual (N_t) y diferenciada ($N_t - N_{t+1}$) de la abundancia de la Garza cuca (*Ardea cocoi*) registrada en el periodo 1991 a 2014. Las barras negras indican correlaciones significativas al correspondiente desfase temporal.

4.10.4.3. Actualización de los patrones de distribución y abundancia del Cisne de cuello negro, otras especies herbívoras y carnívoras del humedal del río Cruces

En la Figura 4.10.24 se representa el resultado del esfuerzo de muestreo que fue desarrollado en enero del 2015 para caracterizar los patrones de abundancia de aves herbívoras (Cisne de cuello negro y Tagua) y carnívoras (garzas). En general, se observa que los transectos cubren toda la extensión del humedal y la resolución espacial de las estaciones de muestreo permite tener una aproximación más fina a los patrones de abundancia poblacional de las aves del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

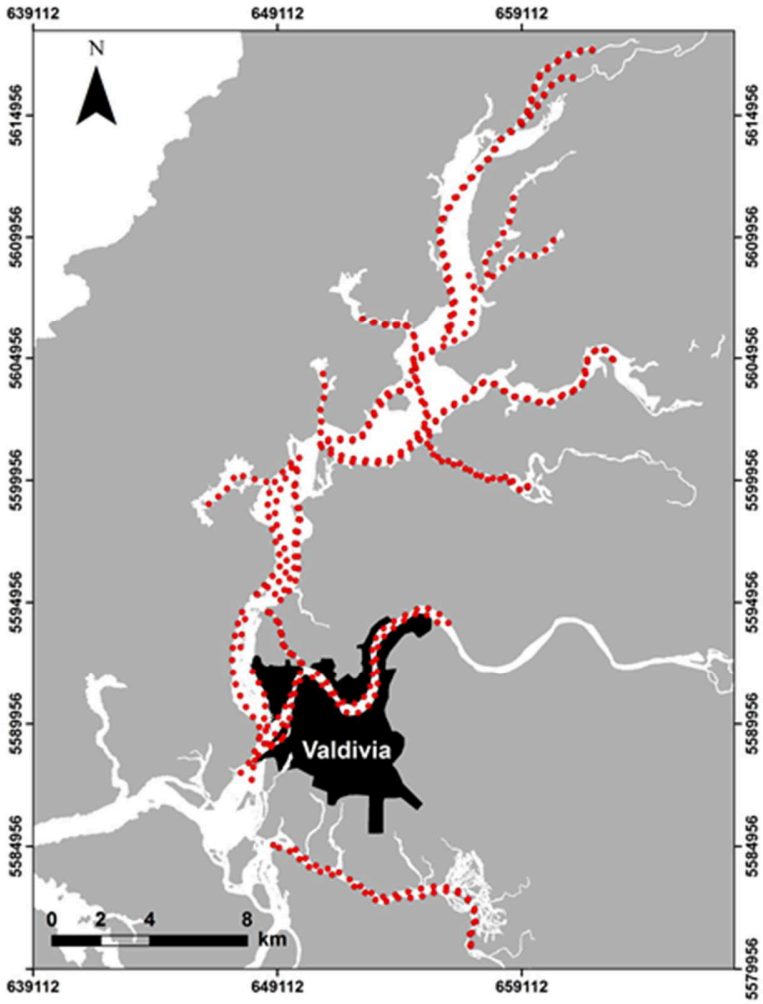


Figura 4.10.24. Localización de las estaciones de muestreo de los transectos realizadas en Enero del 2015 para registrar la abundancia de aves herbívoras y piscívoras dentro y fuera del HRC. Cada punto (color rojo) fue localizado con GPS y delimitan los transectos lineares de 500 m.

La distribución espacial de la abundancia de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), estuvo principalmente localizada en el eje central del río Cruces, incluyendo los sectores ubicados al norte del río Santa María, desembocadura del río Cayumapu (Fig. 4.10.25), sur del río San Ramón y cercanías de la confluencia de los ríos Cruces y Valdivia (Fig. 4.10.26). La abundancia de cisnes en el río Angachilla fue baja, a la vez que no se registraron individuos de esta especie en el río Calle Calle (Fig. 4.10.26).

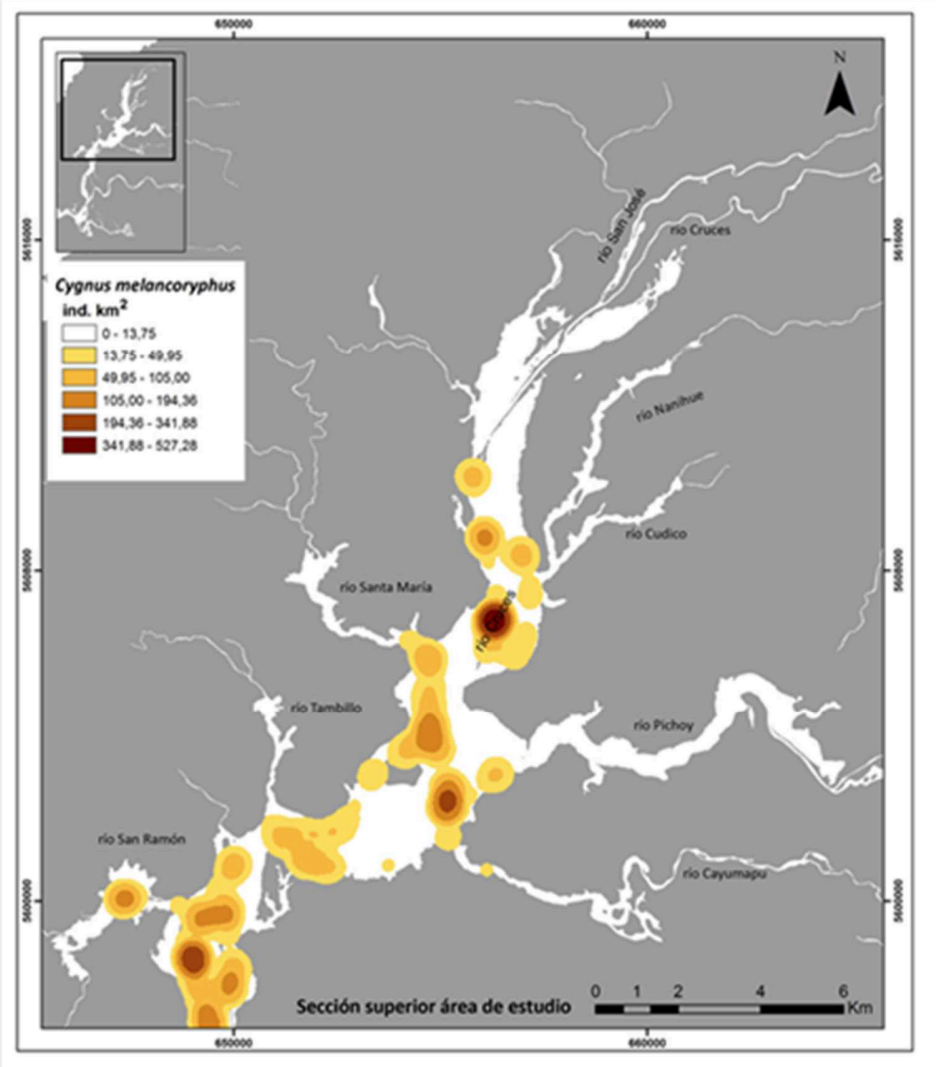


Figura 4.10.25. Distribución espacial del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) a lo largo de las riberas de la sección superior del área de estudio (enero 2015).

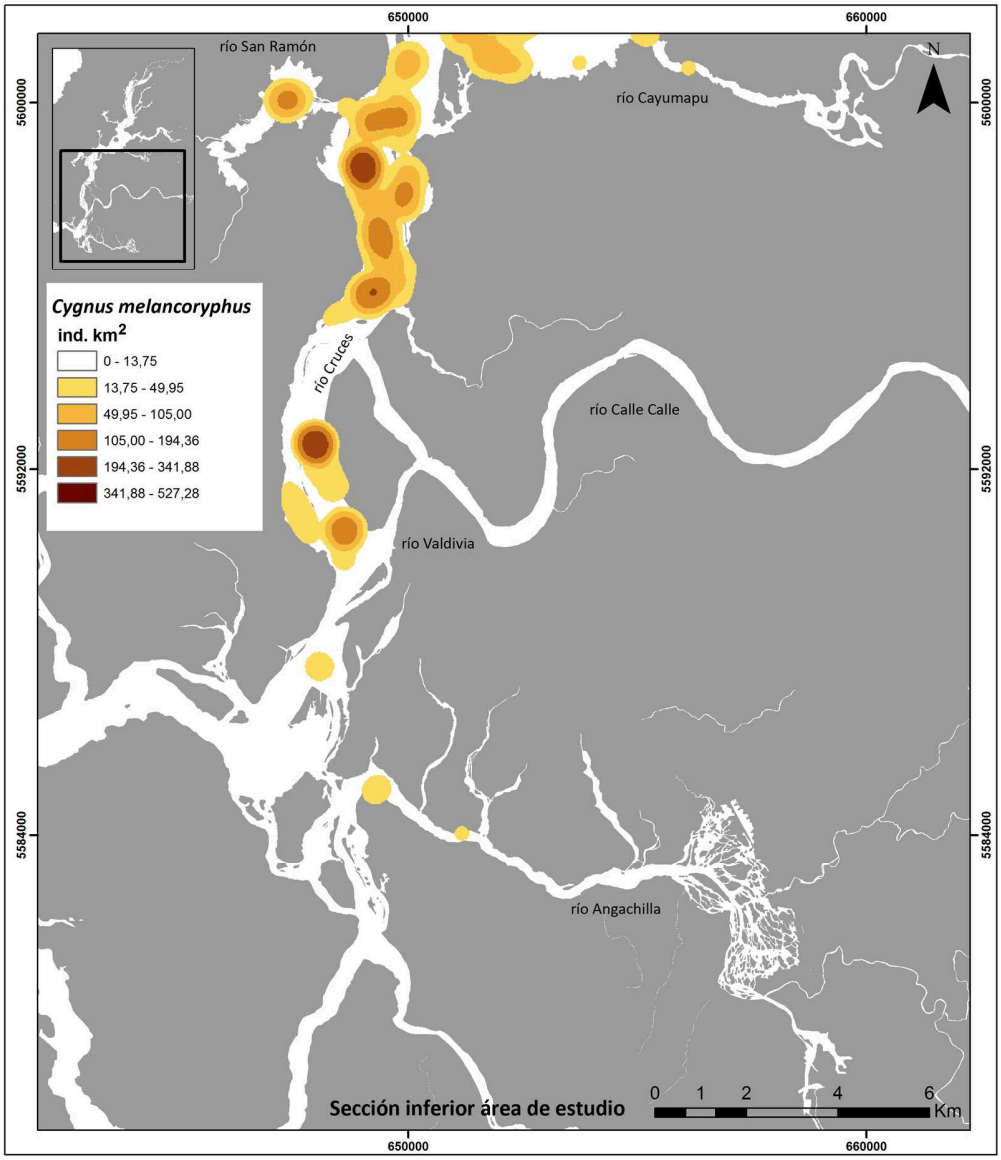


Figura 4.10.26. Distribución espacial del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) a lo largo de las riberas de la sección inferior del área de estudio (enero 2015).

La distribución espacial de la abundancia de la Tagua (*Fulica armillata*) estuvo principalmente localizada (*i.e.*, mayores abundancias) en el eje central del río Cruces, entre un punto ubicado al norte del río Tambillo y otro ubicado al sur del río San Ramón (Fig. 4.10.27); no se observaron taguas en los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla (Fig. 4.10.28).

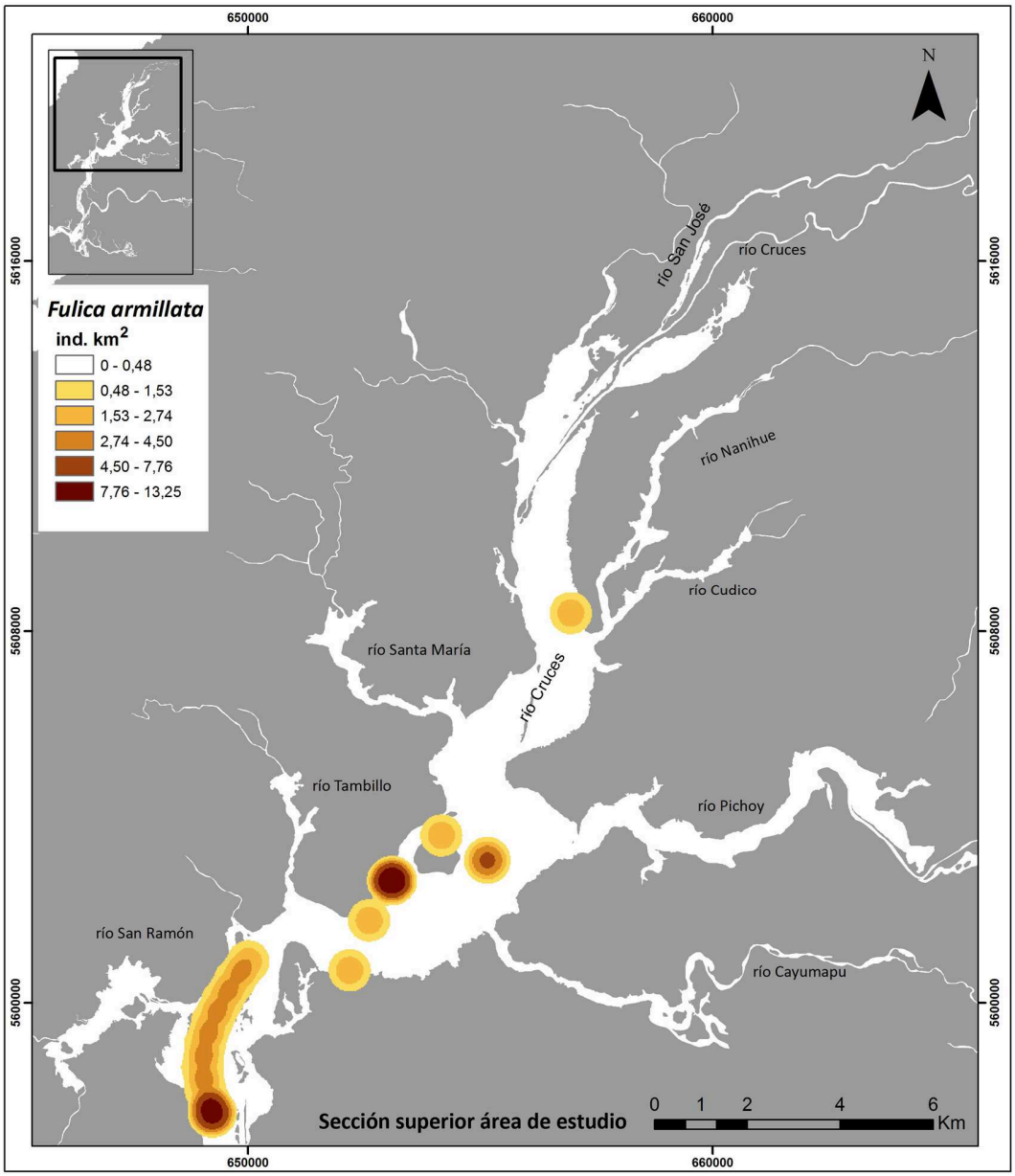


Figura 4.10.27. Distribución espacial de la Tagua (*Fulica armillata*) a lo largo de las riberas de la sección superior del área de estudio (enero 2015).

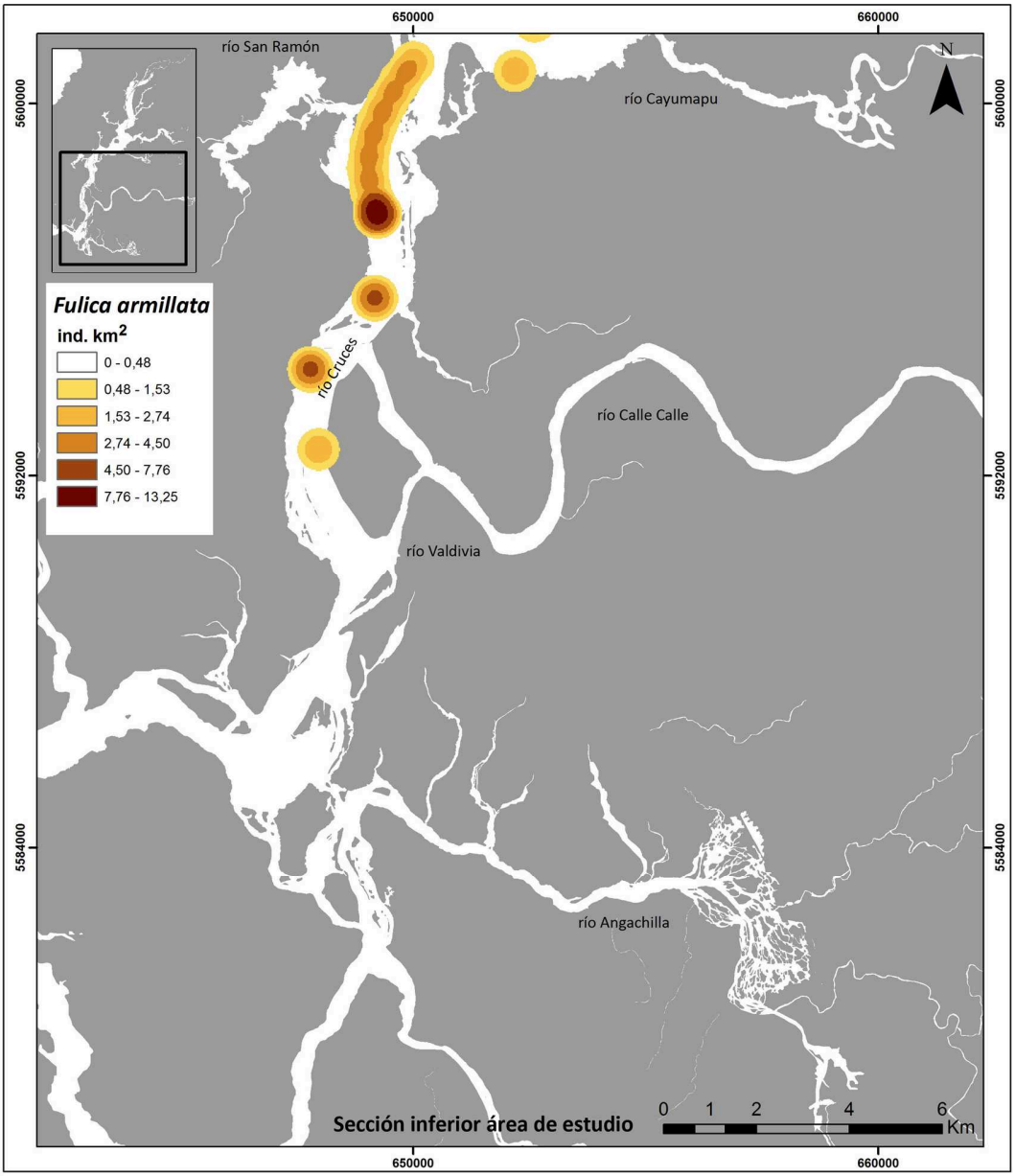


Figura 4.10.28. Distribución espacial de la Tagua (*Fulica armillata*) a lo largo de las riberas de la sección inferior del área de estudio (enero 2015).

Las abundancias más altas de la Garza cuca (*Ardea cocoi*) se detectaron en la parte superior del área de estudio, incluyendo el sector ubicado aguas abajo de la confluencia de los ríos San José y Cruces, aquel cercano a la confluencia de los ríos Santa María y Cruces y otro en el sector medio del río Pichoy (Fig. 4.10.29); no se observaron especímenes de Garza cuca en los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla (Fig. 4.10.30).

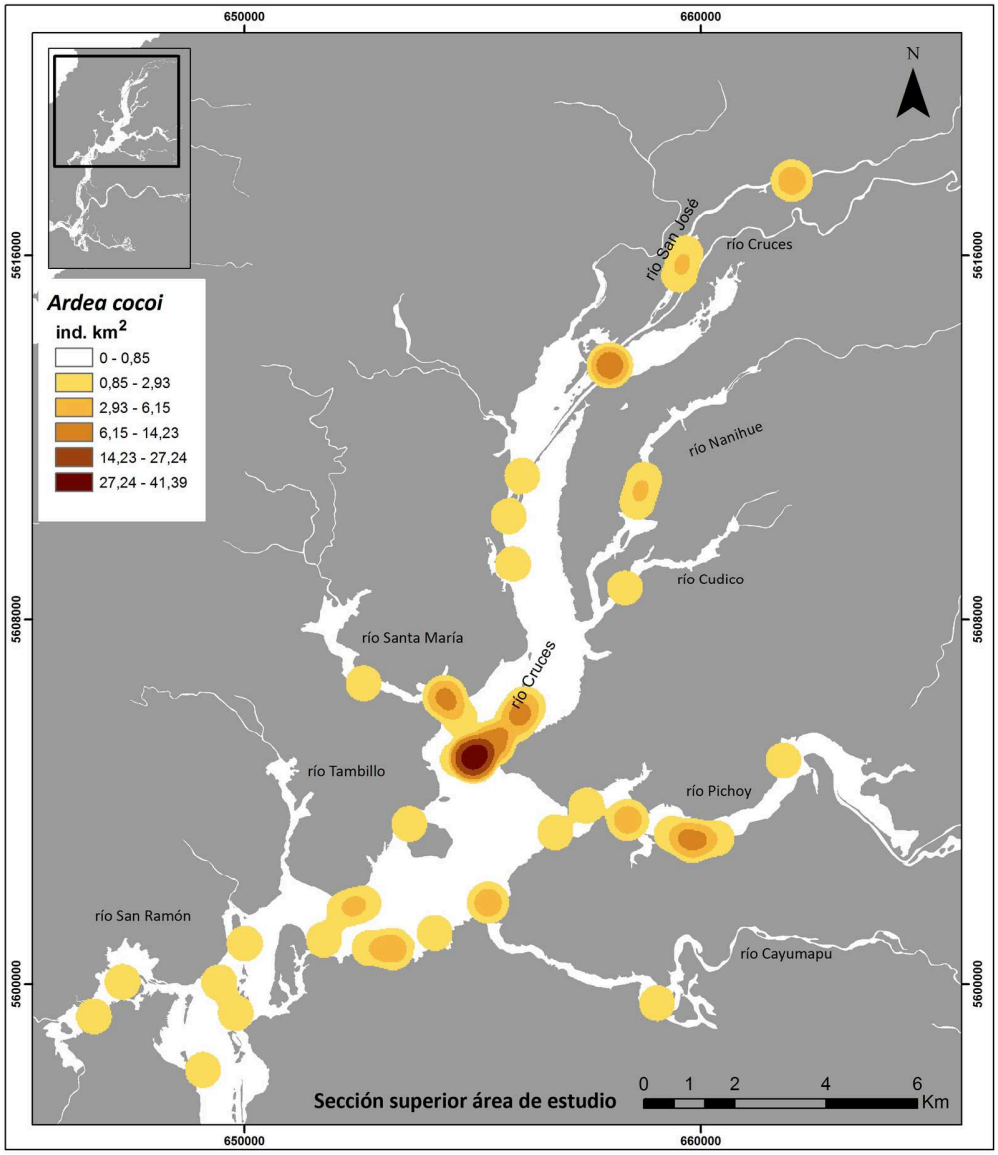


Figura 4.10.29. Distribución espacial de la Garza cuca (*Ardea cocoi*) a lo largo de las riberas de la sección superior del área de estudio (enero 2015).

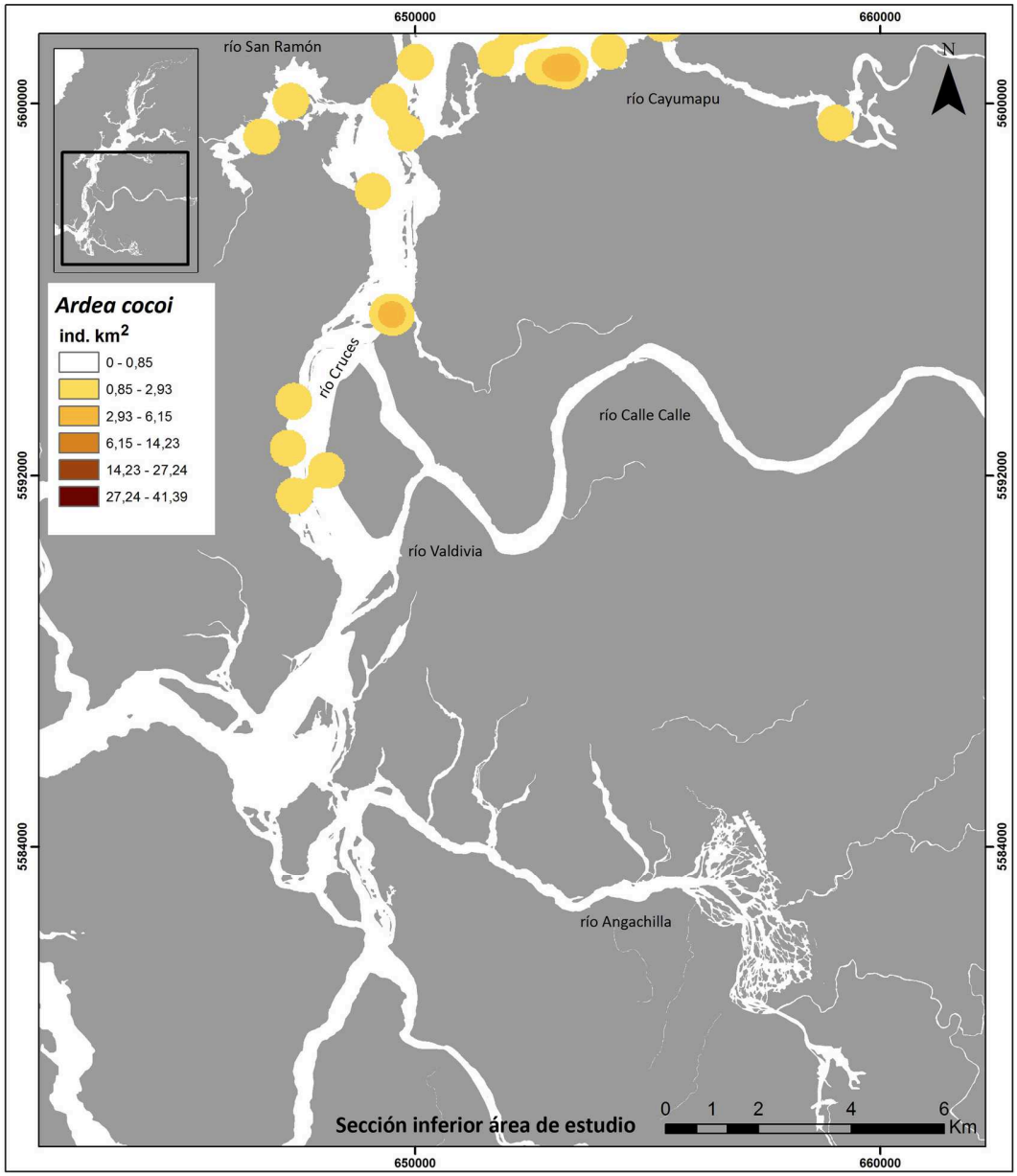


Figura 4.10.30. Distribución espacial de la Garza cuca (*Ardea cocoi*) a lo largo de las riberas de la sección inferior del área de estudio (enero 2015).

Las abundancias más altas de la Garza blanca grande (*Ardea alba*) se detectaron en la parte superior del área de estudio, incluyendo un sector ubicado en el río San José, otro en el río Nanihue, otro en el eje central del río Cruces, sector Santa María (el de mayor abundancia), otro en la parte media del río Pichoy y otros a lo largo del río Cayumapu (Fig.

4.10.31); se detectó la presencia de esta especie – aun cuando en abundancias bajas - en los ríos Calle Calle y Angachilla (Fig. 4.10.32).

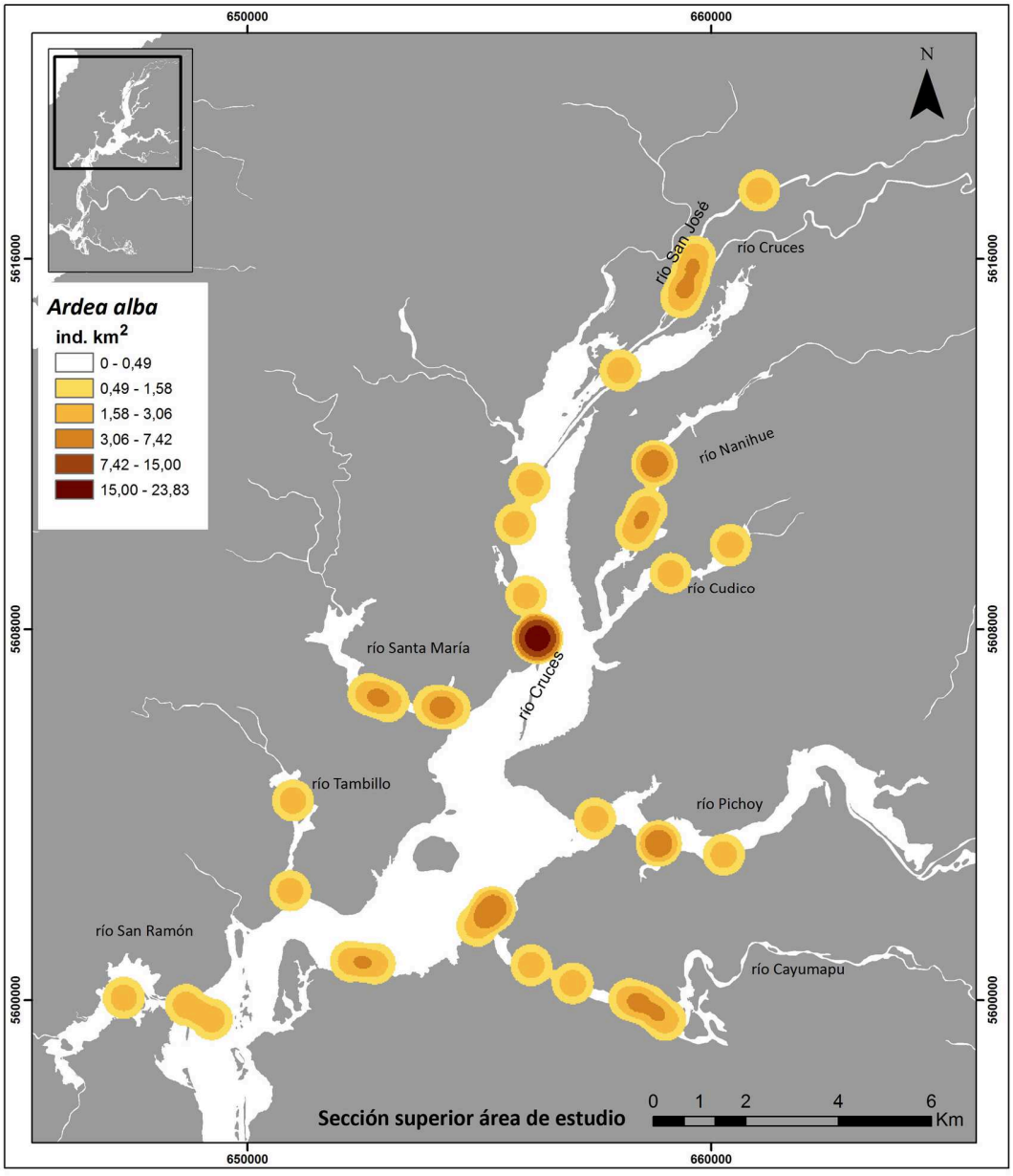


Figura 4.10.31. Distribución espacial de la Garza blanca grande (*Ardea alba*) a lo largo de las riberas de la sección superior del área de estudio (enero 2015).

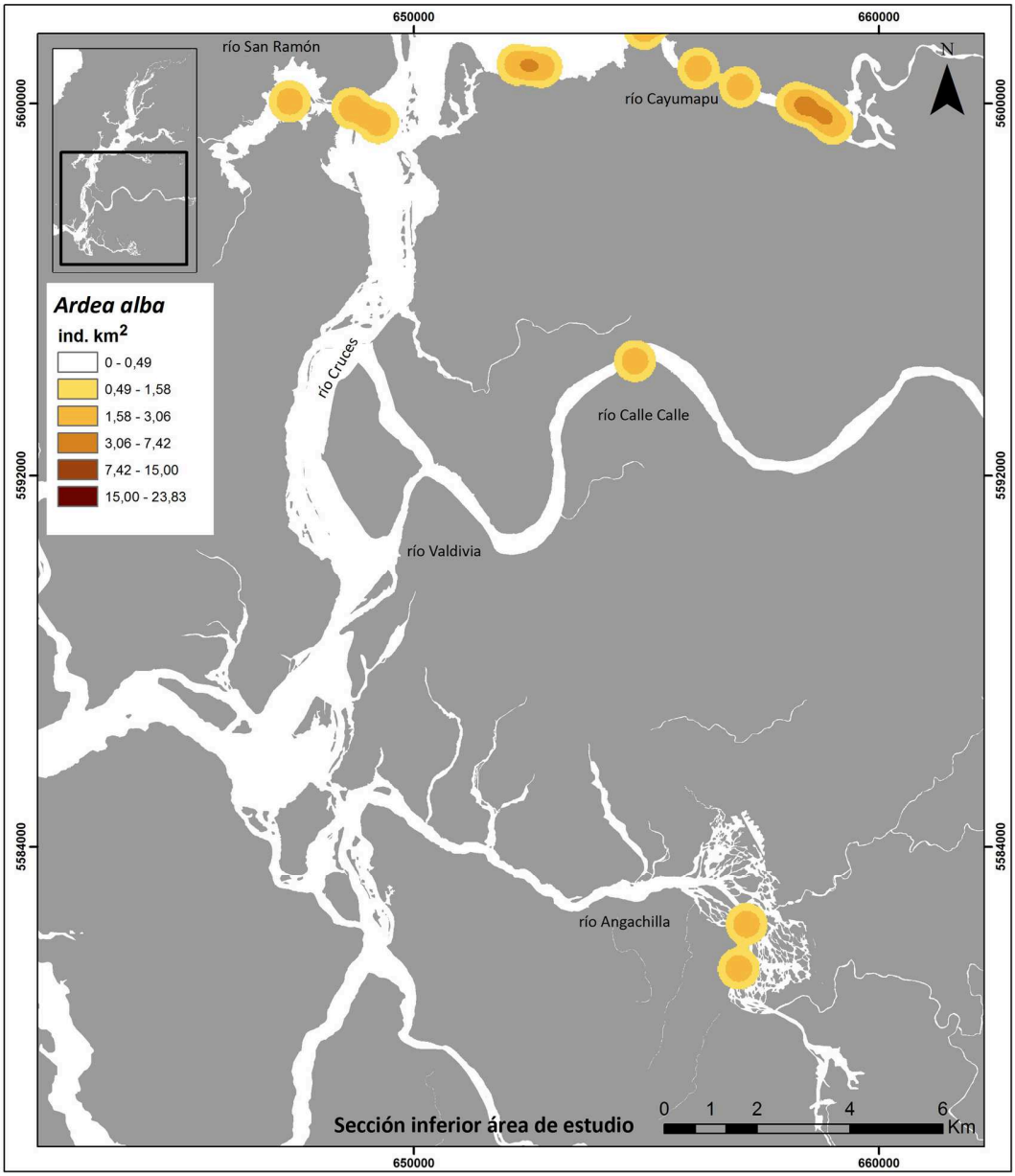


Figura 4.10.32. Distribución espacial de la Garza blanca grande (*Ardea alba*) a lo largo de las riberas de la sección inferior del área de estudio (enero 2015).

Las abundancias más altas de la Garza blanca chica (*Egretta thula*) se detectaron en la parte superior del área de estudio, incluyendo sectores ubicados en los ríos Nanihue, Cudico, parte media del río Pichoy, confluencia del río Cayumapu con el río Cruces y eje central del río Cruces, al norte del río Santa María (Fig. 4.10.33); se detectó la presencia de esta especie en el río Calle Calle (Fig. 4.10.34).

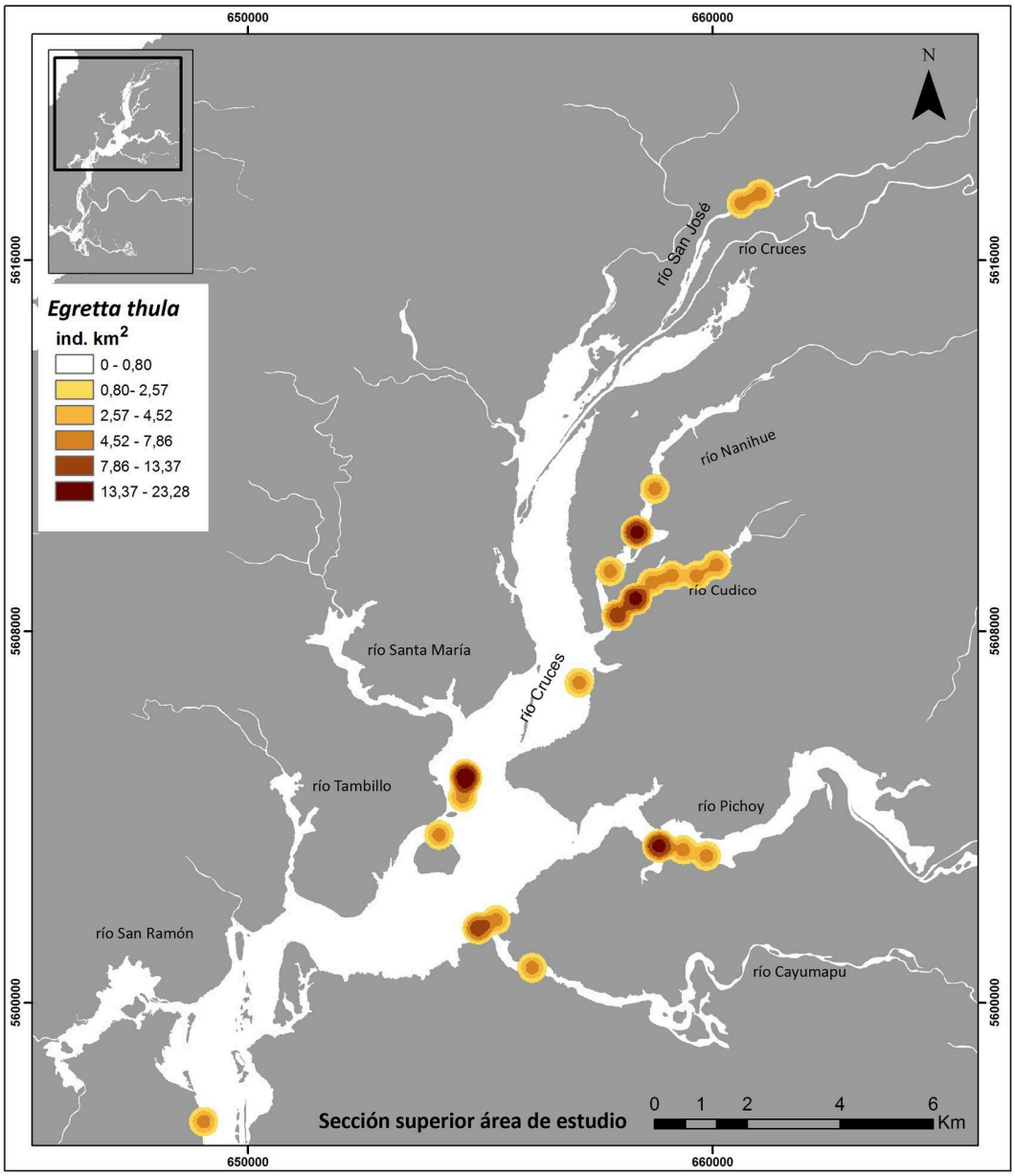


Figura 4.10.33. Distribución espacial de la Garza blanca chica (*Egretta thula*) a lo largo de las riberas de la sección superior del área de estudio (enero 2015).

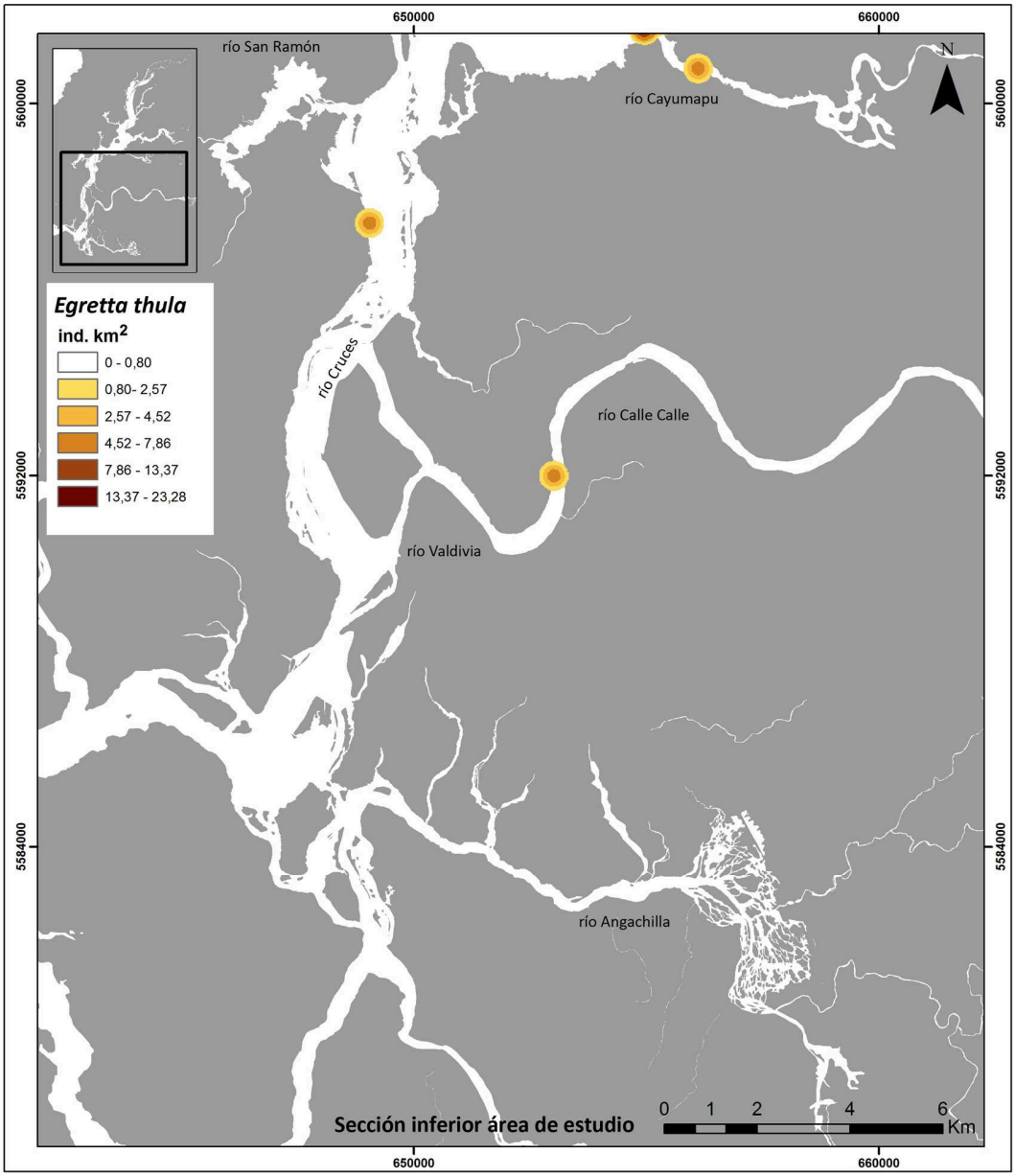


Figura 4.10.34. Distribución espacial de la Garza blanca chica (*Egretta thula*) a lo largo de las riberas de la sección inferior del área de estudio (enero 2015).

4.10.4.4. Concentración de elementos y compuestos químicos

La Tabla 4.10.9, muestra la concentración de metales pesados en tejidos de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y Garza blanca grande (*Ardea alba*).

El metal pesado más representado (*i.e.*, mayor concentración) en *Cygnus melancoryphus* y *Ardea alba* fue el Hierro (hasta 6391,0 µg / g), seguido del Zinc (hasta 244,6 µg / g) y el Cobre (hasta 107,5 µg / g). La comparación de tejidos muestra que en general las concentraciones de todos los metales fueron más altas en tejidos hepáticos que en tejidos musculares; similarmente, la tendencia fue que las concentraciones de metales pesados fuesen más altas en tejidos de cisnes *versus* aquellas medidas en tejidos de garzas (Tabla 4.10.9).

Aluminio y Arsénico no fueron detectados en ningún tipo de tejido, a la vez que el Manganeso y el Cadmio, solo se detectaron en tejidos hepáticos. El Mercurio se detectó en tejidos hepáticos y musculares de cisnes y garzas, con mayores concentraciones en tejidos de garzas (hasta 1,35 - 1,46 µg / g en garzas *versus* 0,40 µg / g en cisnes (Tabla 4.10.9).

Tabla 4.10.9. Concentración de metales pesados en tejidos de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y Garza blanca grande (*Ardea alba*). Se indican los sectores (*cf.,* Fig. 4.1) desde donde fueron recolectados y/o cazados los especímenes estudiados. SM = sin muestras. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas por cada garza).

sectores	Hierro (µg / g)		Aluminio (µg / g)		Manganeso (µg / g)	
	hígado	músculo	hígado	músculo	hígado	músculo
Cygnus melancoryphus						
Eje central del río Cruces						
4 (sector Santa Clara)	3593,0	726,0	**0,3**	**0,3**	14,6	**0,1**
6 (sector Punucapa)	6391,0	365,0	**0,3**	**0,3**	26,5	**0,1**
6 (sector Punucapa)	SM	1665,7	SM	**0,3**	SM	**0,1**
6 (sector Punucapa)	1192,0	2259,2	**0,3**	**0,3**	18,7	**0,1**
6 (sector Punucapa)	1945,0	328,8	**0,3**	**0,3**	21,9	**0,1**
Ríos tributarios del río Cruces						
8 (río Pichoy)	SM	406,6	SM	**0,3**	SM	**0,1**
10 (sector Santa María)	SM	650,8	SM	**0,3**	SM	**0,1**
Ardea alba						
Eje central del río Cruces						
3 (sector Tres Bocas)	2283,8	333,7 (3,3)	**0,3**	**0,3**	11,9	**0,1**
4 (sector Santa Clara)	1343,9	291,9 (3,5)	**0,3**	**0,3**	17,6	**0,1**
6 (sector Punucapa)	1674,6	253,4 (23,7)	**0,3**	**0,3**	11,0	**0,1**
6 (sector Punucapa)	622,5	209,3 (0,9)	**0,3**	**0,3**	12,4	**0,1**

Tabla 4.10.9. Continuación.

sectores	Cobre (µg / g)		Zinc (µg / g)		Plomo (µg / g)	
	hígado	**músculo**	**hígado**	**músculo**	**hígado**	**músculo**
Cygnus melancoryphus						
Eje central del río Cruces						
4 (sector Santa Clara)	35,66	54,98	244,60	72,10	0,05	0,03
6 (sector Punucapa)	64,38	29,72	155,80	6,56	0,05	0,02
6 (sector Punucapa)	SM	107,54	SM	141,46	SM	0,25
6 (sector Punucapa)	44,55	26,00	79,75	67,92	0,02	0,02
6 (sector Punucapa)	40,66	32,70	107,70	69,82	0,03	0,04
Ríos tributarios del río Cruces						
8 (río Pichoy)	SM	33,70	SM	57,01	SM	0,03
10 (sector Santa María)	SM	44,02	SM	76,80	SM	0,11
Ardea alba						
Eje central del río Cruces						
3 (sector Tres Bocas)	18,59	14,55 (0,0)	104,1	69,89 (0,2)	0,02	0,05 (0,01)
4 (sector Santa Clara)	18,82	12,62 (0,1)	91,84	52,57 (0,2)	0,03	0,08 (0,01)
6 (sector Punucapa)	20,20	12,10 (0,2)	91,34	80,63 (1,3)	0,02	0,01 (0,01)
6 (sector Punucapa)	52,03	12,18 (0,1)	153,0	87,49 (0,03)	0,34	0,02 (0,01)

Tabla 4.10.9. Continuación

sectores	Cadmio (µg / g)		Arsénico (µg / g)		Mercurio (µg / g)	
	hígado	músculo	hígado	músculo	hígado	músculo
Cygnus melancoryphus						
Eje central del río Cruces						
4 (sector Santa Clara)	0,87	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,12	0,03
6 (sector Punucapa)	1,16	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,10	0,03
6 (sector Punucapa)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,03
6 (sector Punucapa)	0,30	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,40	0,03
6 (sector Punucapa)	0,44	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,10	0,04
Ríos tributarios del río Cruces						
8 (río Pichoy)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,05
10 (sector Santa María)	SM	**0,01**	SM	**0,001**	SM	0,02
Ardea alba						
Eje central del río Cruces						
3 (sector Tres Bocas)	0,24	**0,01**	**0,001**	**0,001**	1,46	1,03 (0,01)
4 (sector Santa Clara)	0,31	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,69	0,82 (0,02)
6 (sector Punucapa)	0,20	**0,01**	**0,001**	**0,001**	2,10	1,29 (0,03)
6 (sector Punucapa)	**0,01**	**0,01**	**0,001**	**0,001**	0,71	1,35 (0,06)

Lípidos, Ácidos grasos, Ácidos resínicos, AOX y EOX

La Tabla 4.10.10 muestra las concentraciones de Lípidos y Ácidos grasos en tejidos de cisnes y garzas. En términos generales, las concentraciones de Lípidos fueron más altas en tejidos musculares de ambas aves (hasta ~ 82000 y 91000 µg / g en cisnes y garzas, respectivamente), a la vez que los Ácidos grasos tuvieron concentraciones más altas en tejidos hepáticos (hasta ~ 7800 y 2400 µg / g en cisnes y garzas, respectivamente). La Tabla 4.6.13 muestra también que en general, las concentraciones de Lípidos fueron más altas en tejidos de garzas, a la vez que las de Ácidos grasos fueron más altas en cisnes. No se detectaron Ácidos resínicos con la técnica utilizada (Tabla 4.10.10).

La Tabla 4.10.11 muestra que en general, las concentraciones de AOX en tejidos de cisnes y garzas fueron más altas que las de EOX en los mismos tejidos (hasta ~ 42 y 26 µg / g y ~ 10 y 12 µg / g en cisnes y garzas, respectivamente. La misma Tabla muestra también que en general, las concentraciones de AOX fueron más altas en cisnes, a la vez que no se observaron mayores diferencias en las concentraciones de EOX medidas en cisnes y garzas (Tabla 4.10.11).

Tabla 4.10.10. Concentración de Lípidos, Ácidos grasos y Ácidos resínicos en tejidos de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y Garza blanca grande (*Ardea alba*). Se indican los sectores (*cf.,* Fig. 4.1) desde donde fueron recolectados y/o cazados los especímenes estudiados. SM = sin muestras. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas por cada garza).

sectores	Lípidos (µg / g)		Ácidos grasos (µg / g)		Ácidos resínicos (µg / g)	
	hígado	músculo	hígado	músculo	hígado	músculo
Cygnus melancoryphus						
Eje central del río Cruces						
4 (sector Santa Clara)	33139	46404	7761	3771	**0,01**	**0,01**
6 (sector Punucapa)	33179	43274	3292	3236	**0,01**	**0,01**
6 (sector Punucapa)	SM	7009	SM	1067	SM	**0,01**
6 (sector Punucapa)	30369	32865	3050	5161	**0,01**	**0,01**
6 (sector Punucapa)	30681	47221	3982	3646	**0,01**	**0,01**
Ríos tributarios del río Cruces						
8 (río Pichoy)	SM	81971	SM	5762	SM	**0,01**
10 (sector Santa María)	SM	9134	SM	2370	SM	**0,01**
Ardea alba						
Eje central del río Cruces						
3 (sector Tres Bocas)	SM	62143 (61)	2123	1362 (123)	**0,01**	**0,01**
4 (sector Santa Clara)	67093	76071 (265)	1986	1673 (25)	**0,01**	**0,01**
6 (sector Punucapa)	81852	68436 (514)	1870	1374 (565)	**0,01**	**0,01**
6 (sector Punucapa)	SM	91174 (18)	2399	2000 (113)	**0,01**	**0,01**

Tabla 4.10.11. Concentración de AOX y EOX en tejidos de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y Garza blanca grande (*Ardea alba*). Se indican los sectores (*cf.,* Fig. 4.1) desde donde fueron recolectados y/o cazados los especímenes estudiados. SM = sin muestras. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas por cada garza).

sectores	AOX (µg / g)		EOX (µg / g)	
	hígado	**músculo**	**hígado**	**músculo**
Cygnus melancoryphus				
Eje central del río Cruces				
4 (sector Santa Clara)	33,70	13,90	7,34	3,92
6 (sector Punucapa)	27,17	12,10	10,12	7,91
6 (sector Punucapa)	SM	12,44	SM	9,39
6 (sector Punucapa)	36,11	12,96	9,50	13,92
6 (sector Punucapa)	42,04	18,41	6,49	6,19
Ríos tributarios del río Cruces				
8 (río Pichoy)	SM	25,78	SM	6,35
10 (sector Santa María)	SM	9,56	SM	3,31
Ardea alba				
Eje central del río Cruces				
3 (sector Tres Bocas)	18,56	10,66 (0,85)	11,64	7,32 (2,63)
4 (sector Santa Clara)	26,25	13,51 (3,36)	5,17	7,40 (4,46)
6 (sector Punucapa)	26,14	11,75 (1,10)	5,32	7,46 (0,36)
6 (sector Punucapa)	10,65	12,21 (1,67)	10,68	7,03 (0,28)

Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos

Las concentraciones de Dioxinas, Furanos y EQTs fueron más altas en tejidos de garzas que en los estudiados en cisnes (Tabla 4.10.12). Las concentraciones más altas de Dioxinas y Furanos se encontraron en tejidos musculares de garzas cazadas en los sectores Tres Bocas y Santa Clara (0,0505 y 0,00275 ng/g, respectivamente). La Tabla 4.10.13 muestra las concentraciones de las Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD (asociadas a procesos industriales e incendios forestales, por ejemplo) en los especímenes analizados; para ambas Dioxinas, las concentraciones de las mismas fueron más altas que el límite de detección sólo en los tejidos musculares de garzas (Tabla 4.10.13).

Tabla 4.10.12. Concentración de Dioxinas, Furanos y ETQs en tejidos de especímenes de Cisne de cuello negro (*Cynus melacoryphus*) y Garza blanca grande (*Ardea alba*). Se indican los sectores (*cf.,* Fig. 4.1) desde donde fueron recolectados y/o cazados los especímenes estudiados. SM = sin muestras. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas por cada garza). Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

sectores	Dioxinas (ng/g)		Furanos (ng/g)		ETQs (ng/g)	
	hígado	**músculo**	**hígado**	**músculo**	**hígado**	**músculo**
Cygnus melancoryphus						
Eje central del río Cruces						
4 (sector Santa Clara)	0,00030	0,00060	0,00020	0,00020	0,00013	0,00013
6 (sector Punucapa)	0,00040	0,00050	0,00040	0,00110	0,00001	0,00008
6 (sector Punucapa)	0,00050	0,00060	0,00030	0,00220	0,00037	0,00019
6 (sector Punucapa)	0,00020	0,00030	0,00070	0,00030	0,00006	0,00001
6 (sector Punucapa)	**0,00010**	**0,00010**	0,00010	0,00050	0,00000	0,00006
Ríos tributarios del río Cruces						
8 (río Pichoy)	0,00020	0,00020	0,00030	0,00030	0,00001	0,00001
10 (sector Santa María)	0,00050	0,00070	0,00080	0,00060	0,00009	0,00014
Ardea alba						
Eje central del río Cruces						
3 (sector Tres Bocas)	SM	0,05050 (0,0007778)	SM	0,00460 (0,0005656)	SM	0,00199 (0,0003403)
4 (sector Santa Clara)	SM	0,00275 (0,0000707)	SM	0,00235 (0,0003535)	SM	0,00144 (0,0000388)
6 (sector Punucapa)	SM	0,00155 (0,0000707)	SM	0,00110 (0,0002828)	SM	0,00080 (0,0001103)
6 (sector Punucapa)	SM	0,00060 (0,0001414)	SM	0,00105 (0,0000707)	SM	0,00041 (0,0000050)

Tabla 4.10.13. Concentración de Dioxinas 2378-TCDD y 12378-PCDD en tejidos de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y Garza blanca grande (*Ardea alba*). Se indican los sectores (*cf.,* Fig. 4.1) desde donde fueron recolectados y/o cazados los especímenes estudiados. SM = sin muestras. Los valores en paréntesis son desviaciones estándar (dos lecturas por cada garza). El límite de detección para ambas Dioxinas es 0,0001. Los valores en negrilla son límites de detección del método utilizado.

sectores	2378-TCDD (ng/g)		12378-PCDD(ng/g)	
	hígado	**músculo**	**hígado**	**músculo**
Cygnus melancoryphus				
Eje central del río Cruces				
4 (sector Santa Clara)	**0,00010**	**0,00010**	0,00010	0,00010
6 (sector Punucapa)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**
6 (sector Punucapa)	0,00010	0,00010	0,00020	**0,00010**
6 (sector Punucapa)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**
6 (sector Punucapa)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**
Ríos tributarios del río Cruces				
8 (sector río Pichoy)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**
10 (sector Santa María)	**0,00010**	**0,00010**	**0,00010**	0,00010
Ardea alba				
Eje central del río Cruces				
3 (sector Tres Bocas)	SM	0,00050 (0,0002828)	SM	0,00105 (0,0000707)
4 (sector Santa Clara)	SM	0,00040 (0,0000000)	SM	0,00080 (0,0000000)
6 (sector Punucapa)	SM	0,00015 (0,0000707)	SM	0,00055 (0,0000707)
6 (sector Punucapa)	SM	0,00015 (0,0000707)	SM	0,00015 (0,0000707)

Concentraciones de elementos y compuestos químicos en otras aves

Las Tablas 4.10.14 a 4.10.20, muestran los resultados de la búsqueda bibliográfica sobre concentraciones de metales pesados, AOX, EOX, Dioxinas, Furanos, y Equivalentes Tóxicos en diferentes aves. Aun cuando en general, las referencias encontradas no corresponden a las especies aquí estudiadas ni tampoco a especies congenéricas de las mismas o a aves acuáticas, esas referencias permitieron establecer rangos comparativos de concentraciones en los elementos y compuestos químicos aquí estudiados. Los datos de esas Tablas permitieron realizar gráficos comparativos con las concentraciones encontradas en este Programa de Diagnóstico.

Tabla 4.10.14. Valores de concentraciones de metales pesados (Fe, Mn, Cu) en hígado de aves recolectados de ambientes acuáticos alejados de fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g-1 de peso seco. (*) = un solo dato; (**) = peso húmedo; SD= sin dato

especie	área geográfica	referencias	Fe (µg/g)	Mn (µg/g)	Cu (µg/g)
Cygnus olor	Chesapeake Bay, USA	Beyer *et al*., 1998	5000 (3600)	12 (3,5)	1200 (710)
Podiceps nigricollis	California, USA	Rattner & Jehl, 1997	1327 (1026-2127)	SD	SD
Podiceps nigricollis	California, USA	Rattner & Jehl, 1997	620 (243-951)	SD	SD
Podiceps nigricollis	California, USA	Rattner & Jehl, 1997	1272 (291-5299)	SD	SD
*Anas platyrhynchos***	Slonsk, Polonia	Kalisinska *et al*., 2004	904,3 (394)	5,08 (1,39)	29,26 (20,02)
Anas platyrhynchos	Polonia	Kozulin & Pavluschick, 1993	1333	12.9*	59,5*
Anas penelope	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	8,7(2,9-22)	56 (18-206)
Anas strepera	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	12(5,4-23)	52 (7,1-346)
Anas crecca	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	8,6(5,0-16)	19 (5,8 -82)
Anas platyrhynchos	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	12(8,3-16,7)	19 (7,8-51)
Anas acuta	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	9,0 (5,7-14,1)	18 (6,2-72)
Anas querquedula	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	11(9,3-12)	52 (19 -21)
Anas clypeata	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	13 (7,2-23)	49 (14-166)
Netta rufina	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	11 (5,2-27)	69 (10-185)
Aythya ferina	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	8,1 (3,8-17)	60 (3,3 - 512)
Aythya fuligula	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	9,6 (6,5 -14)	42 (14 - 76)
Fulica atra	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	10 (7,5-1,7)	35 (2,3-66)
Gallinago gallinago	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	12*	21 (20-22)
Anas platyrhynchos	Albufera de Valencia, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	11 (1,1 -26)	46 (0,84 -197)
Netta rufina	Albufera de Valencia, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	14 (9,1-19)	133 (17-262)
Gallinago gallinago	Albufera de Valencia, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	6,0 (3,7-12)	19 (15-24)

Continuación **Tabla 4.10.14.**

especie	área geográfica	referencias	Fe (µg/g)	Mn (µg/g)	Cu (µg/g)
Anas clypeata	Albufera de Valencia, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	15 (7,4 -18)	80 (38-188)
Anas clypeata	El Hondo, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	10 (6,4-13)	23 (8,8-43)
Netta rufina	El Hondo, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	10 (5,9-16)	84 (13 - 226)
Aythya ferina	El Hondo, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	9,4 (7,1 -13)	138 (26-599)
Anas platyrhynchos	Tablas de Daimiel, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	10 (5,8-21)	127 (35-330)
Anser anser	Doñana, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	13 (7,1 -12)	60 (49 - 349)
Anas platyrhynchos	Doñana, España	Mateo & Guitart, 2003	SD	13 (9,1-20)	127 (17-155)

Tabla 4.10.15. Valores de concentraciones de metales pesados (Fe, Mn, Cu) en hígado de aves recolectados de ambientes acuáticos cercanos a fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; (**) = peso húmedo; SD= sin dato

especie	área geográfica	referencias	Fe (µg/g)	Mn (µg/g)	Cu (µg/g)
Pelecanus erythroryncos	Saltón Sea, USA	Bruelehr & Peyster, 1999	2804*	SD	16,5*
Pelecanus occidentalis	Saltón Sea, USA	Bruelehr & Peyster, 1999	2513*	SD	18,6*
Cygnus olor	Chesapeake Bay, USA	Beyer & Day, 2004	1700*	14*	2000*
*Anas platyrhynchos***	Szczecin City, Polonia	Kalisinska *et al*., 2004	621,3 (287,1)	5,99 (2,05)	20,04 (18,89)
Anas platyrhynchos	Polonia	Kozulin & Pavluschick, 1993	5917*	14,6*	58,8*
Cygnus olor	Tottori, Japón	Kobayashi *et al*., 1992	SD	SD	630-7170
Cygnus olor	Dinamarca	Elvestad *et al*., 1982	SD	SD	2680*
*Cygnus olor***	Olsemagle, Dinamarca	Clausen & Wolstrup, 1978	SD	SD	1096 (220 - 2740)
Fulica atra	Zarivar wetland, Irán	Mansouri & Majnoni, 2014	SD	SD	12,79 (0,85)
Anas platyrhynchos	Zarivar wetland, Irán	Mansouri & Majnoni, 2014	SD	SD	13,82 (1,35)

Tabla 4.10.16. Valores de concentraciones de metales pesados (Zn, Pb, Cd) en hígado de aves recolectados de ambientes acuáticos alejados de fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; (**) = peso húmedo; SD= sin dato.

especie	área geográfica	referencias	Zn (µg/g)	Pb (µg/g)	Cd (µg/g)
Cygnus olor	Chesapeake Bay, USA	Beyer *et al*., 1998	290(170)	1,5 (1,6)	16 (18)
Anas penelope	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	101(36-227)	17*	0,71*
Anas strepera	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	145 (78 - 243)	1,6*	11*
Anas crecca	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	100 (62-367)	2,2*	0,46*
Anas platyrhynchos	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	134 (112-169)	17 (2-107)	0,65 (0,25-1,3)
Anas acuta	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	138 (44-447)	18*	0,64*
Anas querquedula	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	49 (41 - 59)	2,0 (1,1-3,6)	SD
Anas clypeata	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	125 (57 - 302)	3,3*	1*
Netta rufina	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	128 (62-242)	1,6*	0,52*
Aythya ferina	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	120 (51-314)	5,8*	0,3*
Aythya fuligula	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	109 (50-221)	6,1*	0,63*
Fulica afra	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	175 (127-216)	1,2*	0,85*
Gallinago gallinago	Ebro Delta, España	Mateo & Guitart, 2003	118 (112-169)	1,4 (1,2-1,6)	3,2 (2,0-5,1)
Anas platyrhynchos	Albufera de Valencia, España	Mateo & Guitart, 2003	110 (4,9-225)	4*	0,29
Anas clypeata	Albufera de Valencia, España	Mateo & Guitart, 2003	143 (97 - 250)	2*	0,93
Netta rufina	Albufera de Valencia, España	Mateo & Guitart, 2003	171 (100-255)	2,3*	0,71
Gallinago gallinago	Albufera de Valencia, España	Mateo & Guitart, 2003	94 (73-146)	1,7*	1*
Anas clypeata	El Hondo, España	Mateo & Guitart, 2003	127 (103-162)	8,6 (2,0 - 78)	0,77 (0,61-1,2)
Netta rufina	El Hondo, España	Mateo & Guitart, 2003	156 (102-205)	2,3(1,0-21)	0,51*
Aythya ferina	El Hondo, España	Mateo & Guitart, 2003	226 (123 - 364)	11 (1,1 -114)	0,57 (0,26-1,6)
Anas platyrhynchos	Tablas de Daimiel, España	Mateo & Guitart, 2003	130 (85-225)	1,7*	0,53*

Continuación Tabla 4.10.16.

especie	área geográfica	referencias	Zn (µg/g)	Pb (µg/g)	Cd (µg/g)
Anser anser	Doñana, España	Mateo & Guitart, 2003	144 (116-170)	2,2 (1,0-8,1)	0,90 (0,67 - 7,8)
Anas platyrhynchos	Doñana, España	Mateo & Guitart, 2003	117 (80-155)	4,4 (1,0-19)	0,90 (0,55-1,8)
*Anas platyrhynchos***	Slonsk, Polonia	Kalisinska *et al*., 2004	42,32 (7,62)	0,342 (0,678)	0,87 (0,68)
Anas platyrhynchos	Polonia	Kozulin & Pavluschick, 1993	135,1	11,3*	1,8*
*Cygnus olor***	Suisa	Frank & Borg, 1979	SD	5*	SD
Larus heuglini	Hara reserve, Irán	Hoshyari *et al.,* 2012	68,3 (27,8)	5,1 (0,8)	1,1 (0,2)

Tabla 4.10.17. Valores de concentraciones de metales pesados (Zn, Pb, Cd) en hígado de aves recolectados de ambientes acuáticos cercanos a fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; (**) = peso húmedo; SD= sin dato.

especie	área geográfica	referencias	Zn (µg/g)	Pb (µg/g)	Cd (µg/g)
Pelecanus erythroryncos	Saltón Sea, USA	Bruelehr & Peyster, 1999	176*	SD	0,05*
Pelecanus occidentalis	Saltón Sea, USA	Bruelehr & Peyster, 1999	148*	SD	0,58*
Cygnus olor	Chesapeake Bay, USA	Beyer & Day, 2004	210*	0,41*	21*
*Anas platyrhynchos***	Szczecin City, Polonia	Kalisinska *et al*., 2004	39,72 (11,46)	0,229 (0,555)	0,282 (0,161)
Anas platyrhynchos	Polonia	Kozulin & Pavluschick, 1993	126,1*	14,5*	2,7*
Cygnus olor	Dinamarca	Elvestad *et al*., 1982	SD	SD	12*
Fulica atra	Zarivar wetland, Irán	Mansouri & Majnoni, 2014	60,87 (4,16)	2,06 (0,44)	0,85 (0,1)
Anas platyrhynchos	Zarivar wetland, Irán	Mansouri & Majnoni, 2014	64,11 (6,52)	2,20 (0,70)	1,81 (0,20)

Tabla 4.10.18. Valores de concentraciones de metales pesados (As y Hg) en hígado de aves recolectados de ambientes acuáticos alejados de fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; (**) = peso húmedo; SD= sin dato.

especie	área geográfica	referencias	As (µg/g)	Hg (µg/g)
Falco tinnunculu	Escocia, UK	Erry *et al*., 1999	0,121*	SD
Accipiter nisus	Escocia, UK	Erry *et al*., 1999	0,06*	SD
Tyto alba	Escocia, UK	Erry *et al*., 1999	0,048*	SD
Pato *(Podiceps nigricollis)*	California, USA	Rattner & Jehl, 1997	6,47 (1,5-17,53)	SD
Pato *(Podiceps nigricollis)*	California, USA	Rattner & Jehl, 1997	5,07 (3,96 - 8,03)	SD
Pato *(Podiceps nigricollis)*	California, USA	Rattner & Jehl, 1997	10,7 (5,8-17,2)	SD
Cisne mudo (*Cygnus olor*)	Dinamarca	Elvestad *et al*.,1982	SD	1,4*
Pato *(Mergus merganser)***	Bahia Hudson, Canadá	Laglois & Langis, 1995	SD	12,4 (18,8)
Pato rojo *(Mergus serrator)***	Bahia Hudson, Canadá	Laglois & Langis, 1995	SD	17,5 (12,0)
Pato *(Mergus merganser)***	Rio Rupert, Canadá	Laglois & Langis, 1995	SD	10,0 (7,5)

Tabla 4.10.19. Valores de concentraciones de metales pesados (As y Hg) en hígado de aves recolectados de ambientes acuáticos cercanos a fuentes evidentes de contaminación. Los valores son promedios o rangos (los valores en paréntesis corresponden a la desviación estándar) y se expresan en µg g^{-1} de peso seco. (*) = un solo dato; (**) = peso húmedo; SD= sin dato.

especie	área geográfica	referencias	As (µg/g)	Hg (µg/g)
Cisne mudo *(Cygnus olor)*	Chesapeake Bay, USA	Beyer & Day, 2004	0,19	0,11
Pato mallard *(Anas platyrhynchos)*	Parke Doñana, España	Hernandez *et al*., 1999	0,226	SD
Pato *(Aythya ferina)*	Parke Doñana, España	Hernandez *et al*., 1999	0,309	SD
Pato *(Anas grecca)*	Parke Doñana, España	Hernandez *et al*., 1999	0,377	SD
Pato *(Anas clypeata)*	Parke Doñana, España	Hernandez *et al*., 1999	0,406	SD
Pato *(Anas strepera)*	Parke Doñana, España	Hernandez *et al*., 1999	0,165	SD
Ganzo *(Fulica atra*)	Parke Doñana, España	Hernandez *et al*., 1999	0,63	SD
Flamenco *(Phoericopterus ruber)*	Parke Doñana, España	Hernandez *et al*., 1999	0,685	SD
Halcón *(Falco tinnunculus)*	Inglaterra, UK	Erry *et al*., 1999	0,346	SD
Aguilucho *(Accipiter nisus)*	Inglaterra, UK	Erry *et al*., 1999	0,062	SD
Lechuza *(Tyto alba)*	Inglaterra, UK	Erry *et al*., 1999	0,061	SD
Pato *(Gavias immer)*	Ontario, Canadá	Frank *et al*., 1983	SD	17
Pato *(Gavias immer)*	Nueva Escocia, Canadá	Daoust *et al*., 1998	SD	sd
Pato *(Gavias immer)*	New York, USA	Stone *et al*., 2001	SD	0,07
Garza azul grande *(Ardea herodias)*	Sourthern Florida, USA	Beyer *et al*., 1997	SD	4,5
Pato *(Aythya marila)*	Costa California, USA	Takekawa *et al*., 2002	SD	SD
Pato *(Gavias immer)*	Ontario, Canadá	Scheuhammer *et al*., 1998	SD	SD
*Fullica americana***	lago Tadenac, Canadá	Wren *et al.,* 1983	SD	0,34*
*Larus argentatus***	lago Tadenac, Canadá	Wren *et al.,* 1984	SD	1,7 (0,66 - 4.0)

Tabla 4.10.20. Valores de concentraciones Dioxinas y Furanos en tejidos de hígado de especies de aves recolectadas cerca de ambientes acuáticos con evidentes fuentes de contaminación. Los valores son promedios y se expresan en ng g^{-1} de peso húmedo. ([a]) = datos en peso seco; ([b])= análisis en tejido muscular.

especie	área geográfica	referencias	Dioxinas (ng/g)	Furanos (ng/g)	ETQs (ng/g)
Phalacrocorax carbo (macho)	Lago Biwa, Japón	*Kubota et al., 2013*	0,0948	0,0757	0,2100
Phalacrocorax carbo (hembra)	Lago Biwa, Japón	*Kubota et al., 2013*	0,0847	0,0528	0,1600
Aves piscívoras[a]	Lago Ya-Er, China	Wu *et al.,* 2000	0,1580	1,536	0,5520
Aves piscívoras[ab]	Lago Ya-Er, China	Wu *et al.,* 2000	0,0268	0,0749	0,1020
Passer domesticus	Baja California, México	Jiménez *et al.,* 2005	0,016	0,0047	0,0027
Columbina passerina	Baja California, México	Jiménez *et al.,* 2005	0,0044	0,0033	0,0017

Las Figuras 4.10.35 a 4.10.37, muestran las concentraciones de metales pesados obtenidos del hígado y musculatura de cisnes y garzas *versus* las encontradas en la literatura (referencias).

Las concentraciones de Hierro en tejidos hepáticos fueron más altas en cisnes que en garzas, siendo las primeras más altas que las de la literatura (Fig. 4.10.35). Las concentraciones de este metal en tejidos musculares fueron levemente superiores en cisnes que en garzas; en ambos casos, esos valores fueron más bajos que los de la literatura (Fig. 4.10.35). En general, las concentraciones de Manganeso en las aves aquí estudiadas, fueron más altas que las encontradas en la literatura (Fig. 4.10.35). En ambos tejidos aquí estudiados, las concentraciones de Cobre fueron notoriamente más bajas que las concentraciones referenciales (Fig. 4.10.35).

Las concentraciones de Zinc en tejidos hepáticos de cisnes y garza fueron similares a las encontradas en la literatura, a la vez que las medidas en tejidos musculares fueron más bajas (Fig. 4.10.36). Las concentraciones de Plomo y Cadmio en tejidos hepáticos y musculares de cisnes y garzas fueron notoriamente más bajas que las de la literatura; de hecho, el Cadmio no se detectó en tejidos musculares de ambas especies (Fig. 4.10. 36).

Las concentraciones promedios y rangos de Mercurio fueron siempre más bajas que los valores referenciales tomados de la literatura (Fig. 4.10.37).

Las concentraciones de Dioxinas y Furanos en tejidos hepáticos de cisnes y garzas analizados en este estudio, fueron notoriamente más bajas a las encontradas en la literatura (Fig. 4.10.38).

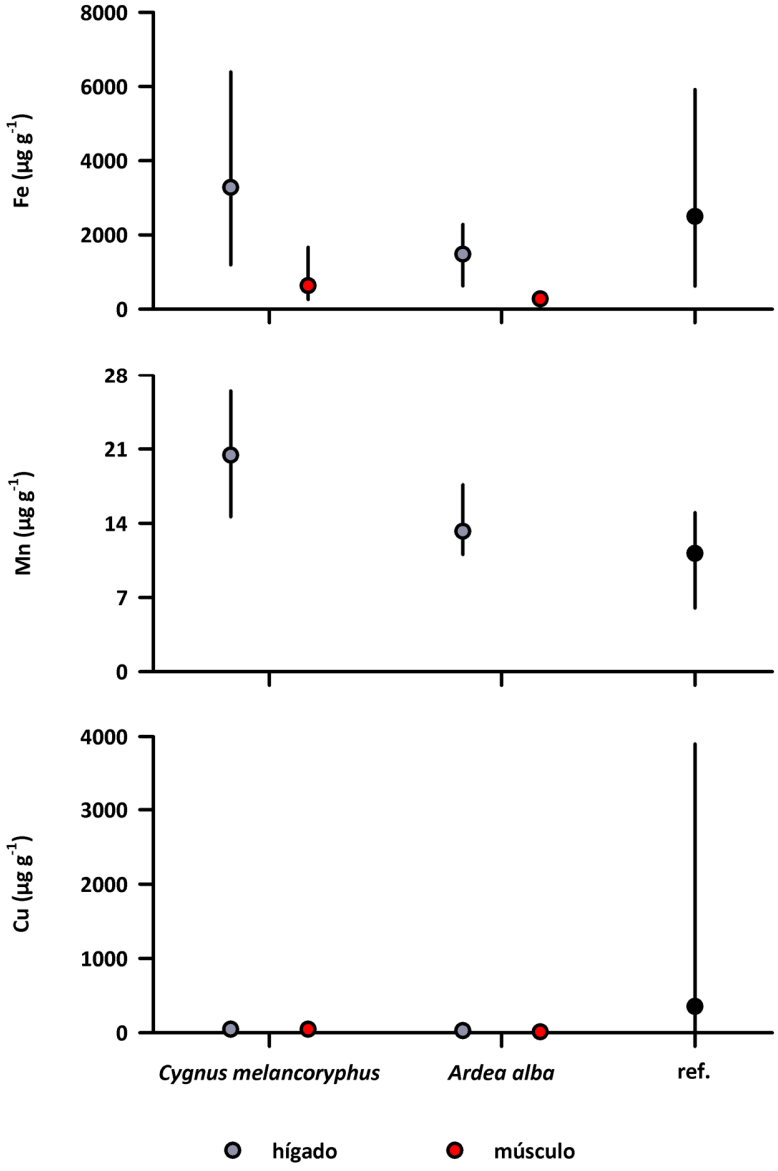


Figura 4.10.35. Concentraciones de Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Cobre (Cu) en tejidos hepáticos y musculares de especímenes de *Cygnus melanocoryphus* (Cisne de cuello negro) y *Ardea alba* (Garza blanca grande) analizados en este estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones de estos metales en tejidos hepáticos, los círculos en rojo representan las concentraciones en los tejidos musculares y las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentraciones ref.= valores estimados a partir de la literatura, las cuales corresponden a concentraciones en base a peso seco de tejidos hepáticos.

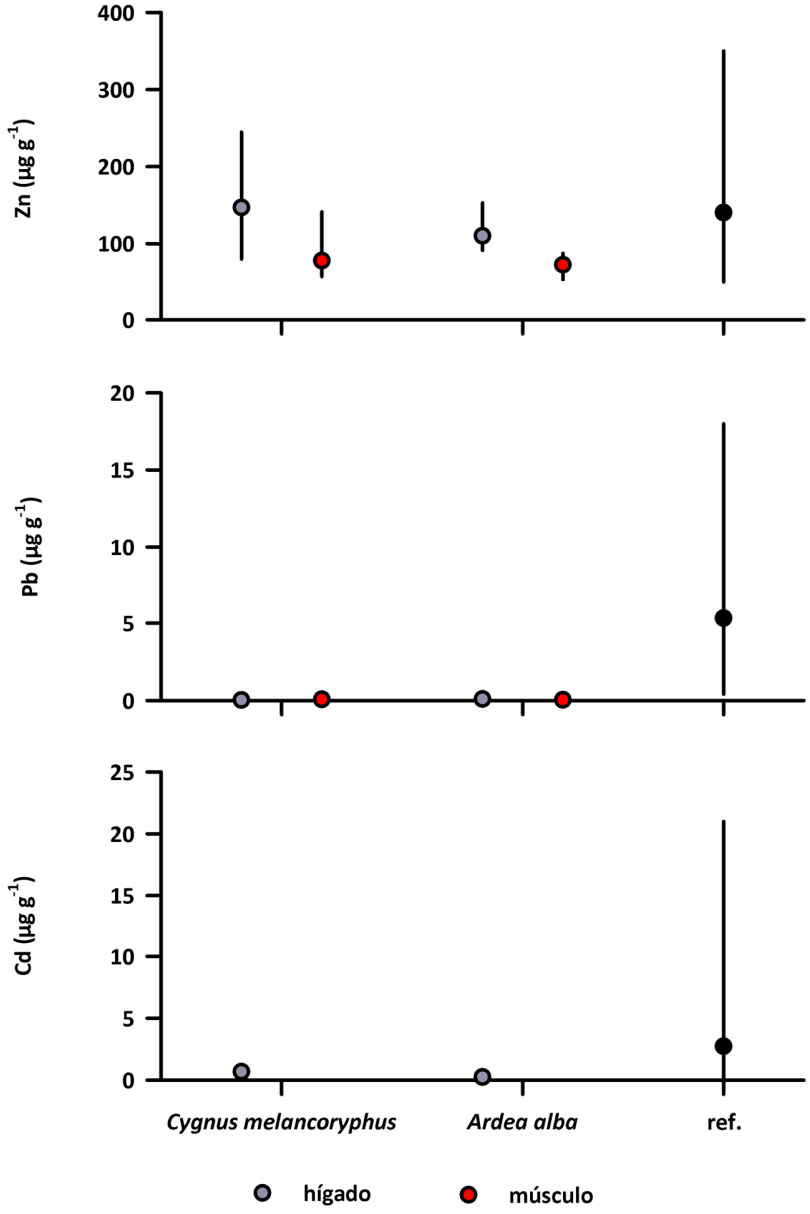


Figura 4.10.36. Concentraciones de Zinc (Zn), Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) en tejidos hepáticos y musculares de especímenes de *Cygnus melanocoryphus* (Cisne de cuello negro) y *Ardea alba* (Garza blanca grande) analizados en este estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones de estos metales en tejidos hepáticos, los círculos en rojo representan las concentraciones en los tejidos musculares y las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentraciones ref.= valores estimados a partir de la literatura, las cuales corresponden a concentraciones en base a peso seco de tejidos hepáticos.

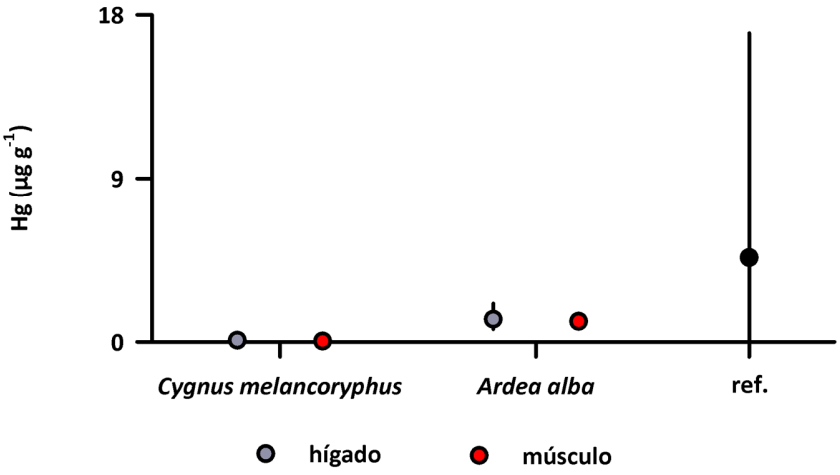


Figura 4.10.37. Concentraciones de Mercurio (Hg) en tejidos hepáticos y musculares de especímenes de *Cygnus melanocoryphus* (Cisne de cuello negro) y *Ardea alba* (Garza blanca grande) analizados en este estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones de estos metales en tejidos hepáticos, los círculos en rojo representan las concentraciones en los tejidos musculares y las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentraciones ref.= valores estimados a partir de la literatura, las cuales corresponden a concentraciones en base a peso seco de tejidos hepáticos.

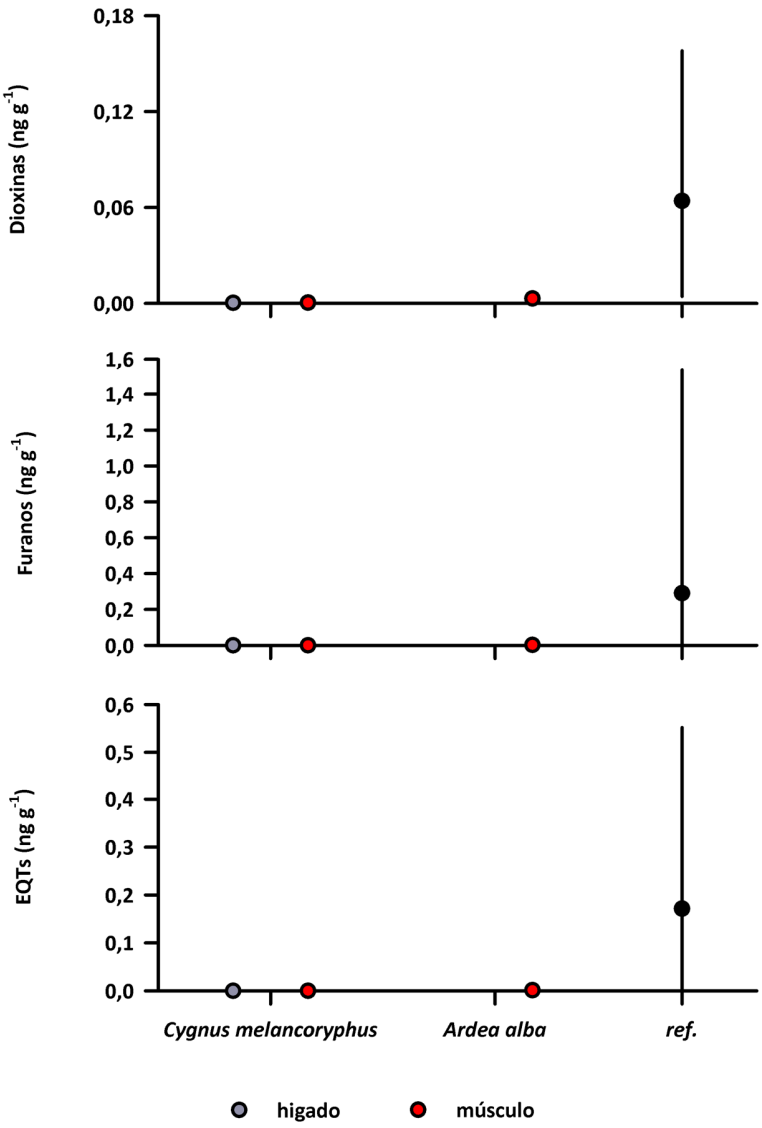


Figura 4.10.38. Concentraciones de Dioxinas y Furanos en tejidos hepáticos y musculares de especímenes de *Cygnus melanocoryphus* (Cisne de cuello negro) y *Ardea alba* (Garza blanca grande) analizados en este estudio. Los círculos en gris representan las concentraciones de estos metales en tejidos hepáticos, los círculos en rojo representan las concentraciones en los tejidos musculares y las líneas en torno a estos, unen los valores más altos y más bajos de concentraciones ref.= valores estimados a partir de la literatura.

Comparaciones interanuales de los elementos y compuestos químicos

La Tabla 4.10.20 y Figura 4.10.39, muestran que las altas concentraciones de Hierro medidas en tejidos hepáticos del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) en el área de estudio durante los años 2004-2005, no se han vuelto a registrar en los últimos años. Los datos del año 2015 son parte de este Programa de Diagnóstico, a la vez que los de años pasados se obtuvieron en diferentes estudios liderados por E. Jaramillo.

Tabla 4.10.20. Variabilidad inter anual en las concentraciones promedio de Hierro en tejidos hepáticos del Cisne de cuello negro en el área de estudio. Se entregan las concentraciones promedio de metales con rangos en paréntesis.

años	Hierro Fe (µg / g)
2002	2970,5 (2150 - 3791)
2004/2005	15429,9 (2325 - 34616)
2012	3280,3 (1192 - 6391)
2015	1518,9 (202 - 8873)

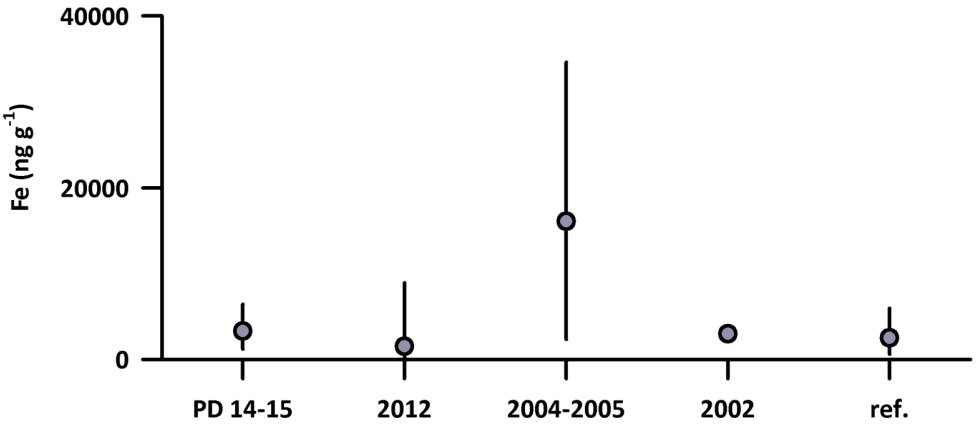


Figura 4.10.39. Variabilidad interanual de la concentración de Hierro en tejidos hepáticos de *Cygnus melanocoryphus* (Cisne de cuello negro) en el área de estudio versus los contenidos de este metal en aves acuáticas de otras latitudes.

4.10.5. Discusión

En este capítulo se presenta la variabilidad espacial y temporal en los patrones de diversidad del ensamble avifauna presente en el humedal del río Cruces para el periodo comprendido entre el año 1991 a diciembre del 2014. Además, se incluye un análisis detallado de la variabilidad espacial y temporal de la abundancia poblacional de dos grupos funcionales: aves herbívoras y piscívoras y sus patrones de variación en la distribución espacial dentro del humedal.

Estudios previos han evidenciado que las variaciones temporales pueden ser asociadas a cambios en procesos ambientales. Por ejemplo, se ha sugerido que la abundancia estacional de Cisnes de cuello negro puede ser afectada por las precipitaciones y la disponibilidad de alimento (Schlatter *et al*., 2002, Schlatter, 2005). Asimismo, a escala inter-anual, los aumentos en abundancia del Cisne de cuello negro han sido concordantes con la fase de La Niña, cuya disminución de las precipitaciones deseca

los humedales y estimula la migración desde el norte hacia el sur de Chile (Vilina *et al*., 2002). Sin embargo, estudiando el periodo comprendido entre el año 2000 y el 2005, Lagos *et al*., (2008) reportaron que la dinámica de los Cisnes no se corresponde con la variabilidad climática dominante en el área sino más bien asociada al impacto antropogénico que habría impactado al humedal el año 2004. Desde esa perspectiva, en el presente estudio no nos hemos focalizado en la variabilidad ambiental como forzante de la dinámica poblacional de los Cisnes sino que hemos revisado los patrones de variabilidad en la abundancia no sólo del Cisne de cuello negro sino todo el ensamble de avifauna y focalizado en grupos funcionales: herbívoros y piscívoros (Lagos *et al*., 2008). En este sentido, no existen estudios previos que hayan evaluado la variabilidad espacial y temporal a nivel del ensamble de la avifauna presente en el humedal. Nuestros resultados evidencian que la variabilidad temporal de la riqueza, diversidad, uniformidad y dominancia de especies sigue un patrón de variabilidad inter-anual caracterizado por poca variabilidad para el periodo 1991 hasta el 2004 y un total cambio de estado, probablemente en su estructura y función de la comunidad de aves del humedal para el periodo 2005 al 2014. Estos resultados son nuevos y evidencian que, al menos en una gran proporción, la dinámica temporal del ensamble de la avifauna no sigue los patrones de variabilidad climática que influencia al humedal del río Cruces y que probablemente este cambio en estructura y función de la comunidad de aves se deba a los cambios antropogénicos gatillados en el año 2004.

El análisis espacial evidenció que, históricamente, los sectores del eje central del humedal han presentado las abundancias poblacionales más altas de todas las especies seleccionadas, siendo los ríos tributarios de importancia menor en la distribución espacial de estas aves. Una conclusión general similar se logra identificar mediante la colecta de datos actualizados (enero 2015). Este resultado discrepa parcialmente de lo registrado recientemente por Gonzalez & Fariña (2013) quienes reportaron una mayor abundancia de cisnes en el sector de tributarios (Cayumapu). Esta variabilidad espacial en la distribución de Cisnes ha sido discutida en relación a la distribución de la disponibilidad de

alimento dentro del humedal (Jaramillo *et al*., 2007; Gonzalez & Fariña, 2013). Sin embargo, el patrón de distribución espacial detectado en este estudio es consistente a través del tiempo y tanto a nivel comunitario como de las especies estudiadas en detalle. Esto sugiere que los cambios en disponibilidad de alimento dentro del humedal antes y después del 2004 podría ser la principal forzante sobre los patrones de abundancia de las aves. Sin embargo, no puede descartarse la relación proporcional que podría existir entre las especies y su abundancia con la extensión del área de cada uno de los sectores del humedal, siendo de mayor extensión los del eje central y que por lo tanto tienen la posibilidad de contener una mayor abundancia poblacional y diversidad de especies.

En este estudio se demuestra que para los tres últimos años (2012 al 2014), la abundancia de Cisnes de cuello negro y Taguas ha aumentado significativamente respecto a lo registrado post año 2004. Asimismo, los índices de diversidad comunitaria han comenzado a retornar a los rangos de valores en los cuales fluctuaban antes del 2004. Ambos procesos ecológicos sugieren que la perturbación que experimentó el ecosistema del humedal del río Cruces en el año 2004, ha sido parcialmente removida o ha dejado de tener un efecto negativo y significativo sobre el componente biológico del ecosistema. En particular, es relevante mencionar que las especies piscívoras no se vieron afectadas sino beneficiadas en términos del aumento en abundancia después del año 2004. Este resultado reafirma que la perturbación sufrida por el ecosistema se propagó hacia las poblaciones y comunidad de aves vía un impacto sobre la disponibilidad de alimento de especies herbívoras (Lagos *et al*., 2008). Sin embargo, la desaparición de *Egeria densa* en las aguas del humedal del río Cruces, la principal fuente de alimento del Cisne de cuello negro (Jaramillo *et al*., 2007) y la homogeneidad temporal de los procesos climáticos de la zona (Lagos *et al*., 2008) apoyan la hipótesis del impacto antropogénico sobre este ecosistema. Se debe agregar que las dinámicas poblacionales de las especies herbívoras como piscívoras evidenciaron complejos patrones de variabilidad. En general, se logró detectar la existencia de retroalimentación positiva (ACF de Cisnes de cuello negro) y

negativas (PACF de Taguas y Taguitas) con retrasos de 1 y 2 años (Taguas y Garza cuca, respectivamente).

En términos generales, las concentraciones de elementos y compuestos químicos encontradas en tejidos biológicos de cisnes y garzas fueron más bajas que las indicadas para aves en la literatura. Sin embargo, llama la atención que tejidos de garzas analizadas muestran mayores concentraciones de Mercurio, Dioxinas y Furanos que los cisnes analizados, aun cuando estas últimas están en bajas concentraciones y en varios casos cerca del límite de detección del método utilizado. Las diferencias entre las concentraciones de esos elementos y compuestos que se observaron al comparar tejidos de cisnes y garzas, es probablemente el reflejo de las diferentes modalidades alimentarias de ambas aves; mientras el Cisne de cuello negro es un ave herbívora, la Garza blanca grande es carnívora. Debido a lo último, es probable que esta garza esté bio magnificando elementos y compuestos químicos, hipótesis que sólo podrá ser puesta a prueba durante los monitoreos futuros, es decir cuando se cuente con un número mayor de datos.

4.10.6. Conclusiones

- El ensamble de la avifauna en el humedal del río Cruces presenta una alta variabilidad temporal asociada a cambios significativos en sus índices de riqueza, diversidad, uniformidad y dominancia entre los periodos de tiempo antes y después del año 2004.
- La mayor diversidad de la avifauna se asocia a los sectores del eje central del humedal, lo cual puede estar asociado a disponibilidad de alimento y/o extensión del área de este hábitat.
- Los resultados obtenidos sugieren que desde el año 2011 la estructura comunitaria está retornando a los rangos de variación observados antes del año 2004.

• Para el periodo de tiempo estudiado, la variabilidad temporal y espacial de la abundancia poblacional de especies herbívoras y piscívoras presenta diferencias significativas entre los periodos antes y después del año 2004, y con aumentos en abundancia en los sectores del eje central del humedal.

• Mientras la abundancia de especies herbívoras (Cisne de cuello negro, Taguas y Taguitas) fue afectada negativamente, la abundancia de especies piscívoras (Garza blanca grande, chica y cuca) fue afectada positivamente por los cambios ambientales experimentados en el año 2004 dentro del humedal del río Cruces.

• Ambos grupos funcionales se distribuyen en mayor abundancia en los sectores del eje central del humedal del río cruces.

• Similares patrones de distribución espacial se registraron usando datos actualizados (enero 2015) para las aves herbívoras y piscívoras del humedal del río Cruces.

• Los resultados sugieren que a partir del año 2012, las especies afectadas negativamente como el Cisne de cuello negro y las Taguas han comenzado a aumentar en abundancia, y que este aumento es significativo y sostenido hasta diciembre del 2014.

• Las concentraciones de elementos y compuestos químicos encontradas en tejidos biológicos de cisnes y garzas fueron más bajas que las indicadas para aves en la literatura.

• Los tejidos de las garzas analizadas muestran mayores concentraciones de Mercurio, Dioxinas y Furanos que los cisnes analizados, aun cuando estas últimas están en bajas concentraciones y en varios casos cerca del límite de detección del método utilizado. Lo anterior puede ser el reflejo de las diferentes modalidades alimentarias de ambas aves; el hecho de que la Garza blanca grande se carnívora, puede resultar en proceso de bio magnificación de tales elementos y compuestos en sus tejidos.

4.10.7. Referencias

Beyer, W. N., D. Day, A. Morton, and Y. Pachepsky. 1998. Relation of lead exposure to sediment ingestion in mute swans on the Chesapeake Bay, USA. Environmental Toxicology and Chemistry 17: 2298-2301.

Beyer, W. N., and D. Day. 2004. Role of manganese oxides in the exposure of mute swans (*Cygnus olor*) to Pb and other elements in the Chesapeake Bay, USA. Environmental Pollution 129: 229-235.

Bruehler, G., and A. De Peyster. 1999. Selenium and other trace metals in pelicans dying at the Salton Sea. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 63: 590-597**.**

Clausen, B., and C. Wolstrup. 1978. Copper load in Mute Swans (*Cygnus olor*) found in Denmark. Nordisk Veterinaer Medicin 30:260-266.

Corti, P., and R. P. Schlatter. 2002. Feeding ecology of the blacknecked swan *Cygnus melancoryphus* in two wetlands of southern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment 37: 9-14.

Elvestad, K., O. Karlog, and B. Clausen. 1982. Heavy metals (copper, cadmium, lead, mercury) in mute swans from Denmark. Nordisk Veterinaer Medicin 34:92-97.

Engelhardt, K., and M. Ritchie. 2001. Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services. Nature 411: 687-89.

Erry, B., M. Macnair, A. Meharg, R. Shore, and I. Newton. 1999. Arsenic residues in predatory birds from an area of Britain with naturally and anthropogenically elevated arsenic levels. Environmental Pollution 106: 91-95.

Frank, A., and K. Borg. 1979. Heavy metals in the tissues of the mute swan (*Cygnus olor*). Acta Veterinaria Scandinavica 20: 447-465.

González, A. L, and J. M. Fariña. 2013. Changes in the abundance and distribution of Black-Necked Swans (*Cygnus melancoryphus*) in the Carlos Anwandter Nature Sanctuary and Adjacent Wetlands, Valdivia, Chile. Waterbirds 36: 507-514.

Hoshyari, E., A. Pourkhabbaz, and B. Mansouri. 2012. Contaminations of metal in tissues of Siberian gull *Larus heuglini*: gender, age, and tissue differences. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 89: 102-106.

Kalisińska, E., W. Salicki, P. Mysłek, K. M. Kavetska, and A. Jackowski. 2004. Using the mallard to biomonitor heavy metal contamination of wetlands in North-Western Poland. Science of the Total Environment 320: 145-161.

Kobayashi, Y., A. Shimada, T. Umemura, and T. Nagai. 1992. An outbreak of copper poisoning in mute swans (*Cygnus olor*). Journal of Veterinary Medical Science 54: 229-233.

Kozulin, A., and T. Pavluschick. 1993. Content of heavy metals in tissues of Mallards *Anas platythynchos* wintering in polluted and unpolluted habitats. Acta Ornithologica 28: 55-61.

Kubota, A., K. Yoneda, S. Tanabe, and H. Iwata. 2013. Sex differences in the accumulation of chlorinated dioxins in the cormorant (*Phalacrocorax carbo*): Implication of hepatic sequestration in the maternal transfer. Environmental Pollution 178: 300-305.

Jaramillo, E., R. P. Schlatter, H. Contreras, C. Duarte, N. Lagos, E. Paredes, J. Ulloa, G. Valenzuela, B. Peruzzo, and R. Silva. 2007. Emigration and mortality of Black-necked Swans (*Cygnus melancorypphus*) and disappearance of the macrophyte *Egeria densa* in a Ramsar wetland site of southern Chile. A Journal of the Human Environment 36: 607-609.

Jiménez, B., R. Rodríguez-Estrella, R. Merino, G. Gómez, L. Rivera, M. J. González, E. Abad, and J. Rivera. 2005. Results and evaluation of the first study of organochlorine contaminants (PCDDs, PCDFs, PCBs and DDTs), heavy metals and metalloids in birds from Baja California, México. Environmental Pollution 133: 139-146.

Lagos N.A., P. Paolini, E. Jaramillo, C. Lovengreen, C. Duarte, and H. Contreras. 2008. Environmental processes, water quality degradation, and decline of water-bird populations in the Rio Cruces wetland, Chile. Wetlands 28: 938-950.

Langlois, C., R. Langis, and M. Perusse. 1995. Mercury contamination in northern Quebec Environment and Wildlife. Water, Air, and Soil Pollution 80: 1021-1024.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University press Princeton. London, UK. 192 pp.

Mansouri, B., and F. Majnoni. 2014. Comparison of the Metal Concentrations in Organs of Two Bird Species from Western of Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 92: 433-439.

Mateo, R., and R. Guitart. 2003. Heavy metals in livers of waterbirds from Spain. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 44: 398-404.

McCune, B., and M. J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.37 MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.

Mitsch, W., and J. Gosselink. 2000. Wetlands. Third edition. John Wiley & Sons, New York, USA. 920 pp.

Mulsow, S., and M. Grandjean. 2006. Incompatibility of sulphate compounds and soluble bicarbonate salts in the Río Cruces waters: an answer to the disappearance of *Egeria densa* and black-necked swans in a Ramsar sanctuary. Ethics in Science and Environmental Politics 2006: 5-11.

Ramírez, C., C. San Martín, R. Medina, y D. Contreras. 1991. Estudio de la flora hidrófila del Santuario de la Naturaleza ''Río Cruces''. Gayana Botánica 48: 67-80.

Rattner, B., and J. R.Jehl. 1997. Dramatic fluctuations in liver mass and metal content of eared grebes (*Podiceps nigricollis*) during autumnal migration. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 59: 337-343.

Schlatter, R., J. Salazar, A. Villa, and J. Meza. 1991. Reproductive biology of Black-necked swans *Cygnus melancoryphus* in three Chilean wetland areas. Proceedings of the third International Swan Symposium. Wildfowl Supplement 1: 268-71.

Schlatter R. P., R. A. Navarro, and P. Corti .2002. Effects of El Niño Southern Oscillation on numbers of Black necked swans at Río Cruces Sanctuary, Chile. Waterbirds 25: 114-122.

Schlatter, R. P. 2005. Distribución del cisne de cuello negro en Chile y su dependencia de hábitats acuáticos de la cordillera de la Costa. Smith-Ramírez, J. J. Armesto & C. Valdovinos, Ediciones. Editorial Universitaria S.A., Santiago, Chile. 498-504 pp.

Soto-Gamboa, M., N. A. Lagos, E. Quiroz, E. Jaramillo, R. Nespolo, and A. Casanova-Katny. 2007. Causes of the disappearance of the aquatic plant *Egeria densa* and black-necked swans in a Ramsar sanctuary: comment on Mulsow and Grandjean. Ethics in Science and Environmental Politics 2007: 7-10.

Turchin, P. 1998. Quantitative analysis of movement: measuring and modeling population redistribution in animals and plants. Sinauer Associates, Sunderland. MA, USA.

Vilina, Y. A., H. Cofré, C. Silva-García, M. D. García, and C. Pérez-Friedenthal. 2002. Effects of El Niño on abundance and breeding of Black-necked Swans on El Yali Wetland in Chile. Waterbirds 25: 123-127.

Weiher, E., I. Wisheu, P. Keddy, and D. Moore. 1996. Establishment, persistence, and management implications of experimental wetland plant communities. Wetlands 16:208-18.

Wilson, S. D. and P. Keddy. 1986. Species competitive ability and position along a natural stress/disturbance gradient. Ecology 67: 1236-42.

Woelfl, S., M. Mages, F. Encina, and F. Bravo. 2006. Trace metals in microcrustaceans and brazilian waterweed from a contaminated Chilean wetland using total reflection X-ray fluorescence spectrometry. Microchimica Acta 154: 261-68.

Wu, W., Q. Zhang, K. W. Schramm, Y. Xu, and A. Kettrup. 2000. Distribution, transformation, and long-term accumulation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in different tissues of fish and piscivorous birds. Ecotoxicology and Environmental Safety 46: 252-257.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Second Edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.

ANEXO

Gobierno de Chile

RESOLUCIÓN EXENTA N°:7059/2014

AUTORIZA AL SR. EDUARDO JARAMILLO LOPETEGUI LA CAPTURA DE AVES CON FINES CIENTÍFICOS.

Santiago, 22/ 09/ 2014

VISTOS:

Lo solicitado por el interesado con fecha 08 de Agosto del 2014; la Ley N° 18.755, Orgánica de este Servicio; la ley N°4.601, de Caza, modificada por la Ley N° 19.473, de 1996; el D.S. N° 5, de 1998, del Ministerio de Agricultura; la Resolución N° 2.433 del 27 de abril de 2012 del Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero, modificada por la Res. Exenta N° 437, del 21 de enero de 2013.

CONSIDERANDO:

1. Que para fines de investigación, el Sr. Eduardo Jaramillo Lopetegui, solicita permiso de captura científica.

RESUELVO:

1. Autorízase al Sr. Eduardo Jaramillo Lopetegui, RUT N° 5.626.576-7, con domicilio en Calle Tralcao Sin Número, Comuna de San José de la Mariquina, Región de Los Rios, la captura de Aves, bajo las condiciones de la presente Resolución.

2. Se autoriza la captura de Aves de la especie *Casmerodius albus* (Garza grande) a través de redes de niebla, desde el sector de San Martín hasta Punucapa, incluyendo las areas del cabezal del río Cayumapu y Pichoy, comuna de Valdivia, Región Los Rios, desde la fecha de esta Resolución hasta el 31 de Octubre de 2014.

3. Se autoriza la captura de 4 (cuatro) ejemplares, los que serán sacrificados para obtención de muestras de tejido hepático y muscular.

4. Para la Manipulación de los ejemplares, deberán utilizarse las medidas de bioseguridad respectivas, que aseguren la protección de la fauna y de los investigadores.

5. Para las capturas se autoriza, además, la participación de Jonathan Vergara Amado, RUT: 16.940.600-6 y Jorge Holtheuer Ojeda, RUT: 15.548.258-3, bajo la supervisión del investigador responsable en terreno.

6. Para las capturas, deberá contarse con la autorización expresa de la Corporación Nacional Forestal, en caso que éstas se realicen dentro de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, o de los respectivos propietarios en caso, de realizarse fuera de ellas.

7. En forma previa a la colecta, con al menos 5 días hábiles de anticipación, el investigador deberá informar, por escrito, a la Dirección Regional SAG Región de Los Rios, al mail del encargado R.N.R. paula.mujica@sag.gob.cl al subdepartamento de Vida Silvestre del SAG Central, al mail diproren@sag.gob.cl, las fechas y sitios específicos del uso de trampas, además de un número de teléfono y/o dirección de correo electrónico de contacto.

8. Una vez concluidas las actividades de terreno, el Sr. Eduardo Jaramillo Lopetegui deberá enviar a la Dirección Regional SAG respectiva y a la División de Protección de los Recursos Naturales Renovables del SAG Central, un informe donde señale la cantidad de ejemplares capturados según especie, indicando las localidades en forma georeferenciada, tanto de la captura, así como detalles del esfuerzo de captura empleado, a más tardar 30 días hábiles después de finalizadas las capturas.

   En caso de existir alguna publicación originada de la autorización otorgada, deberá hacer referencia en ellas del permiso expedido.

   En el caso que la captura de individuos no sea efectuada, el interesado deberá de informar el hecho a la división de Protección de los Recursos Naturales Renovables.

9. Toda infracción a las disposiciones contenidas en la Ley de Caza y su Reglamento, y a la autorización que se ha otorgado será sancionada por el Servicio Agrícola y Ganadero.

ANOTESE Y TRANSCRIBASE

JOSÉ ROBERTO ROJAS CORNEJO
JEFE (TYP) DIVISIÓN PROTECCIÓN DE LOS

ceropapel.sag.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=22459034

Nombre	Tipo	Archivo	Copias	Hojas
Solicitud U. Austral Garzas	Digital			

Adjuntos

Documento	Fecha Publicación
8834/2014 Registro de Ingreso de documento Externo	20/08/2014

RAF/DLL

Distribución:

- Marcela Soledad Cespedes Moya - Secretaria Subdepto. de Vida Silvestre
- Cristian Ortega Pineda - Coordinador Transparencia SIAC
- Jorge Eduardo Cid Manriquez - Director Regional (TyP) Dirección Regional de Los Rios - Or.Lros
- Liliana Plaza de los Reyes Cid - Encargada de Difusión SIAC

División Protección de los Recursos Naturales Renovables

FIRMA ELECTRÓNICA SISTEMA DE GESTIÓN DOCUMENTAL

El presente documento ha sido suscrito por medio de firma electrónica avanzada en los términos de la Ley 19.799 (Sobre Documentos Electrónicos, Firma Electrónica y Servicios de Certificación de dicha Firma), siendo válido de la misma manera y produciendo los mismos efectos que los expedidos por escrito y en soporte de papel, con firma convencional.

El documento original está disponible en la siguiente dirección
url:http://custodiafirma1409.acepta.com/v01/2100db1767e1bc51281c23cc4599aacc5a101f06

RESOLUCIÓN EXENTA N°:7898/2014

MODIFICA RESOLUCIÓN N° 7059 DEL 22 DE SEPTIEMBRE DE 2014, QUE AUTORIZÓ AL SR. EDUARDO JARAMILLO LOPETEGUI, LA CAZA DE AVES CON FINES CIENTÍFICOS.

Santiago, 23/ 10/ 2014

VISTOS:

Lo solicitado por el interesado con fecha de 2 de octubre del 2014; Ley N° 18.755, Orgánica de este Servicio Agrícola y Ganadero; Ley 4.601, de Caza, modificada por la ley N° 19.473, de 1996; D.S. N° 5, de 1998, del Ministerio de Agricultura; Resolución N° 2433 del 27 de abril de 2012 del Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero, modificada por la Resolución Exenta N° 437 del 21 de enero de 2013.

CONSIDERANDO:

1. Que el Servicio Agrícola y Ganadero autorizó mediante Resolución N° 7059 del 22 de Septiembre de 2014, al Sr. Eduardo Jaramillo Lopetegui la caza de *Casmerodius albus* (Garza grande) con fines científicos.

2. Que para fines de un adecuado desarrollo del estudio, el Sr. Eduardo Jaramillo Lopetegui solicita cambiar el método de caza.

RESUELVO:

1. Modifíquese la Resolución N° 7059 del 22 de Septiembre de 2014, en el sentido de cambiar el método de caza, de redes niebla por el uso de un rifle de aire comprimido.

2. Las personas autorizadas por esta Resolución, requieren adicionalmente el permiso de caza correspondiente.

ANOTESE Y TRANSCRIBASE

JOSÉ ROBERTO ROJAS CORNEJO
JEFE (TYP) DIVISIÓN PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

RAF/AAS

Distribución:

- Jorge Eduardo Cid Manriquez - Director Regional (TyP) Dirección Regional de Los Rios - Or.Lros
- Liliana Plaza de los Reyes Cid - Encargada de Difusión SIAC
- Cristian Ortega Pineda - Coordinador Transparencia SIAC
- Marcela Soledad Cespedes Moya - Secretaria Subdepto. de Vida Silvestre

División Protección de los Recursos Naturales Renovables

4.11. Estado de la fauna de mamíferos acuáticos (Estudio 11):

4.11.1. Antecedentes

Producto del terremoto del 22 de mayo de 1960 las riberas del río Cruces y sus ríos tributarios descendieron alrededor de 1,5 a 2,5 metros (Feuker, 2006); esto resultó en un área de alrededor de seis mil hectáreas de humedales que con el paso de los años sirvieron como hábitat (*e.g*. hualves, pantanos, humedales y bañados) para una gran diversidad de flora y fauna acuáticas (http://www.ceachile.cl).

Hasta mediados de los años 70, los mamíferos acuáticos en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios estaban representados por el Coipo (*Myocastor coypus*) y el Huillín (*Lontra provocax*). En cuanto a su distribución natural, el Coipo y el Huillín se distribuyen geográficamente de manera similar, ocupando la zona del cono sur de América pero en magnitud de áreas distintas (Oporto, 2006; Guichón, 2003), siendo la distribución del Huillín más restringida y concentrada hacia la zona austral. Como depredadores naturales no presentan alguno específico, sino los derivados de la actividad antrópica como: depredación por perros domésticos, perturbación por ganado y el hombre.

A partir de los años 70 y producto de escapes y liberaciones intencionadas desde fábricas peleteras ubicadas en el sur de Chile, el Visón (*Neovison vison*) – mamífero acuático invasor y nativo de Norte América - comenzó a ocurrir en diferentes áreas de esta región y en zonas aledañas al sector del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Cerda, 2008; Medina, 1997); siendo cada vez más frecuentes los indicios de daños por su actividad en la zona como por ejemplo, ataques a criaderos de aves domésticas (El Llanquihue, 2007; Las Ultimas Noticias, 2013). La eventual interacción del Coipo y Huillín con el Visón en el área del humedal no ha sido adecuadamente documentada. Para otras áreas - como la Isla Magdalena ubicada en el centro del Estrecho de Magallanes - se han descrito observaciones que sugieren un control natural de la población del Visón por parte del Huillín, debido a la similitud de hábitos generando así una sobreposición de nichos

ecológicos (http://ambiental.unab.cl/2010/06/vison-versus-huillin-compartiendo-un-mismo-nicho -ecológico/); existen además antecedentes de depredación de crías y Coipos adultos por mustélidos en Argentina, aun cuando no se especifica la especie en cuestión (Guichón, 2003).

La importancia de la presencia o ausencia de mamíferos acuáticos como el Coipo y el Huillín en estos ecosistemas acuáticos ha sido utilizada para describir el estado de salud ambiental de los mismos; es decir, pueden ser utilizados como bioindicadores tal como descrito por Oporto (2006, 2009) para el caso del Huillín en las riberas del río Cruces (Oporto, 2006 y 2009). Por otra parte, mamíferos como el Coipo han sido mencionados como controladores de la composición vegetacional, reduciendo la propagación de plantas acuáticas emergentes y/o nadantes (Crooks, 2002; Carter & Leonard, 2013; Guichón, 2003). En lo que compete a la presencia de especies invasoras como el Visón, este afectaría negativamente las poblaciones de especies nativas a tal punto que son consideradas la segunda mayor causa de extinciones después de la perdida de hábitat (Wilcove *et al.*, 2005; Crego & Jiménez, 2013), poniendo en riesgo la conservación de la biodiversidad local.

En el contexto de lo anterior y con el objetivo de evaluar el estado actual de estos mamíferos acuáticos, se estudió la presencia, distribución espacial y abundancia relativa del Visón, Coipo y Huillín en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios

4.11.2. Objetivos

- Evaluar el estado actual de mamíferos acuáticos dentro del área del humedal del río Cruces y ríos tributarios.
- Estimar la abundancia y distribución del Visón (*Neovison vison*).
- Estimar la abundancia y distribución del Coipo (*Myocastor coypus*).
- Estimar la abundancia y distribución del Huillín (*Lontra provocax*).

4.11.3. Material y métodos

Para evaluar el estado actual de la fauna de mamíferos acuáticos del área de estudio se trabajó en colaboración con la CONAF (Corporación Nacional Forestal) y el SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), lo que permitió: i) obtener información valiosa acerca de las eventuales áreas de avistamiento de estos mamíferos, y ii) contar con las autorizaciones necesarias para por ejemplo, conducir el programa de captura de visones. Para el diseño de este programa se contó con la asesoría del Dr. Mauricio Soto, Coordinador de la Mesa de Trabajo del Visón y del Dr. Maximiliano Sepúlveda, ambos investigadores del Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas de la UACh y expertos en mamíferos acuáticos.

Captura de visones

Durante el período comprendido entre el 21 de octubre y 7 de diciembre de 2014, se instalaron trampas tipo Tomahawk para capturar ejemplares de Visón en las riberas del río Cruces (sectores La Dehesa, península San Ramón & río San Ramón y San Martín) y en las de los ríos tributarios Tambillo, Cayumapu, Pichoy y Cudico. Las Figuras de la 4.11.1 a la 4.11.7 muestran la distribución espacial de las trampas dentro de cada uno de los sectores mencionados con anterioridad, a la vez en el ANEXO 1 se entrega la ubicación geográfica detallada de las mismas (ver más abajo).

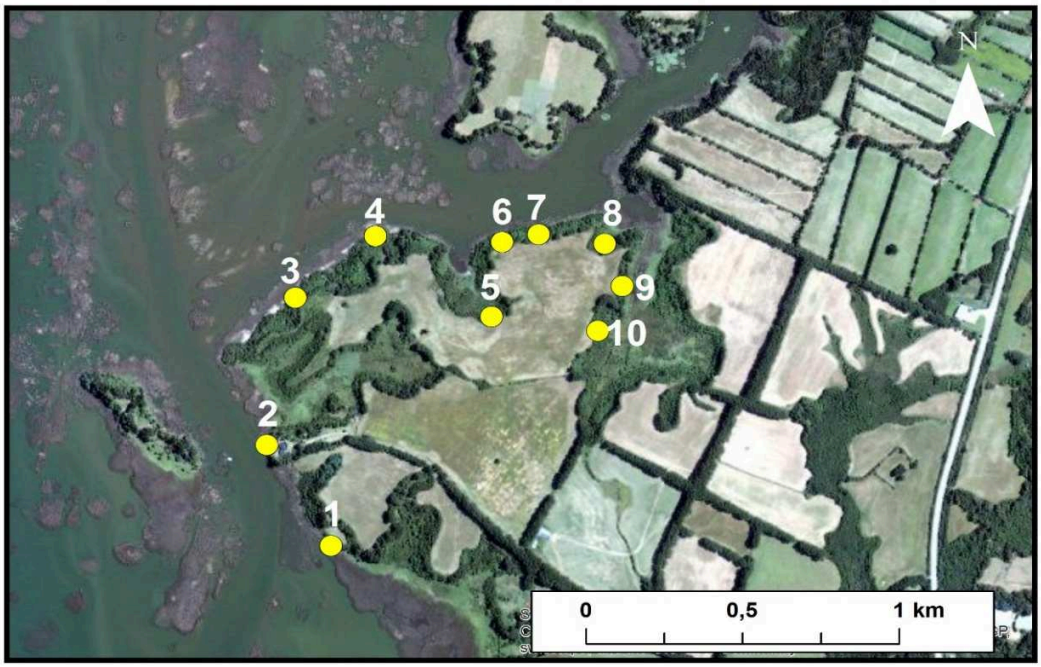


Figura 4.11.1. Distribución de trampas tipo Tomahawk para captura de Visón en el río Cruces, sector La Dehesa (transecto 1).

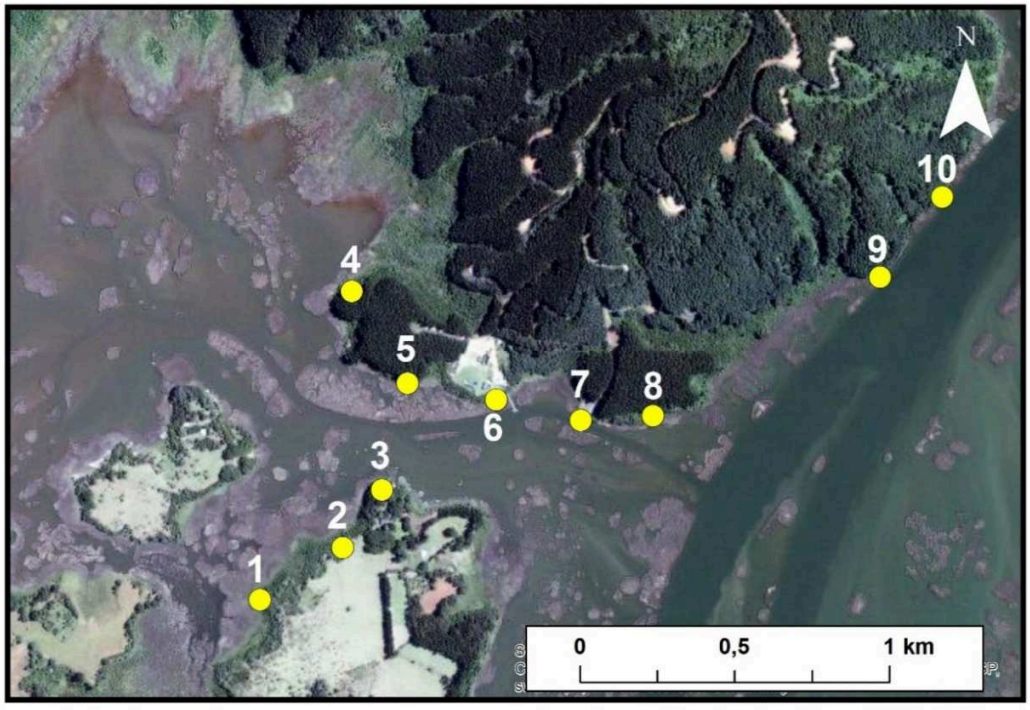


Figura 4.11.2. Distribución de trampas tipo Tomahawk para captura de Visón en el río Cruces, sector península San Ramón & desembocadura río San Ramón (transecto 2).

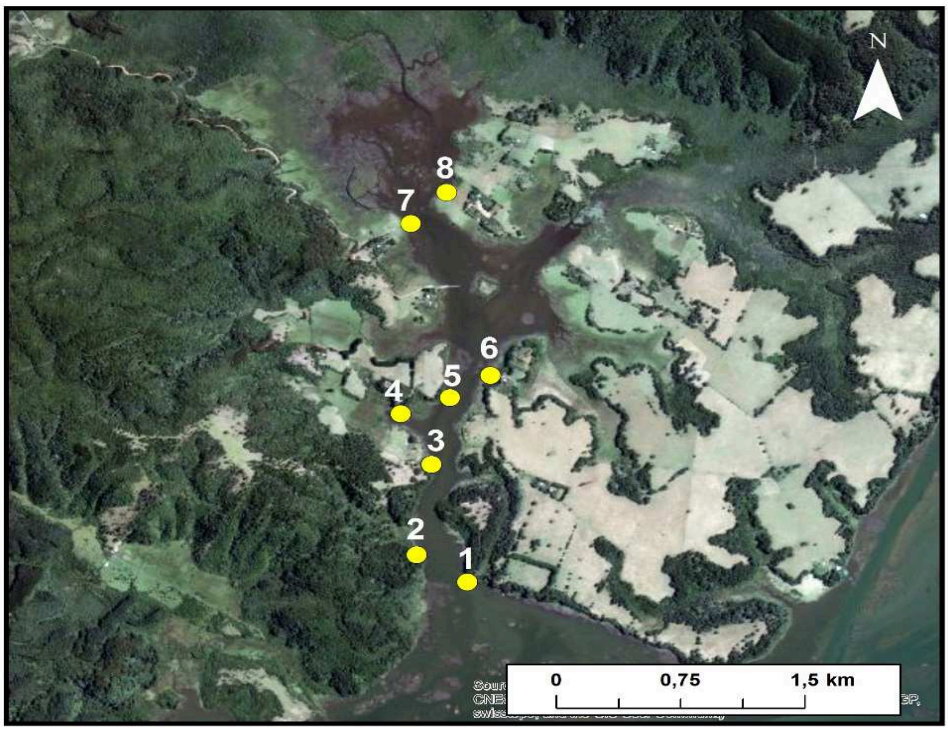


Figura 4.11.3. Distribución de trampas tipo Tomahawk para captura de Visón en el río Tambillo (transecto 3).

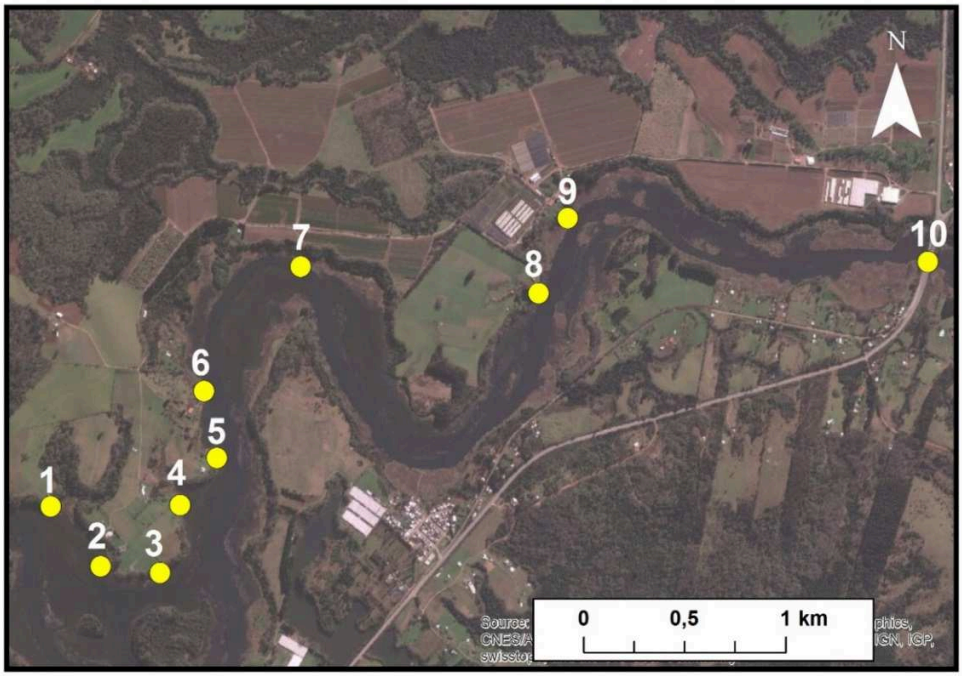


Figura 4.11.4. Distribución de trampas tipo Tomahawk para captura de Visón en el río Cayumapu (transecto 4).

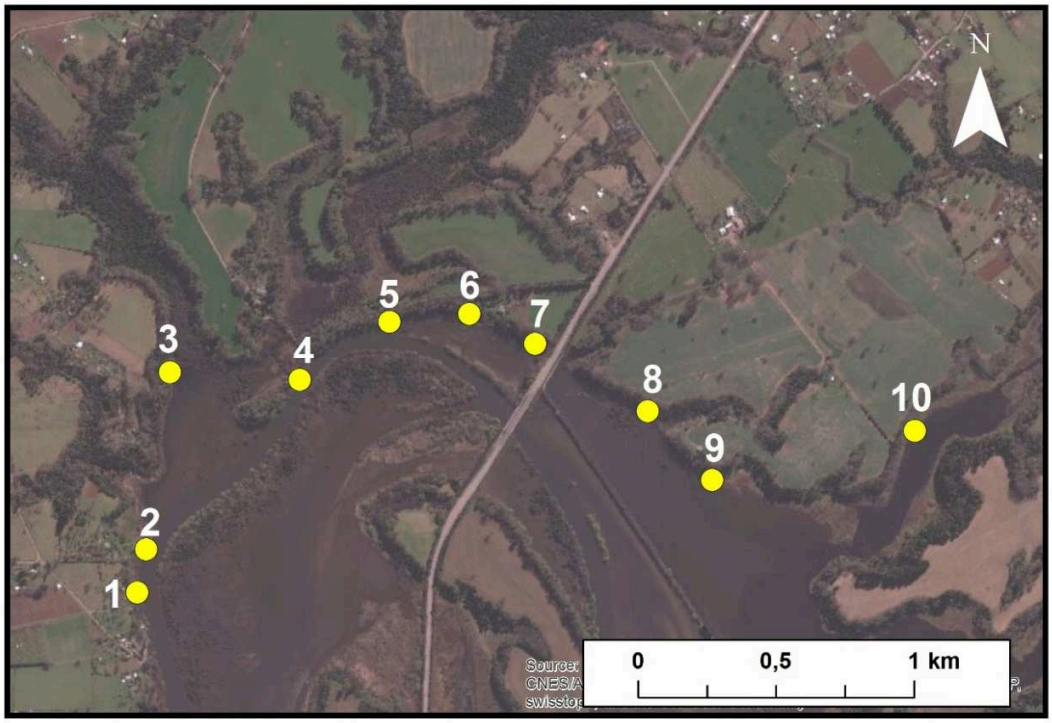


Figura 4.11.5. Distribución de trampas tipo Tomahawk para captura de Visón en el río Pichoy (transecto 5).

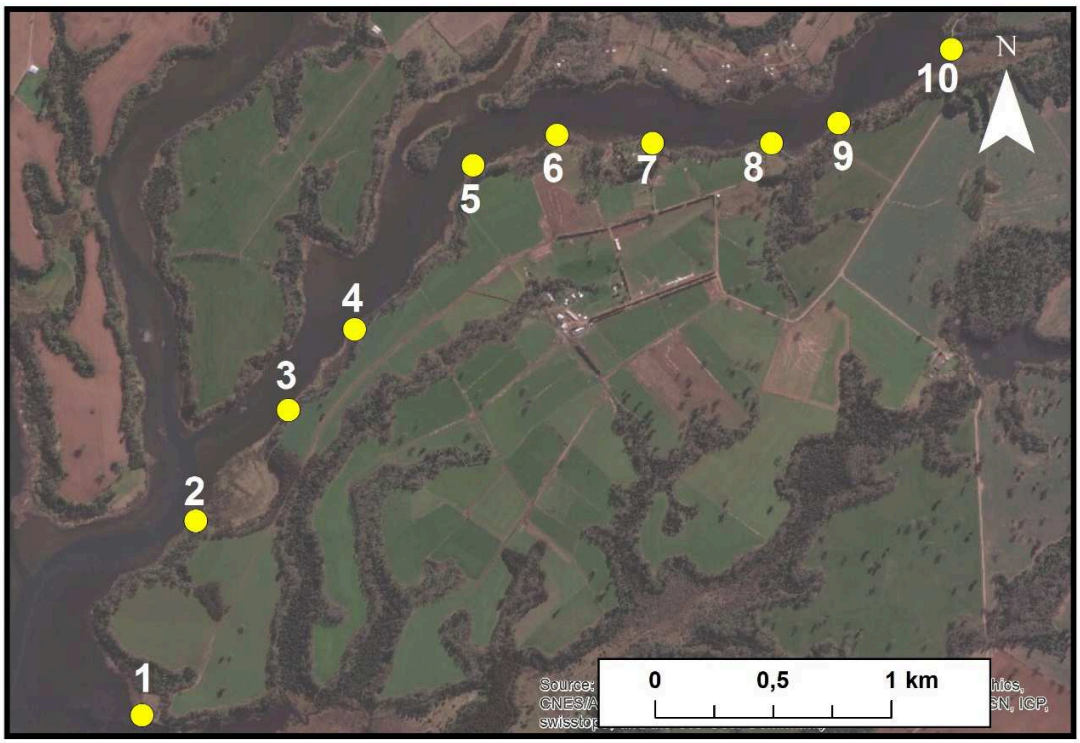


Figura 4.1.6. Distribución de trampas tipo Tomahawk para captura de Visón en el río Cudico (transecto 6).

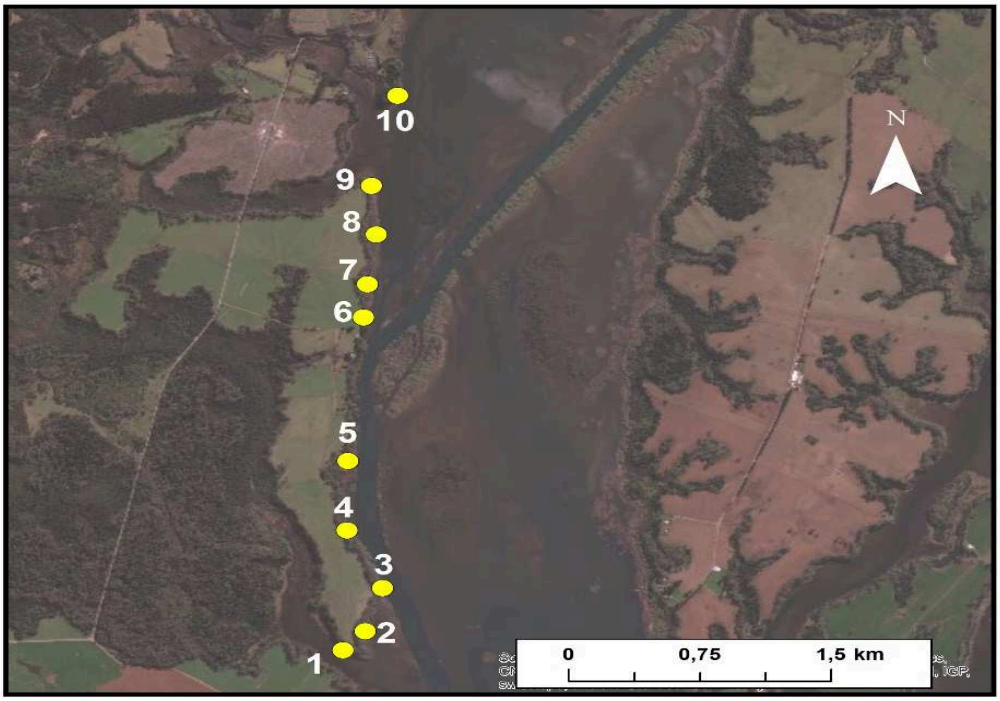


Figura 4.11.7. Distribución de trampas tipo Tomahawk para captura de Visón en el río Cruces, sector San Martín (transecto 7).

Una vez instaladas, las trampas fueron cebadas con jurel en tarro y revisadas diariamente por un período de cinco días (esfuerzo de captura). Las revisiones se realizaron durante la mañana siguiente a la instalación / revisión de las trampas. Para la distribución y espaciamiento de las mismas, se contempló una distancia mínima aproximada de 200 metros, siempre y cuando las condiciones del terreno y accesos así lo permitieran.

Los visones capturados - por tratarse de una especie invasora y catalogada como especie perjudicial o dañina - fueron sacrificados en terreno (acorde Ley nº 19.473 del Ministerio de Agricultura, Chile). Con este procedimiento se evitó además, que los mismos pudiesen ser recapturados dentro de otras zonas a monitorear posteriormente. Antes de proceder a la eutanasia, los ejemplares capturados fueron sedados con una solución de Xilacina (Xilacina 2%, 1 mg/kg de peso de Visón; Centrovet) y Ketamina (Ketamina 100, 10

mg/kg; Chemie) para ser manipulados y revisados por el veterinario a cargo; esto con el objetivo de constatar condiciones sanitarias básicas (*e.g.*, estado de la piel y dentadura, eventual presencia de heridas). Cada Visón capturado (Fig. 4.11.8) fue individualizado (etiquetado), sexado, medido y pesado para efectos de registro y estudios por parte de investigadores de la UACh (Dr. Mauricio Soto).



Figura 4.11.8. Fotografías de la captura de un especímen de *Neovison vison* en el sector del río Tambillo. (a) ejemplar macho dentro de la trampa; (b) plano de acercamiento que denota el estado saludable del Visón capturado.

El protocolo de eutanasia cumplió con lo estipulado e informado dentro del permiso de captura científica solicitado al SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). Este método consistió en suministrar bajo los efectos de la sedación, una inyección intracardiaca con una solución de barbitúricos a dosis alta (Tiopental sódico, 50 mg/kg; Chemie). Utilizando el número de capturas de ejemplares de Visón por transecto (con sus respectivas unidades de esfuerzo de captura), se determinó el Índice de Abundancia Relativa y Abundancia Total de esta especie.

Uso de cámaras trampa

Dentro de los sectores utilizados para captura de visones, se instalaron cámaras trampa (Bushnell HD) (Figura 4.11.9) por un periodo de 30 días, con el objetivo de verificar la presencia de mamíferos acuáticos dentro del área de estudio. Las cámaras utilizadas fueron programadas y reguladas (sensores) en terreno para la obtención de fotografías. La selección de los sitios de instalación, se basó en la presencia de signos y/o señales de presencia de actividad biológica (*i.e.*, huellas, madrigueras, fecas.), contemplando en todo momento la seguridad de las cámaras para la recuperación de los datos registrados. La ubicación geográfica de cada una de estas trampas se presenta en Tabla 4.11.1.



Figura 4.11.9. Fotografía de cámara trampa (Bushnell HD), ya instalada y lista para la realización de capturas de imágenes en la ribera del río Cruces, sector Península de San Ramón.

Tabla 4.11.1. Distribución y localización de cámaras trampas en coordenadas UTM (WGS-84) utilizadas para evaluar la presencia de mamíferos acuáticos en el área de estudio. Los sectores están ordenados latitudinalmente de sur a norte.

sectores	**localización coordenadas UTM** **X**	**Y**
1.- río Cruces/La Dehesa	650091	5598758
2.- río Cruces/península de San Ramón/río San Ramón	649509	5600518
3.- río Tambillo (*)	650871	5602980
4.- río Cayumapu	659805	5601065
5.- río Pichoy	661667	5604870
6.- río Cudico	657606	5607332
7.- río Cruces, sector San Martin	655817	5611640

(*) Para este sector no se consiguieron registros, debido a por perturbación antrópica se tuvo que retirar la trampa.

Estimaciones de presencia y abundancia de especímenes de Visón, Coipo y Huillín mediante avistamientos y observaciones *in situ*.

Durante el 19 de noviembre, 4 diciembre y el período 26 - 31 de diciembre de 2014, se recorrió el humedal del río Cruces, sus ríos tributarios y los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla, para evaluar la presencia de Visones (*Neovison vison*), Coipos (*Myocastor coypus*) y Huillines (*Lontra provocax*). Tales evaluaciones estuvieron basadas en la realización de avistamientos directos y en el registro de signos de presencia como huellas y madrigueras o fecas, las cuales fueron georeferenciadas en coordenadas UTM (huso WGS-84) con un GPS (Global Position System) GARMIN 60CSx y acompañadas de

registros fotográficos cuando fue posible. El área de estudio fue dividida en tres sectores, dentro de los cuales se definieron rutas de observación como se detalla en la Figura 4.11.10. Los recorridos en los sectores b y c (7,9 y 75,8 kilómetros, respectivamente) fueron realizados vía acuática, a la vez que aquellos realizados en el sector a (13,2 kilómetros) fueron vía terrestre. Además de los períodos arriba indicados y durante todas las actividades de terreno del Programa de Diagnóstico se estuvo atento para registrar cualquier avistamiento de Visones, Coipos y Huillines en el área de estudio.

Con los resultados derivados de las actividades anteriormente mencionadas, se realizaron cálculos y estandarizaciones con el objetivo de obtener aproximaciones a las abundancias poblacionales de las especies objeto de este estudio.

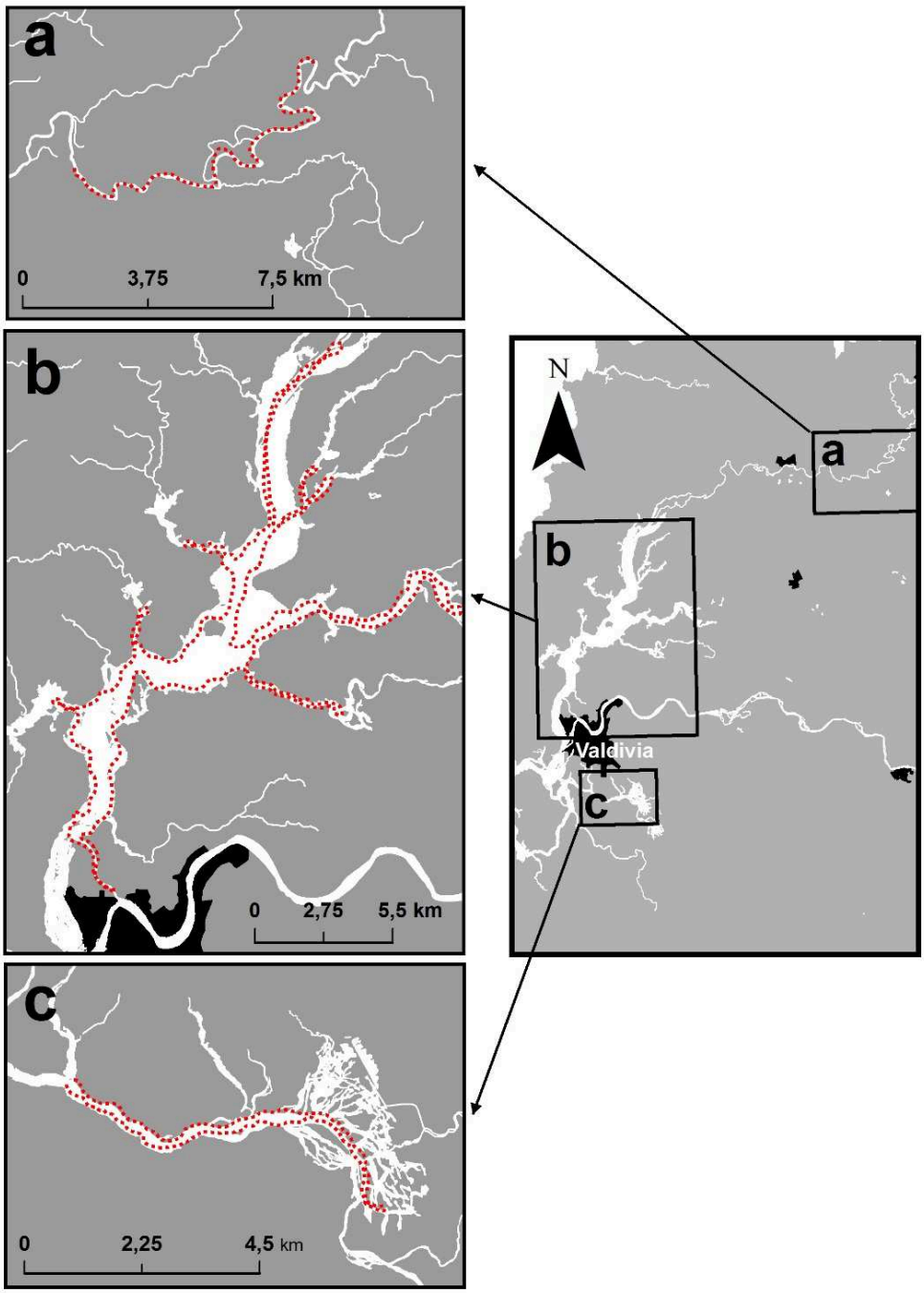


Figura 4.11.10. División del área de estudio para los recorridos de avistamiento de mamíferos acuáticos. El sector (**a**) corresponde a las localidades de Ciruelos y Rucaco; el sector (**b**) corresponde a la totalidad del humedal de río Cruces y los ríos tributarios San José, Nanihue, Cudico, Santa María, Pichoy, Cayumapu, Tambillo y San Ramón, a la vez que el sector c corresponde al río Angachilla. Las líneas punteadas en rojo señalan el recorrido de navegación seguido para el avistamiento de mamíferos acuáticos.

4.11.4. Resultados

Captura de Visones

La Tabla 4.11.2., contiene el resumen de los registros morfológicos y sanitarios básicos de los especímenes de Visones capturados dentro del área de estudio, individualizados por sector y trampa respectiva. Solo en el río Cruces, sector península de San Ramón y en el río San Ramón no ocurrieron capturas; situación que podría estar asociada al grado de extracciones realizadas con anterioridad por personal de CONAF (Corporación Nacional Forestal) y particulares.

Tabla 4.11.2. Registro de mediciones morfológicas y sanitarias, realizadas a ejemplares de visones capturados en las fechas y sectores respectivos. (*)= las coordenadas de localización de las trampas se encuentran en ANEXO 1; peso en kg; LT= largo total en cm; LC= largo cola en cm; LP= largo pata en cm; LO= largo oreja en cm y S/O= sin observaciones.

sector	trampa (*)	peso	sexo	LT	LC	LP	LO	fecha	Obs.
río Cruces/La Dehesa	4	1,30	♂	63,0	19,5	7,0	2,5	24/10/14	S/O
río Tambillo	1	1,45	♂	63,5	22,0	7,0	2,5	03/12/14	S/O
río Tambillo	3	0,56	♀	55,0	18,0	6,0	2,0	03/12/14	En lactancia
río Tambillo	1	0,40	♀	38,5	13,0	6,0	2,0	05/12/14	S/O
río Cayumapu	7	0,50	♀	51,0	15,7	5,5	2,0	05/11/14	En lactancia
río Pichoy	10	1,42	♂	62,0	20,0	6,5	2,0	15/11/14	S/O
río Cudico	9	1,15	♂	60,0	18,0	6,5	1,6	19/11/14	S/O
río Cudico	7	1,60	♂	67,0	20,0	6,5	2,0	20/11/14	S/O
río Cruces/San Martín	1	1,40	♂	64,0	22,0	7,0	2,5	30/11/14	S/O

El 66,7% de las capturas (6 individuos) estuvo representado por machos adultos *versus* 33,3% de ocurrencia de especímenes hembras (3 individuos), de las cuales dos fueron adultas en período de lactancia (Tabla 4.11.2). La totalidad de los ejemplares capturados presentaron aspecto saludable, lo que sugiere que la población de Visones en el área del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios no presenta mayores problemas en su alimentación, adaptación y reproducción dentro del área de estudio (Figuras 4.11.1 a la 4.11.7).

Cálculo del Índice de Abundancia Relativa de visones en base a capturas realizadas

Utilizando el número de capturas de ejemplares de Visón por transecto (Tabla 4.11.2), se determinó el Índice de Abundancia Relativa y Abundancia Total (Ecuación 1 y 2). El cálculo realizado se representa en las siguientes ecuaciones:

$$I = \frac{N}{U} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde,

I = Índice de Abundancia Relativa

N= número de individuos por transecto

U= unidad de esfuerzo por transecto

$$IT = \sum_{i=1}^{s} \frac{Nt}{Ut} \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde,

IT= Abundancia Total

Nt= número total de individuos censados

Ut= esfuerzo total (días·km)

Los resultados que se muestran en la Tabla 4.11.3, indican que el transecto correspondiente al sector del río Tambillo (T3) presentó la mayor abundancia relativa (0,21 individuos por kilómetro lineal de ribera), seguido por el transecto estudiado en el río Cudico (T6) (0,11 individuos por kilómetro lineal de ribera). La abundancia relativa fue 0,09, 0,04, 0,06 y 0,06 individuos por kilómetro lineal de ribera en los transectos 1, 4, 5 y 7, respectivamente (*cf*. Fig. 4.11.1, 4.11.4, 4.11.5 y 4.11.7). No se capturaron visones en el transecto localizado en el sitio Península de San Ramón & río San Ramón (T2) (Tabla 4.11.3). La abundancia total promedio de visones corresponde entonces a 0,081 individuos por kilómetro lineal de ribera (Tabla 4.11.3).

Tabla 4.11.3. Valores de Abundancia Relativa de la especie *Neovison vison* por transectos (Figuras 4.11.1 a la 4.11.7) y valor de la Abundancia Total de la especie (número total de individuos/esfuerzo total), los valores equivalen a individuos por kilómetro lineal de ribera. Para transepto 2 (T2) no se registraron capturas.

	Índice de Abundancia Relativa por transeptos							
Especie	**T1** (2,2 km)	**T2** (2,8 km)	**T3** (2,8 km)	**T4** (4,5 km)	**T5** (3,0 km)	**T6** (3,8 km)	**T7** (3,6 km)	**Abundancia Total** (22,7 km)
Neovison vison	0,090 ind/km	0,000 ind/km	0,210 ind/km	0,040 ind/km	0,060 ind/km	0,110 ind/km	0,060 ind/km	0,081 ind/km
Medida de tendencia central de la Abundancia Relativa para la especie *Neovison vison*								$\bar{x}$ (± SD)
($\bar{x}$ = media ; ± SD = desviación standard)								0,08 (0,07)

Uso de cámaras trampa

Los datos registrados por las cámaras trampas distribuidas en el área de estudio muestran evidencias de la presencia de mamíferos terrestres y acuáticos (Fig. 4.11.11). En promedio, las cameras trampas lograron capturar más de 7000 fotografías por área, lo cual requirió de un análisis extenso y minucioso para la identificación de las especies capturadas, dado que con frecuencia estas fueron realizadas en horarios crepusculares.

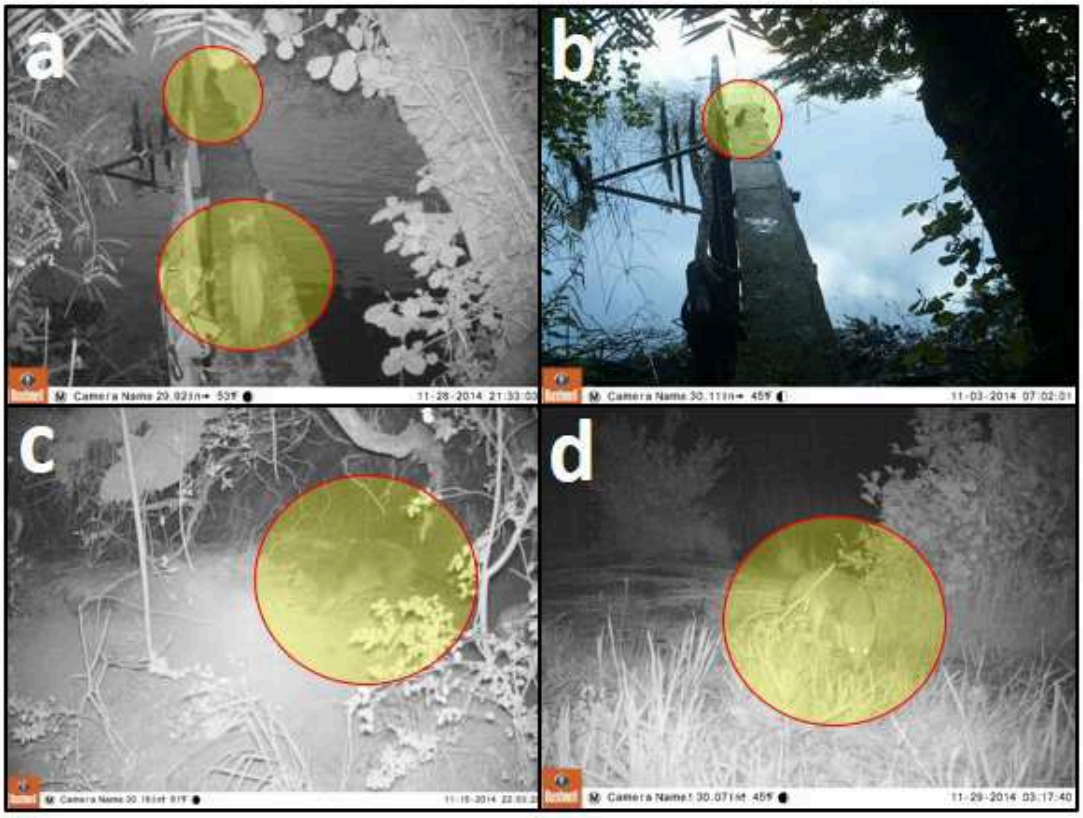


Figura 4.11.11. Capturas de imágenes de mamíferos realizadas por cámaras trampa. (**a**) ejemplares de Puma (*Puma concolor*) en la ribera del río Cruces, sector Península de San Ramón; (b) Visón (*Neovison vison*) en la ribera del río Cruces, sector Península de San Ramón; (c) Huillín (*Lontra provocax*) en la ribera del río Cruces, sector La Dehesa y (d) Zorro chilla (*Pseudalopex griseus*) en la ribera del río Cudico. Círculos rojos con fondo amarillo resaltan la presencia de individuos registrados dentro de las áreas detallas anteriormente.

La Tabla 4.11.4 contiene el resumen de las capturas fotográficas registradas por las cámaras trampa, dentro de los seis sectores seleccionados para este estudio (Tabla 4.11.1). Solo en el área correspondiente al río Cayumapu no se registraron capturas fotográficas, por lo cual esta área no aparece incluida dentro de la Tabla antes mencionada. La ausencia de registros para este sector podría estar asociada al grado de tránsito local realizado por usuarios particulares de los predios circundantes, a la cercanía de una ruta de alto tráfico vehicular o a la presencia de animales domésticos locales.

Los registros fotográficos obtenidos, evidencian presencia de la especie *Neovison vison* (Visón) dentro del área involucrada en este estudio; solo en uno de los cinco sectores estudiados no se evidenciaron registros (río Cruces, sector La Dehesa). La presencia de *Lontra provocax* (Huillín) estuvo restringida al área del río Cruces, sector La Dehesa (Tabla 4.11.4).

El sector La Dehesa (río Cruces) fue donde ocurrieron más éxitos de capturas de imágenes de mamíferos acuáticos (11 días de un total de 30). Esto podría deberse a que esta área del humedal es de uso frecuente para la especie *Lontra provocax* (*i.e.,* cercanía a un sitio de madriguera, letrinas, comederos o zonas de descanso). En los sectores península de San Ramón y río Cudico se lograron éxitos de capturas de imágenes de mamíferos acuáticos en 3 de los 30 días, a la vez que en el río Pichoy y en el río Cruces, sector San Martín, solo se captaron imágenes en 1 de los 30 días. Estos bajos registros sugieren que esta especie presenta una distribución de mayor escala espacial a la cubierta por solo una trampa instalada en cada sitio o que la ubicación de las mismas (cercanas al espejo de agua) se encontraban fuera del rango de transito habitual de esta especie en el área de estudio.

La revisión de los parámetros adjuntos a cada captura (fecha, hora y temperatura del aire), muestra que la mayor cantidad de registros ocurrió en horarios crepusculares, ya sea del ocaso o del amanecer (Tabla 4.11.4).

Tabla 4.11.4. Registro de capturas realizadas por las cámaras trampas en los sitios seleccionados para el estudio de presencia de mamíferos acuáticos. No se incluye al sector del río Cayumapu, ya que no se registraron capturas de imágenes de los ejemplares objeto de estudio.

Sectores	fecha de captura	hora	temperatura °C	especie
río Cruces, sector La Dehesa	22-oct.-14	10:31:36	13	*Lontra provocax*
	22-oct.-14	10:32:19	13	*Lontra provocax*
	22-oct.-14	10:32:30	13	*Lontra provocax*
	27-oct.-14	2:54:27	11,5	*Lontra provocax*
	27-oct.-14	2:54:28	11,5	*Lontra provocax*
	29-oct.-14	19:32:48	11	*Lontra provocax*
	29-oct.-14	19:32:49	11	*Lontra provocax*
	29-oct.-14	19:32:50	11	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:34:31	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:34:32	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:34:33	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:34:41	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:34:42	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:34:43	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:35:13	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:35:14	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:35:15	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:35:24	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:35:25	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:35:51	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:35:52	6	*Lontra provocax*
	1-nov.-14	6:35:53	6	*Lontra provocax*
	15-nov.-14	22:53:20	16	*Lontra provocax*
	15-nov.-14	22:53:21	16	*Lontra provocax*
	15-nov.-14	22:53:22	16	*Lontra provocax*
	15-nov.-14	22:53:56	16	*Lontra provocax*
	15-nov.-14	22:53:56	16	*Lontra provocax*
	15-nov.-14	22:53:57	16	*Lontra provocax*
	20-nov.-14	3:30:54	10	*Lontra provocax*
	20-nov.-14	3:30:55	10	*Lontra provocax*
	20-nov.-14	3:31:30	10	*Lontra provocax*
	20-nov.-14	3:31:31	10	*Lontra provocax*
	20-nov.-14	3:31:32	10	*Lontra provocax*
	20-nov.-14	22:16:09	13	*Lontra provocax*
	20-nov.-14	22:16:10	13	*Lontra provocax*
	20-nov.-14	22:17:06	13	*Lontra provocax*
	23-nov.-14	23:02:11	11	*Lontra provocax*
	23-nov.-14	23:02:13	11	*Lontra provocax*
	23-nov.-14	23:02:24	11	*Lontra provocax*
	23-nov.-14	23:02:25	11	*Lontra provocax*
	23-nov.-14	23:03:10	11	*Lontra provocax*

Continuación **Tabla 4.11.4**

	24-nov.-14	6:58:52	10,5	*Lontra provocax*
	24-nov.-14	6:58:52	10,5	*Lontra provocax*
	24-nov.-14	6:58:53	10,5	*Lontra provocax*
	24-nov.-14	6:59:19	10,5	*Lontra provocax*
	24-nov.-14	6:59:20	10,5	*Lontra provocax*
	24-nov.-14	6:59:53	10,5	*Lontra provocax*
	24-nov.-14	6:59:54	10,5	*Lontra provocax*
	28-nov.-14	5:52:05	10	*Lontra provocax*
	28-nov.-14	5:52:06	10	*Lontra provocax*
	28-nov.-14	5:52:07	10	*Lontra provocax*
	28-nov.-14	5:52:29	10	*Lontra provocax*
	28-nov.-14	5:52:30	10	*Lontra provocax*
	29-nov.-14	5:14:25	6,6	*Lontra provocax*
	29-nov.-14	5:14:26	6,6	*Lontra provocax*
	29-nov.-14	6:24:17	6	*Lontra provocax*
	29-nov.-14	6:24:18	6	*Lontra provocax*
	29-nov.-14	6:25:51	6	*Lontra provocax*
	30-nov.-14	7:30:55	5,5	*Lontra provocax*
	30-nov.-14	7:30:58	5,5	*Lontra provocax*
	30-nov.-14	7:32:06	5,5	*Lontra provocax*
	30-nov.-14	23:50:43	12	*Lontra provocax*
	30-nov.-14	23:50:45	12	*Lontra provocax*
	30-nov.-14	23:50:56	12	*Lontra provocax*
	30-nov.-14	23:50:59	12	*Lontra provocax*
río Cruces, sector península de San Ramón & río San Ramón	3-nov.-14	6:56:10	7	*Neovison vison*
	3-nov.-14	6:56:11	7	*Neovison vison*
	3-nov.-14	7:02:00	7	*Neovison vison*
	3-nov.-14	7:02:01	7	*Neovison vison*
	4-nov.-14	0:00:16	6,5	*Neovison vison*
	4-nov.-14	0:00:17	6,5	*Neovison vison*
	4-nov.-14	0:00:18	6,5	*Neovison vison*
	22-nov.-14	2:18:28	9,5	*Neovison vison*
	22-nov.-14	2:18:29	9,5	*Neovison vison*
	22-nov.-14	2:18:30	9,5	*Neovison vison*

Continuación **Tabla 4.11.4**

río Pichoy	23-nov.-14	3:45:10	11	*Neovison vison*
	23-nov.-14	3:45:11	11	*Neovison vison*
	23-nov.-14	3:45:12	11	*Neovison vison*
río Cudico	25-nov.-14	13:10:22	20	*Neovison vison*
	25-nov.-14	13:10:23	20	*Neovison vison*
	28-nov.-14	10:55:58	18	*Neovison vison*
	7-dic.-14	5:53:16	12	*Neovison vison*
	7-dic.-14	5:53:17	12	*Neovison vison*
río Cruces, sector San Martín	29-dic.-14	6:09:10	11,5	*Neovison vison*

Estimaciones de presencia y distribución de especímenes de Visón, Coipo y Huillín mediante avistamientos y observaciones *in situ*

La Tabla 4.11.5., detalla la totalidad de avistamientos y registros de signos de presencia de mamíferos acuáticos durante el desarrollo de las actividades de terreno.

El mayor número de avistamientos directos fue para la especie *Lontra provocax* (Huillín) (5 individuos), seguido por *Myocastor coypus* (Coipo) (3 individuos) y *Neovison vison* (Visón) (1 individuo). Debido a lo fortuito de los avistamientos, la posibilidad de realizar registros fotográficos fue muy reducida (Fig. 4.11.12).



Figura 4.11.12. Fotografías de mamíferos acuáticos captadas durante los avistamientos: (a) ejemplar de Coipo (*Myocastor coypus*) captado en la ribera del río Cruces, cercana al río Tambillo; (b) espécimen de Huillín (*Lontra provocax*) captado en la ribera del río Cruces, sector Punucapa.

La georreferenciación de los hallazgos de evidencias o signos que delataran la presencia de mamíferos acuáticos se muestran en la Tabla 4.11.5. Como parte de estas evidencias se observaron huellas, fecas, áreas de comedero y letrinas (Figura 4.11.13).



Figura 4.11.13. Registros fotográficos de signos de actividad y presencia de mamíferos acuáticos dentro del área del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. (a) huellas de Huillín en planicies sedimentarias del río Pichoy; (b) huellas de Visón en el río Cruces, sector puente Rucaco; (c) comederos de Coipo en alrededores de Isla Rialejo; (d) fecas de Visón sector canal mareal Cau Cau (Marina de Jesús Brieva); (e) letrina de Huillín en orilla oeste del río Cruces, sector confluencia de río Cruces y canal mareal Cau Cau.

Tabla 4.11.5. Registros de avistamientos y signos de presencia de *Neovison vison* (Visón), *Myocastor coypus* (Coipo) y *Lontra provocax* (Huillín) en el área del humedal del río Cruces, sus ríos tributarios y los ríos Calle Calle, Valdivia y Angachilla. Los sectores fueron georeferenciados mediante la utilización de coordenadas UTM (WGS-84), con sus fechas correspondientes de bitácora.

sector	fecha	coordenadas UTM		Especies			observaciones
		X	Y	Visón	Coipo	Huillín	
río Cruces, sector Ciruelos	07/04/14	687860	5622468			X	Fecas frescas.
río Cruces, San Luis	14/04/14	658770	5614409	X			Fecas frescas.
canal mareal Cau Cau	09/04/14	650214	5592490	X			Muelle, marina Jesús Brieva.
río Cruces/Cau-Cau	09/04/14	647779	5594774			X	Letrinas en buen estado y frescas.
río Pichoy	11/04/14	662677	5605173			X	Letrinas en buen estado y frescas.
río Cruces, sector La Dehesa.	20/04/14	650059	5598753	X			Fecas frescas.
río Cruces, sector Punucapa	29/05/14	649098	5596161			X	Un individuo en el agua.
río Cruces, sector Punucapa	15/07/14	648710	5595837			X	Un individuo en el agua.
río Cruces, sector Punucapa	16/09/14	648959	5597732			X	Un individuo en el agua.
río Cruces, sector Punucapa	16/09/14	648973	5597704	X			Fecas frescas.
río Cruces, sector Punucapa	16/09/14	649027	5597548			X	Fecas frescas y antiguas.
río Rucaco	04/10/14	680173	5620035	X			Fecas y huellas.
río San Ramón	28/10/14	648431	5599994	X			Fecas frescas.
río cruces, sector San Ramón	28/10/14	649415	5600396	X			Fecas frescas.
río Cayumapu	04/11/14	655423	5601330	X			Fecas frescas.
río Cayumapu	05/11/14	659018	5600192		X		Capturado en trampa.
río Pichoy	13/11/14	659654	5603185	X			Fecas frescas.
Fuerte San Luis	19/11/14	659386	5614643		X		Comederos y madrigueras.
río Cruces, sector Plaza de Armas	19/11/14	656221	5605814		X		Comederos frescos.

río Cruces, sector Isla Rialejo	19/11/14	654277	5603803		**X**		Comederos y madrigueras.
río cruces, sector Isla Rialejo	19/11/14	654551	5602891		**X**		Comederos frescos.
río cruces, sector Isla Rialejo	19/11/14	653565	5602457		**X**		Comederos y madrigueras.
Río Tambillo	02/12/14	650961	5603343	**X**			Fecas frescas.
San Martin	10/12/14	655776	5609604			**X**	Un individuo en el agua.
San Martin	10/12/14	655764	5610122			**X**	Un individuo en el agua.
sector tres Bocas, río Tambillo	14/12/14	651020	5602212		**X**		Entre juncos.
río Cayumapu	29/12/14	658794	5599796		**X**		Entre vegetación rivereña.

Los registros de la Tabla 4.11.5 sugieren que el Visón - a pesar de haber sido avistado de manera directa solo una vez - es el mamífero acuático que presenta la distribución más amplia, ya que esta abarca la mayor parte del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Fig. 4.11.14). Los mismos registros sugieren que el Coipo presenta un área de distribución restringida hacia la parte superior del humedal del río Cruces (en zonas centrales de los cursos de agua como islas o afloramientos sedimentarios con abundante *Scirpus californicus* (Totora)) (Fig. 4.11.14); el Huillín a su vez, ocupa primariamente la zona central del humedal (Fig. 4.11.14). No se registraron avistamientos de ninguna de estas especies en el humedal del río Angachilla (Tabla 4.11.5).

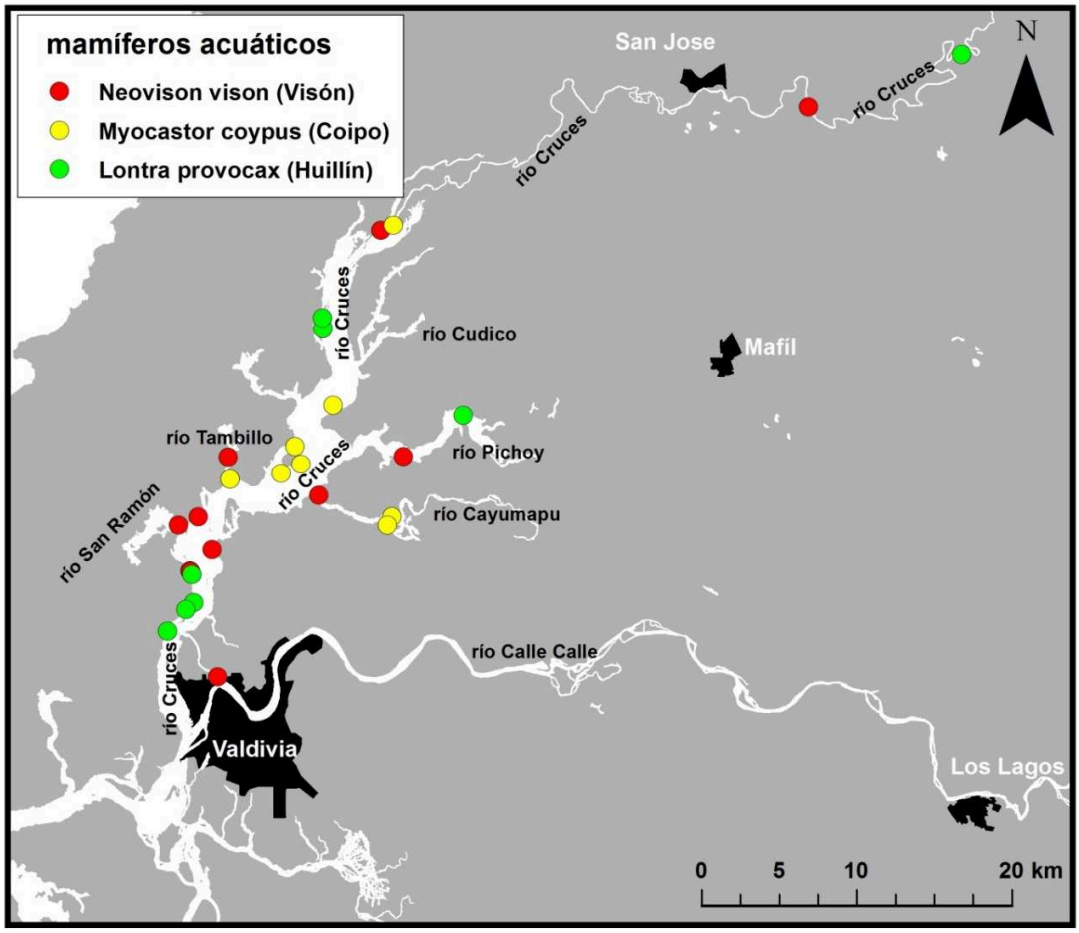


Figura. 4.11.14. Ubicación de los avistamientos de Visón, Coipo y Huillín en el área de estudio (ver Material y métodos).

Estimación de abundancia de especímenes de Huillín (*Lontra provocax*) mediante avistamientos y observaciones *in situ*

Los escasos datos de presencia de Huillín obtenidos durante las campañas de avistamientos *in situ* (Tabla 4.11.5), hacen difícil estimar su abundancia poblacional en el área de estudio. Este tipo de situación no es primera vez que ha sido mencionada, ya que con anterioridad a este estudio había sido informada por ejemplo por Oporto (2006). Sin embargo, la existencia de aproximaciones indirectas basadas en la recopilación de señales

y signos de actividad biológica *in situ* (*e.g* huellas, madrigueras, fecas, comederos y zonas de descanso), puede permitir evidenciar su presencia y distribución dentro de un área, lo que complementado con información científica y técnica sobre densidades reportadas en la literatura (Sielfeld, 1983; Ostfeld *et al*., 1989; Sielfeld & Castilla, 1999; Medina *et al*., 2004; Oporto, 2006; Medina *et al*., 2006; Sepúlveda *et al*., 2007 y Oporto, 2009), permiten establecer ciertas relaciones que dan cuenta del número de individuos en base a kilómetros de ribera utilizadas en un área de estudio o número de individuos en relación a la cantidad de madrigueras encontradas dentro de la misma área.

En base a las características paisajísticas y ambientales del área estudio y las sugerencias entregadas por Oporto (2006, 2009), parece ser que la aproximación más apropiada para poder entregar un valor de la abundancia poblacional del Huillín en la zona del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, es la metodología basada en el número de individuos por kilómetro de ribera (Sepúlveda *et al*., 2007). Esta aproximación fue derivada del estudio de la zona perteneciente a los humedales del río Queule y su porción límnica en la cuenca del mismo nombre, Región de la Araucanía, Chile. El valor resultante de este estudio correspondió a 0,25 individuos por kilómetro lineal de ribera.

En base al valor arriba mencionado, se llega a las estimaciones de abundancias de Huillín que se presentan en la Tabla 4.11.6; claramente las abundancias fueron más altas en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios que en el sector de Ciruelos y Rucaco debido a la gran diferencia en superficie recorrida (75,8 *versus* 13,2 kilómetros respectivamente).

Tabla 4.11.6. Valores estimados de abundancias de Huillín en los sectores estudiados. Tales abundancias se calcularon en base a un valor de 0,25 individuos por kilómetro de ribera obtenido por Sepúlveda *et al*., (2007).

áreas de estudio	**distancia (km)**	**calculo de abundancia (individuos x kilómetro de ribera)**
sector Ciruelos-Rucaco	13,2	3,3 individuos
sector río Angachilla	7,9	Sin presencia
sector Humedal del río Cruces y ríos tributarios	75,8	19,0 individuos

Estimación de abundancia de especímenes de Coipo (*Myocastor coypus*) mediante avistamientos y observaciones *in situ*

Debido a lo aislado de las observaciones de señales y signos de actividad bilógica y al escaso número de avistamientos directos, la estimación de abundancia poblacional para individuos de esta especie solo se podría realizar mediante una estimación indirecta basada en un método similar al utilizado para el cálculo de la abundancia para Huillín, denominado por Bó (1996) como "disposición relativa de signos". El método anteriormente mencionado se basa principalmente en áreas (medidas en hectáreas "ha") con una alta ocurrencia de signos y señales de actividad, por lo cual esta solo podría ser aplicada a una pequeña porción del área de estudio (sector Isla Rialejo, ver Figura 4.11.15), debido a la alta evidencia en señales de sitios de comederos y descanso de Coipos.

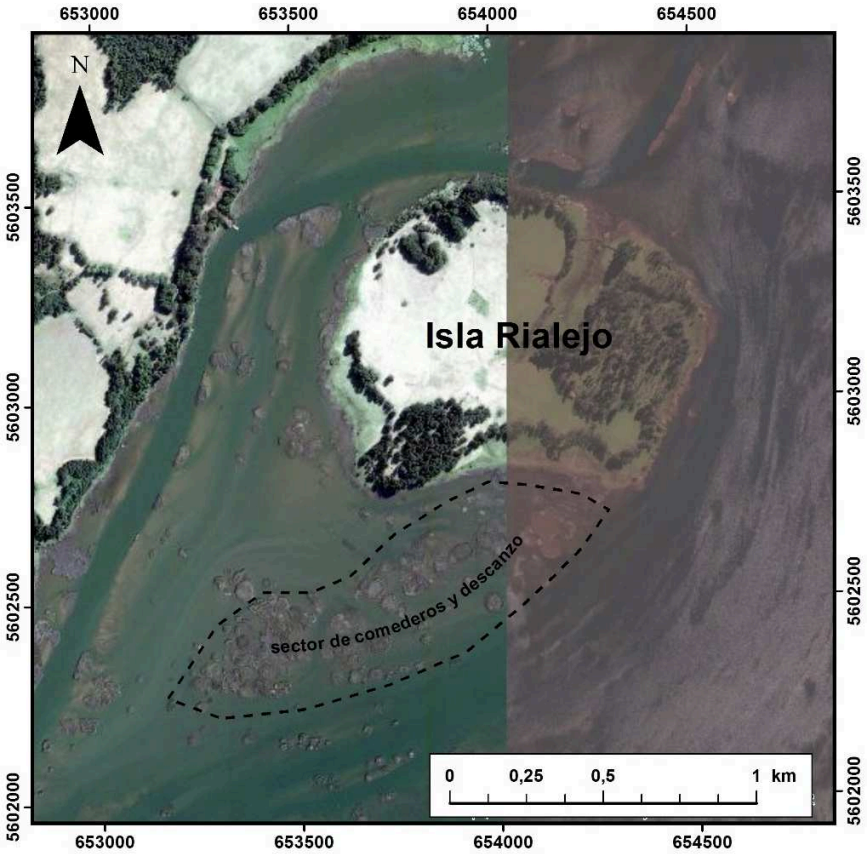


Figura 4.11.5. Porción del área de estudio correspondiente al río Cruces, sector Isla Rialejo, zona en la cual se evidenció la concentración más alta de señales y signos de actividad biológica del Coipo (*Myocastor coypus*).

Teniendo en cuenta la Figura 4.11.15., el sector que cumple con la mayor parte de estos antecedentes, corresponde a una pequeña porción calculada en 300 x 600 metros (equivalente a un área de 18 ha) aledaña a la Isla Rialejo, ubicada en la parte media de humedal. Utilizando el índice de densidad mínima obtenida para áreas sometidas a algún tipo de presión externa sobre la especie en cuestión (caza o depredación) equivalente a 0,51 individuos por hectárea (*cf.* Bó, 1996; Bó & Porini, 2003), la densidad obtenida para esta área equivaldría a 9,18 individuos (*cf*. Bó, 1996; Bó & Porini, 2003). Al utilizar el índice de densidad media normal (1,67 individuos por hectárea) (*cf.* Bó, 1996; Bó & Porini, 2003), el cual corresponde a un área sin estresores externos para la especie, el valor de la densidad aumentaría a 30 individuos en el área analizada de Isla Rialejo (*cf.* Bó, 1996; Bó & Porini, 2003).

4.11.5. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio confirman la presencia de Visón, Coipo y Huillín en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, no así en el área del río Angachilla donde no ocurrieron avistamientos ni observaciones de signos relacionados a la presencia de estos mamíferos acuáticos.

La comparación del conocimiento de la distribución espacial del Coipo recopilada por guarda faunas de CONAF (Corporación Nacional Forestal) y habitantes de la zona, evidencia una notable disminución poblacional de esta especie en el área. Como argumentación a esta observación, los entrevistados concuerdan con en el rápido crecimiento de Totora (*Scirpus californicus*) dentro de canales de tránsito de embarcaciones menores, los cuales antes eran regulados por la actividad alimentaria del Coipo. La disminución en las abundancias del Coipo pueden tener relación a otra información recogida de guarda faunas y habitantes del área y que dice relación con la eventual depredación de juveniles y adultos de coipos por parte de mustélidos como el Visón (*cf.* Guichón, 2003). La situación anterior no puede ser dilucidada en este estudio y la misma amerita ser estudiada como parte de las líneas de investigación del futuro Centro de Humedales a implementarse en la UACh.

En oposición a lo observado par el Coipo, la información entregada por guarda faunas de CONAF y habitantes del área, coinciden en que no se ha observado mayor variabilidad temporal en las abundancias del Huillín en el área. Es interesante mencionar en este punto, las observaciones realizadas en el año 2010 por un equipo de científicos liderados por el Dr. Gonzalo Medina (Universidad Andrés Bello) en un ambiente costero de la Isla Magdalena (35 km al norte de Punta Arenas); según los autores de ese estudio, se evidencio en esa área geográfica una disminución de visones cercana al 80%, la cual fue aparentemente causada por interacción entre el Visón y el Huillín (http://ambiental.unab.cl/2010/06/vison-versus-huillin-compartiendo-un-mismo-nicho-ecologico/). Si tal tipo de interacción ocurre en el humedal del río Cruces permanece como incógnita pero añade otro punto de interés a ser considerado como parte de las líneas de investigación del futuro Centro de Humedales a implementarse en la UACh.

El bajo número de avistamientos de Visón, Coipo y Huillín en el área de estudio puede reflejar también el uso de equipos de desplazamientos no adecuados para la realización de los mismos y que podrían haber interferido con los patrones de conductas habituales de estas especies. Aun así, tal situación pudo ser compensada mediante la recopilación indirecta de evidencias de actividad biológica de estas especies (*i.e.*, huellas, madrigueras, fecas, comederos, zonas de descanso y letrinas), lo que permitió entregar de forma relativa valores de abundancia poblacional para las poblaciones de Visón, Coipo y Huillín.

4.11.6. Conclusiones

- Los resultados obtenidos de capturas de Visón, evidencian una amplia distribución de esta especie en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, con un valor promedio de abundancia relativa de 0,08 (± 0,07 DS) individuos por kilómetro de lineal de ribera.
- El estado saludable de los visones capturados y la presencia de dos hembras en lactancia puede entregar una idea del estado poblacional actual de la población; este indica un alto grado de asentamiento y éxito reproductivo.
- Los avistamientos directos de Visón, Huillín y Coipo en su estado natural fueron escasos; no así los registros de signos y señales de presencia indirecta (*e.g.* madrigueras, comederos, fecas, huellas) los que fueron utilizados para estimaciones de abundancia de estos mamíferos acuáticos.

4.11.7. Referencias

Animal Welfare Institute. 2000. Endangered species handbooks. Washington, DC. Available in https://awionline.org/content/animal-welfare-publications.

Bó, R. F., 1996. Análisis y evaluación de hábitat del coipo (*Myocastor coypus*) en la región del Delta del Paraná. En: G. Porini Ediciones. Taller sobre metodología para el estudio de

las poblaciones de *Myocastor coypus* con el objeto de implementar un sistema de manejo sustentable. Dirección de Fauna y Flora Silvestres. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano, Argentina. 9 pp.

Bó, R. F., y G. Porini. 2003. Estimación de parámetros poblacionales básicos y evaluación de la presión de caza de *Myocastor coypus* en áreas nutrieras de Argentina. Informe final de la Segunda Etapa del Proyecto "Nutria" Parte A. Dirección de Flora y Fauna Silvestres, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina. 43 pp.

Carter, J., and B.P. Leonard. 2002. A review of the literature on the worldwide distribution, spread of, and efforts to eradicate the coypu (*Myocastor coypus*). Wildlife Society Bulletin, 162-175.

CEA. S.f. Humedales del río Cruces. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales. CEA ediciones. Valdivia, Chile. Disponible en: http://www.ceachile.cl

Cerda, J. 2008. Experiencia piloto de control del Visón en Aysén. Pp.: 30 - 38. En: Mann, A. 2008. Vertebrados dañinos en Chile: desafíos y perspectivas. Actas del seminario taller. 8 de enero de 2008. Santiago, Chile. Universidad Santo Tomás. 109 pp.

Crego, R.D., y J.E. Jiménez. 2013. Informe sobre estudio piloto de aspectos ecológicos del visón Americano (Neovison vison) exótico en isla Navarino, Chile. Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad del Norte de Texas, Denton, Texas, USA. 50 pp.

Crooks, J. 2002. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. Oikos, 97(2): 153-166.

Diario El Llanquihue de Puerto Montt, Martes 06 de marzo de 2007 (http://www.diariollanquihue.cl/prontus4_nots/site/artic/20070306/pags/20070306033049.html).

Diario Las Ultimas Noticias, Jueves 03 de octubre de 2013 (http://www.lun.com/lunmobile//Pages/NewsDetailMobile.aspx?dt=2013-10-03&PaginaId=2&SupplementId=0&bodyid=0&IsNPHR=1).

Feuker, P. 2006. Alzamiento y subsidencia cosismica en el área de Valdivia durante el terremoto del 22 de mayo de 1960. XI Congreso Geológico de Chile, Antofagasta.

Guichón, M. 2003. Distribución espacial, comportamiento y estructura de poblaciones del coipo *Myocastor coypus* en la cuenca del Río Luján (Buenos Aires, Argentina).Tesis, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Medina, G. 1997. A comparison of the diet and distribution of southern river otter (*Lutra provocax*) and mink (*Mustela vison*) in Southern Chile. Journal of Zoology of London 242: 291-297.

Medina, G., J. L. Bartheld, y M. Sepulveda. 2004. El Huillín o nutria de río: Antecedentes generales y bases para su conservación en las cuencas del río Tolten y Queule, IX Región. CODEFF. 19 pp.

Medina-Vogel, G., J .L. Bartheld., R. Alvarez, y C. Delgado. 2006. Population assessment and habitat use by marine otter (*Lontra felina*) in southern Chile. Wildlife Biology 12: 191-199.

Ministerio de Agricultura. 2013. Cartilla para Cazadores. 90 pp.

Oporto, J. 2006. Prospección del Huillín (*Lontra provocax*) en la zona media del río Cruces, Provincia de Valdivia. Corporación Terra Australis. 31 pp.

Oporto, J. 2009. Monitoreo del Huillín (*Lontra provocax*) y su hábitat en la zona de influencia de la planta Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución, Región de los Ríos. 70 pp.

Ostfeld, R., L. Ebensperger., L. Klosterman, and J. Castilla. 1989. Foraging, activity budget and social behaviour of the South American marine otter *Lutra felina* (Molina 1782). National Geographic Research 5: 422- 438.

Sielfeld, W. 1983. Mamíferos marinos de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile. Santiago. Chile. 5 pp.

Sielfeld, W., y J. C. Castilla. 1999. Estado de conservación y conocimiento de las nutrias de Chile. Estud. Oceanol. 18: 69-79.

Sepúlveda, M., J. Bartheld, R. Monsalve, G. Gómez, and G. Medina-Vogel. 2007. Habitat use and spatial behaviour of the endangered Southern river otter (*Lontra provocax*) in riparian habitats of Chile: Conservation implications. Biological conservation. Vitrina

Ambiental. 2010. El huillín, un controlador natural para la plaga del visón. Centro de sustentabilidad, Universidad Andrés Bello. Disponible en: http://ambiental.unab.cl/2010/06/vison-versus-huillin-compartiendo-un-mismo-nicho-ecologico/

Wilcove, D.S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips, and E. Losos. 1998. Threats to imperiled quantifying species in the United States. BioScience 48: 607-615.

ANEXO

Distribución y localización de trampas en coordenadas UTM (WGS-84). Los números en rojo indican las trampas en las que se registró captura de Visones; los números en paréntesis indican la fecha de registro de captura (es decir, un día después de que es trampa fuese instalada o revisada). Nota: sectores ordenados aproximadamente de sur a norte.

Sector: río Cruces, sector la Dehesa

	coordenadas UTM	
trampa nº:	**X**	**Y**
1	650244	5598491
2	650091	5598758
3	650168	5599144
4	**650369**	**5599303 (24/10/14)**
5	650650	5599085
6	650680	5599281
7	650770	5599299
8	650932	5599272
9	650973	5599159
10	650910	5599043

Sector: río Cruces, sector península San Ramón & desembocadura río San Ramón

	coordenadas UTM	
trampa nº:	**X**	**Y**
1	647792	5599552
2	648000	5599678
3	648101	5599818
4	648034	5600313
5	648169	5600080
6	648389	5600036
7	648598	5599981
8	648778	5599988
9	649350	5600323
10	649509	5600518

Sector: río Tambillo

	coordenadas UTM	
trampa nº:	**X**	**Y**
1	**651026**	**5602337 (3/12/14);(5/12/14)**
2	650794	5602491
3	**650871**	**5602980 (3/12/14)**
4	650734	5603258
5	650965	5603341
6	651155	5603457
7	650802	5604290
8	650971	5604456

Sector: río Cayumapu

	coordenadas UTM	
trampa nº:	**X**	**Y**
1	658832	5600193
2	659018	5599967
3	659244	5599937
4	659326	5600188
5	659470	5600361
6	659427	5600609
7	**659805**	**5601065 (5/11/14)**
8	660711	5600947
9	660827	5601224
10	662198	5601032

Sector: río Pichoy

	coordenadas UTM	
trampa nº:	**X**	**Y**
1	661639	5604751
2	661667	5604870
3	661744	5605360
4	662105	5605331
5	662359	5605490
6	662584	5605508
7	662765	5605420
8	663076	5605224
9	663251	5605029
10	**663822**	**5605153 (15/11/14)**

Sector: río Cudico

	coordenadas UTM	
trampa nº:	**X**	**Y**
1	657606	5607332
2	657796	5607960
3	658104	5608314
4	658326	5608575
5	658724	5609100
6	659001	5609191
7	**659312**	**5609160 (20/11/14)**
8	659701	5609152
9	**659921**	**5609212 (19/11/14)**
10	660294	5609443

Sector: río Cruces, sector San Martín

	coordenadas UTM	
trampa nº:	**X**	**Y**
1	**655638**	**5609017 (30/11/14)**
2	655739	5609123
3	655821	5609366
4	655669	5609694
5	655682	5610085
6	655767	5610897
7	655788	5611083
8	655832	5611365
9	655817	5611640
10	655942	5612147

4.12. Estado actual del uso del suelo en el área de influencia del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Estudio 12):

4.12.1. Antecedentes

Teniendo como marco de referencia el hecho de que la cuenca hidrográfica es un sistema de alta complejidad en que coexisten el sistema natural, con el sistema socio económico y el sistema construido, en un conjunto de múltiples interacciones, cuyo resultado permite definir el estado de la cuenca y sus sub-sistemas territoriales, el humedal del río Cruces se presenta como la fase distal de este sistema hidrológico y por lo tanto, el receptor de las alteraciones significativas que se verifiquen en la cuenca aportante.

Desde este punto de vista resulta absolutamente necesario y pertinente realizar un análisis de la forma en que se comportan los sistemas socioeconómicos en la cuenca del río Cruces, de manera de aproximarse a consideraciones respecto a las evoluciones posibles que este sistema pueda presentar en el futuro cercano. No cabe duda que los sistemas socioeconómicos presentan una dinámica mayor que los sistemas naturales, a la vez que son de mayor complejidad y de alta dificultad a la hora de intentar predecir su comportamiento futuro. Los principios explicativos de las actuaciones humanas no alcanzan la fuerza de las leyes que rigen los procesos naturales, por lo que presentan serias dificultades a la hora de intentar explicar el comportamiento de un sistema social (Anuchin, 1973; Bennett y Chorley, 1978; Baldwin *et al*., 2003; Santos, 1988; Santos, 2000; Bunge, 1962; Sanpedro, 1983)

Lo anterior resulta relevante cuando se trabaja, como en este caso, con sistemas de carácter socio ambiental, es decir sistemas que tienen como fuente de transformación alteraciones o cambios que son transferidos desde los sistemas socioeconómicos a los sistemas naturales. Las alteraciones que se registran en los sistemas naturales, a menudo deben ser explicadas a partir de modificaciones en los sistemas socioeconómicos, los que

además se expresan en cortos periodos de tiempo generando cambios bruscos, en la mayoría de los casos, lo que finalmente redundan en modificaciones en las condiciones de base de los sistemas naturales, alterando su estado y funcionalidad.

Una buena parte de lo que ocurre en la cuenca hidrológica del río Cruces, termina impactando, de una u otra manera, al HRC, por ello es necesario tener claridad respecto a la evolución pasada y las tendencias futuras de la población y de los patrones de poblamiento, toda vez que las tendencias actuales de ocupación para fines residencial, muestran una preferencia por la dispersión antes que la concentración, preferentemente en el caso de viviendas de estratos socioeconómicos medio-altos y altos. Las actividades económicas constituyen un incentivo a la expansión demográfica y consecuentemente de las áreas pobladas. Esto es válido tanto para actividades industriales como para las de tipo silvoagropecuario, las que además tienen un importante efecto en el cambio de la cobertura del suelo.

La caracterización de estos procesos permite definir las formas en que ha ido evolucionando la población y las actividades económicas en el área de influencia del humedal, de manera de asociarlos a la evolución del territorio y sobre esa base poder proyectar las condiciones futuras. Como resultado de estos análisis, podrán identificarse las posibles amenazas sobre el humedal derivadas de una mayor carga poblacional (producto del crecimiento demográfico proyectado); de un incremento de las actividades económicas; reforzamiento y crecimiento de la infraestructura sanitaria y de transporte y efectos de cargas contaminantes derivadas de todo lo anterior.

Específicamente se debe tener presente el hecho de que el humedal del río Cruces está sometido a una serie de presiones de uso provenientes de actividades que se desarrollan directamente en él o en sus riberas. Un factor importante en estas presiones lo constituye la cercanía a la ciudad de Valdivia, la cual tiene una función turística basada precisamente en su condición fluvial, de la cual este humedal forma parte importante y

significativa. El crecimiento futuro de la ciudad de Valdivia y de los otros centros poblados menores que interactúan con el humedal, hacen posible prever un incremento de estas presiones con el consiguiente riesgo para la sustentabilidad de esta área natural.

Los instrumentos administrativos y jurídicos actualmente existentes y que permiten abordar esta problemática interacción entre ciudad y áreas naturales que requieren de protección o de algún tipo de regulación en cuanto a su uso, presentan problemas relacionados con su relativamente poca efectividad, debido, entre otras cuestiones, al carácter indicativo que ellos suelen tener. Entre los instrumentos de planificación territorial de mayor relevancia para estos efectos se encuentra el Plano Regulador Comunal (PRC), sin embargo en este caso específico, el humedal y sus áreas adyacentes, quedan fuera de los límites de la planificación urbana, tanto en el PRC vigente como en el que se encuentra en las fases finales de aprobación.

La problemática radica en la diferente jurisdicción que corresponde al área inundada, el humedal propiamente tal, y el área ribereña, o terrestre. Los instrumentos de planificación existentes, que básicamente son los derivados de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, solamente aplican al interior del límite urbano, quedando todo el territorio de carácter no urbano, sin ningún instrumento de planificación. Este vacío lo debería llenar el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT), pero siendo un instrumento definido como indicativo, sus resultados no son vinculantes.

4.12.2. Objetivos

• Caracterizar la dinámica demográfica y económica (construcciones industriales e infraestructura productiva en general) del área de estudio y su proyección en el tiempo.

• Analizar la dinámica de cambios en el uso del suelo del área.

• Identificar los usos actuales del suelo en el humedal y sus áreas ribereñas.

• Evaluar la exposición visual de los paisajes del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

4.12.3. Material y métodos

4.12.3.1. Delimitación de la zona de estudio

Para este estudio, se consideró una zona de estudio que integra la totalidad de la cuenca que influencia el humedal del río Cruces (HRC). La delimitación del área de la cuenca del río Cruces se efectuó con un Modelo de Elevación Digital y la extensión "hidrografía" del programa ArcGis (Anexo 2).

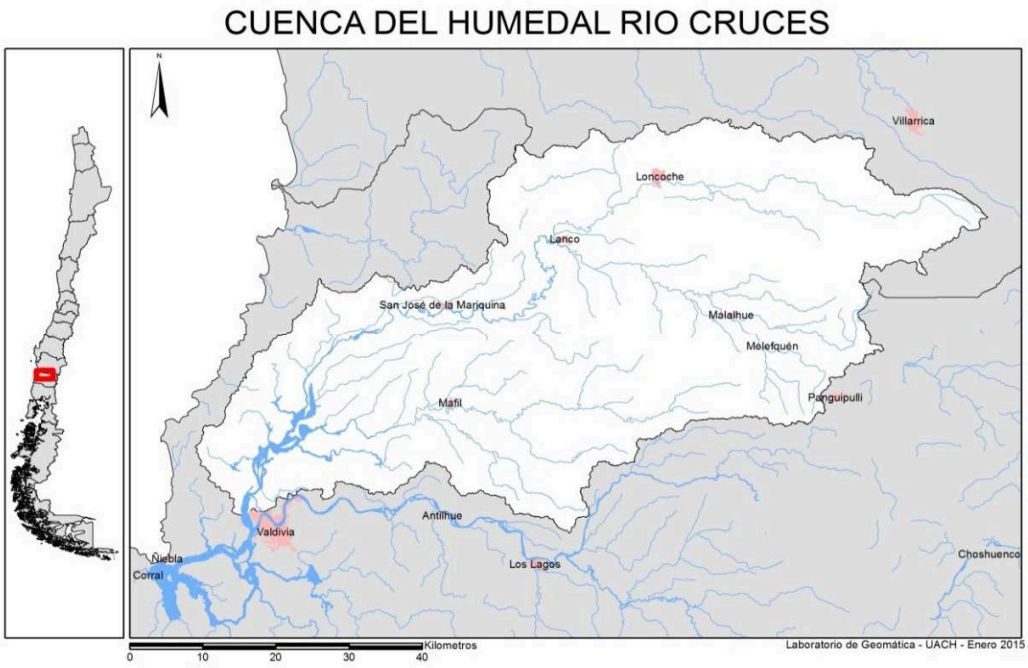


Figura 4.12.1. Área de estudio

La Figura 4.12.1 presenta el área de estudio que corresponde a la cuenca completa del río Cruces. Su área se extiende al sur de la ciudad de Villarrica (Región de la Araucanía) hasta la ciudad de Valdivia (Región de Los Ríos). Las comunas representadas en la zona de estudio abarcan las comunas de: Villarrica, Loncoche, Lanco, Panguipulli, San José de la Mariquina, Máfil, Los Lagos y Valdivia. Las coordenadas geográficas de la zona de estudio son las siguientes: Norte: 39°16’18”S, Sur: 39°49’40”S, Este: 72°06’16”S, Oeste: 73°21’47”O.

4.12.3.2. Recopilación de información geodemográfica

Se recopiló la información existente en las bases de datos correspondientes a los censos de 1960 – 1970 – 1982 – 1992 y 2002. La información se trabajó a escala de

comuna, distrito, localidad y entidad poblada. Las comunas consideradas en el análisis son: Loncoche, Mariquina, Lanco, Máfil y Valdivia. Se trabajó a distintos niveles de detalle y en función de ello se analizó la información demográfica. A nivel de comuna para el área total y a nivel de localidad y entidad para el área más directamente relacionada con el HRC.

Paralelamente se generó la cartografía digital con la localización de los distritos censales y las localidades pobladas, para toda la superficie del área de estudio definida.

Para el estudio de la evolución y situación actual de la población residente en el área de influencia del humedal de río Cruces, se preparó en primer lugar la cartografía correspondiente, a fin de localizar en ella las localidades pobladas directamente involucradas.

El primer paso consistió en la identificación de las comunas que se encuentran compartiendo la cuenca aportante al humedal, las que se presentan en la Figura 4.12.2. Como se aprecia en esta figura, el área aportante involucra parte de la superficie de comunas tanto de la Región de Los Ríos como de la Región de La Araucanía.

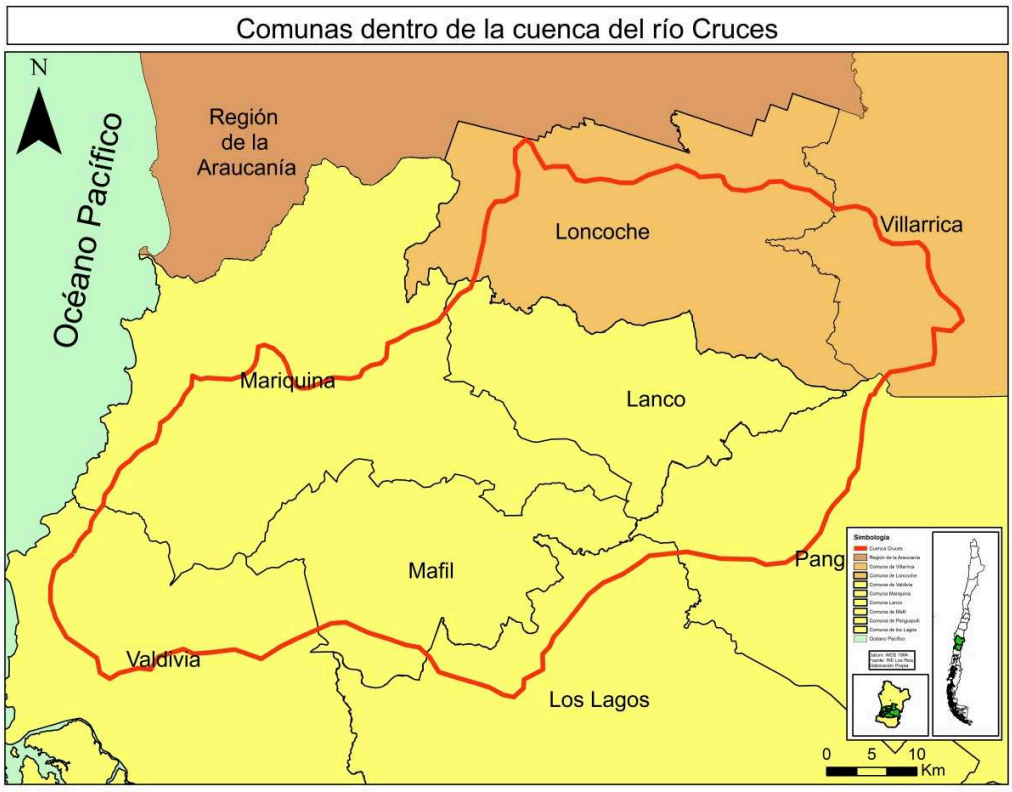
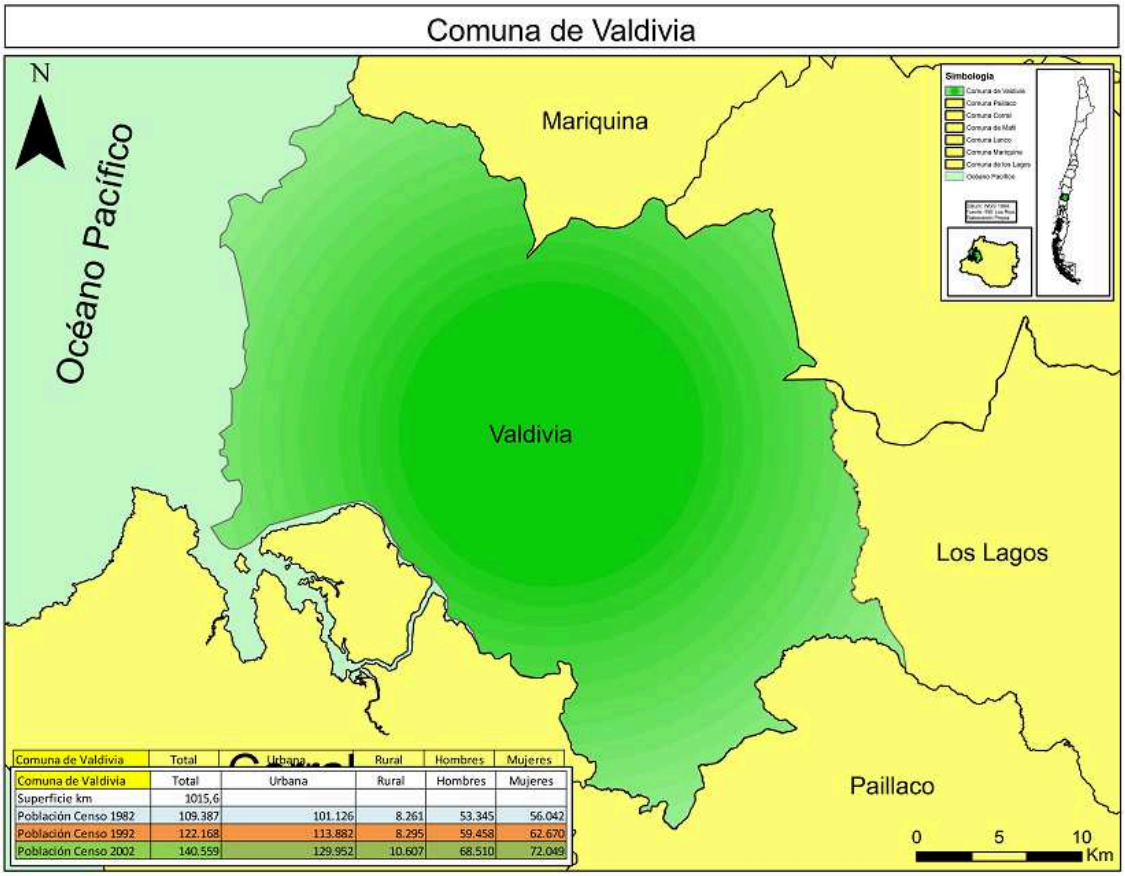


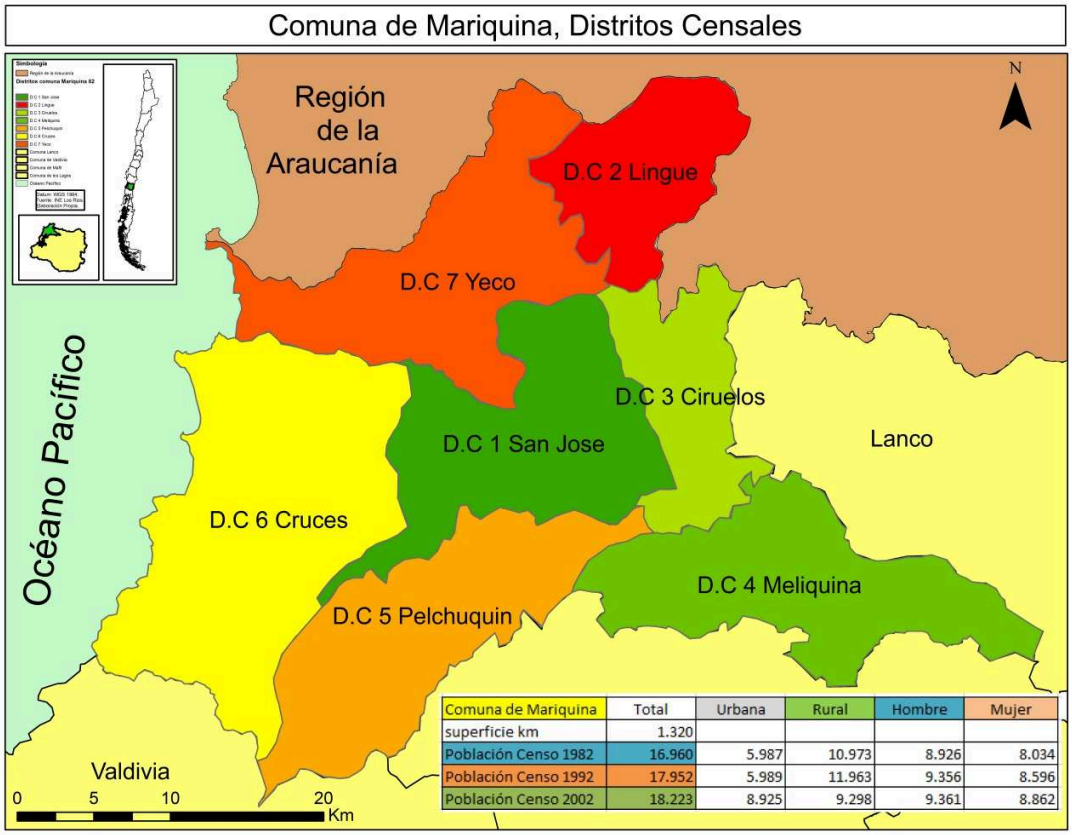
Figura 4.12.2. Identificación de las comunas que integran el área de la cuenca del río Cruces.

Cada una de las comunas en análisis dispone de una representación individual, sobre la cual se puede desplegar la base de datos asociada, correspondiente a la población en los diferentes censos, como se presenta en el caso de la comuna de Valdivia (Fig. 4.12.3). La cartografía comunal incorpora también la división en distritos censales, lo que si bien no son instancias administrativas, constituye uno de los niveles bajos de desagregación espacial de la información censal. La Figura 4.12.4 presenta el caso de la comuna de Mariquina y su división distrital.



Comuna de Valdivia	Total	Urbana	Rural	Hombres	Mujeres
Superficie km	1015,6				
Población Censo 1982	109.387	101.126	8.261	53.345	56.042
Población Censo 1992	122.168	113.882	8.295	59.458	62.670
Población Censo 2002	140.559	129.952	10.607	68.510	72.049

Figura 4.12.3. Comuna de Valdivia.



Comuna de Mariquina	Total	Urbana	Rural	Hombre	Mujer
superficie km	1.320				
Población Censo 1982	16.960	5.987	10.973	8.926	8.034
Población Censo 1992	17.952	5.989	11.963	9.356	8.596
Población Censo 2002	18.223	8.925	9.298	9.361	8.862

Figura 4.12.4. Distritos censales de la comuna de Mariquina.

Siempre en el tema de la representación cartográfica de la información, la Figura 4.12.5 muestra la forma en que se presentan las localidades pobladas en cada comuna. En esta figura se ha incluido además el área correspondiente a la definición de 1 Km a cada lado de los ejes de los ríos tributarios al humedal, ya que será en las localidades insertas en esa área donde se realizará el estudio de mayor detalle respecto a la situación actual de la población.



Figura 4.12.5. Localidades pobladas de la comuna de Valdivia según Censo de 2002.

A manera de ejemplo de la forma en que se recoge la información de las localidades pobladas, la Tabla 4.12.1 presenta la información para distritos seleccionados de la comuna de Valdivia y correspondiente solamente a los datos del censo de 1982. La finalidad de esta información es la de permitir analizar la evolución de la población en estas localidades de manera de poder determinar si ellas se encuentran en proceso de expansión, de estancamiento o en decrecimiento. Especial énfasis se pone en aquellas localidades que corresponden al área directamente involucrada con el humedal del río Cruces. Estas tablas en su expresión completa consideran la totalidad de las localidades pobladas de las comunas en estudio y correspondientes a los censos de 1960, 1970, 1982, 1992 y 2002. Por razones de su extensión, la Tabla 4.12.1 presenta una versión resumida de esta información.

Tabla 4.12.1. Población de las localidades pobladas de distritos seleccionados de la comuna de Valdivia. Censo de 1982.

Censo 1982 Población				
Provincia, Comuna, Distrito, Localidad	Urbano/Rural	Total	Sexo	
			Hombres	Mujeres
Provincia de Valdivia		307.150	155.350	151.800
Comuna de Valdivia		109.387	53.345	56.042
Distrito Camilo Henríquez		4.906	2.337	2.569
Valdivia	Cd. U	4.906	2.337	2.569
Distrito Isla Teja		3.690	2.008	1.682
Valdivia	Cd. U	3.690	2.008	1.682
Distrito Mercedes		3.055	1.420	1.635
Valdivia	Cd. U	3.050	1.420	1.635
Distrito Las Animas		9.451	4.666	4.785
Valdivia	Cd. U	8.971	4.416	4.555
Santa Elvira	R	262	146	116
Vista Alegre	R	57	27	30
Las Animas	R	99	44	55
Isla Rio Chico	R	24	13	11
Caucau	R	38	20	18
Distrito Tambillo		211	120	91
Tambillo	R	34	18	16
Quitaqui	R	89	56	33
San Ramón	R	4	2	2
Mirador	R	16	8	8
Isla Guape	R	39	23	16
San Pedro	R	5	2	3
Corcovado	R	20	8	12
Isla Rialejo	R	4	3	1

4.12.3.3. Análisis de la información económica

La información correspondiente a la actividad económica existente en el área de estudio se concentró en los rubros no agrícolas (ya que esa actividad quedará reflejada en el análisis del uso de suelo), especialmente en la industria, atendiendo a los efectos ambientales que pueden esperarse de ella. Para los efectos del estudio, se concentró el análisis en las comunas de Loncoche, Lanco, Mariquina y Máfil. No se incluye la comuna

de Valdivia debido a que sus actividades económicas no afectan directamente al HRC, siendo tributarias de la cuenca del río Calle Calle - Valdivia. Esto a diferencia del análisis demográfico, ya que en ese caso la comuna de Valdivia tiene localidades ribereñas del HRC y la propia ciudad de Valdivia genera una presión de uso sobre él, que debe ser tenida en consideración.

La información se obtuvo a partir de la revisión de bibliografía especializada y de bases de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), del Servicio de Impuestos Internos (SII) y de otras fuentes oficiales.

4.12.3.4. Caracterización del Uso de la Tierra

4.12.3.4.1. Material fotográfico

Las imágenes que sirvieron a la fotointerpretación de usos del suelo aparecen en la Tabla 4.12.2.

Tabla 4.12.2. Imágenes utilizadas en la zona de estudio

Año	Imagen	Resolución espacial	Zona
2014	SPOT-2011 e imágenes Google Earth en las zonas no cubiertas por las imágenes SPOT	2,5 metros	Completa
2006	Sector noreste: Fotografías aéreas digitalizadas, vuelo CONAF 2007 Sector suroeste: Imágenes Google Earth 2005-2006	2,0 metros	Completa
1990	Mosaico ortofotos IGM – 1988/1992	1,3 metros	Completa
1961	Fotografías aéreas digitalizadas - vuelo SAF (Servicio Aerofotométrico de la Fuerza Aérea de Chile) del año 1961	14,5 metros	Oeste

4.12.3.4.2. Georeferenciación de imágenes

El conjunto de imágenes y fotografías fueron georeferenciadas de manera de poder superponerlas. De esta forma, las distintas coberturas de información generadas por año son idénticas y no tienen desfase geográfico.

4.12.3.4.3. Bases de datos y sistema de clasificación

El procedimiento metodológico empleado para la descripción del uso actual de la tierra correspondió a la Carta de Ocupación de Tierras (COT), desarrollada por el Centro de Estudios Fitosociológicos y Ecológicos L. Emberger, CEPE de Montpellier, Francia, y adaptada por Etienne & Prado (1982). Esta metodología de clasificación corresponde a la utilizada oficialmente por el país en sus informes nacionales e internacionales.

Para simplificar la lectura de las tablas se presentan únicamente los usos que aparecen en la zona de estudio (*e.g.,* no aparecerá el uso "Glaciares y Nieves Eternas" correspondiente al código 07). La Tabla 4.12.3 detalla los usos presentes en la zona de estudio.

Tabla 4.12.3. Usos en la zona de estudio

USOS	SUBUSOS Y ESTRUCTURA VEGETACIONAL	
1 Áreas Urbanas-Industriales	1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas Industriales	
	1.2 Minería Industrial	
2 Terrenos Agrícolas	2.1 Terrenos de Uso Agrícola	
	2.2 Rotación Cultivo-Pradera	
3 Praderas y Matorrales	3.1 Praderas	3.1.3 Praderas Anuales
		3.1.4 Praderas Perennes
	3.2 Matorral-Pradera	
	3.3 Matorral	
	3.4 Matorral Arborescente	
4 Bosques	4.1 Plantaciones	4.1.1 Plantación
		4.1.2 Plantación Joven-Recién Cosechada
		4.1.3 Bosques Exóticas Asilvestradas
	4.2 Bosque Nativo	4.2.1 Bosque Nativo Adulto
		4.2.2 Renoval
		4.2.3 Bosque Nativo Adulto-Renoval
		4.2.4 Bosques Achaparrados
	4.3 Bosque Mixto	4.3.1 Bosque Nativo-Plantación
		4.3.2 Bosque Nativo-Exóticas Asilvestradas
5 Humedales	5.1 Vegetación Herbácea en Orilla	
	5.2 Marismas Herbáceas	
	5.3 Ñadis Herbáceos y Arbustivos	
	5.6 Vegas	
	5.7 Otros Terrenos Húmedos	
6 Áreas Sin Vegetación	6.7 Otros Terrenos Sin Vegetación	
	6.8 Cajas de Ríos	
8 Cuerpos de Agua	8.2 Ríos	
	8.3 Lago-Laguna-Embalse-Tranque	

4.12.3.4.4. Etapas de la fotointerpretación

Uno de los principales problemas para iniciar el análisis fue la búsqueda de información histórica de fotos aéreas. La fase de fotointerpretación de acuerdo a la disponibilidad de fotos e imágenes contempló el periodo del año 1961 al 2014, utilizando como base el último catastro actualizado (CONAF 2013). La escala de trabajo fue predial (superficie mínima cartografiable de 1 hectárea).

Se trabajó a un nivel de detalle que permitió detectar uso, subuso de la tierra y estructura de la vegetación.

4.12.3.4.5. Errores afectos de la cartografía

Se evaluó la confiabilidad en el proceso de clasificación de uso actual de la tierra y se estimó los errores del proceso mediante un control de terreno. La campaña de terreno se organizó en el sector de estudio, con énfasis en los polígonos con cambio detectados en gabinete. Se generó una base de datos con información de polígonos de cambio revisados en terreno y producción de las coberturas cartográficas de actualización del catastro de uso de la tierra.

Se visitó en terreno el 9% de los polígonos obtenido del proceso anterior con el fin de determinar el grado de acierto y calidad del trabajo en esta fase.

4.12.4. Resultados

4.12.4.1. Caracterización geodemográfica

La caracterización geodemográfica del área definida como de influencia del HRC, permitirá definir las formas en que ha ido evolucionando la población en dicha área, de manera de asociarlos a la evolución del territorio y sobre esa base poder proyectar las condiciones futuras. Como resultado de estos análisis, se identificarán posibles amenazas sobre el humedal derivadas de una mayor carga poblacional (producto del crecimiento demográfico proyectado) así como el crecimiento en el equipamiento tanto urbano como rural y los efectos de cargas contaminantes que pudieran derivarse de todo lo anterior.

4.12.4.1.1. Población de la cuenca del río Cruces

El área de la cuenca aportante al HRC alcanza aproximadamente a 3.233 Km^2, comprometiendo superficies que pertenecen administrativamente a las regiones de La Araucanía y Los Ríos, correspondientes a seis comunas de Los Ríos y dos comunas de La Araucanía. Para efectos del análisis demográfico, se ha optado por no considerar el área perteneciente a las comunas de Villarrica y Loncoche (Región de La Araucanía), Panguipulli y Los Lagos (Región de Los Ríos), debido a su relativamente bajo aporte en términos demográficos, al área de estudio. De esta manera las comunas que se considerarán en el estudio son: Lanco, Mariquina, Máfil y Valdivia.

Las comunas seleccionadas para el estudio en la cuenca representan el 54,74% de la población de la Región de Los Ríos. En el año 2002, la comuna de Valdivia con 140.559 habitantes, representaba el 39,44% de la población de la Región de Los Ríos; Mariquina tenía 18.223 habitantes con el 5,1% del total regional, le sigue la comuna de Lanco con 15.107 habitantes equivalentes al 4,2% de la población regional, y por último Máfil con 7.213 habitantes y el 2,0% de la población regional (Tabla 4.12.2).

Las comunas de Valdivia, Mariquina y Lanco presentan un crecimiento poblacional positivo entre 2002 y el 2012 con un 10,5%; 10,2% y un 4,9% respectivamente, cifras superiores al crecimiento regional (2,7%) para el mismo periodo. De hecho, las comunas de Valdivia y Mariquina son las que más crecen en el periodo. Por su parte la comuna de Máfil, entre ambos censos, tiene un crecimiento intercensal negativo o casi nulo, de -2,2% (Tabla 4.12.4). Todas estas cifras son previsionales y no oficiales, debido a que el censo del año 2012 fue declarado inválido, sin embargo permiten tener una aproximación, con todas las consideraciones que el caso merece, a la situación demográfica global.

Tabla 4.12.4. Población de las comunas seleccionadas. 2002 – 2012.

Comunas	N° de habitantes 2002	N° de habitantes 2012 (*)	% de variación intercensal (2002 - 2012	% respecto a la Región respectiva
Valdivia	140.559	154.445	10,5	42,4
Mariquina	18.223	19.791	10,2	5,44
Lanco	15.107	15.848	4,9	4,36
Máfil	7.213	6.992	-2,2	1,92
Subtotal	181.402	197.076	8,6	
Total Región de Los Ríos	356.396	363.887	2,7	100.0

(*) Censo 2012, Datos Preliminares, INE. Declarado inválido
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 2002 y 2012, INE.

La evolución de la población de las comunas en estudio, en el periodo considerado significativo para el análisis, es decir entre 1960 y el presente, se registra en la Tabla 4.12.5. En ella es posible advertir el proceso de concentración de la población regional en la comuna de Valdivia que más que duplica su población en el periodo analizado. En cambio las otras tres comunas presentan un comportamiento prácticamente estancado. El caso de la comuna de Mariquina resulta particular, ya que ella sufrió una merma considerable de población tras la creación de la comuna de Máfil. Sin embargo, como se aprecia en la Figura 4.12.6, las tendencias generales muestran el estancamiento en el conjunto de las comunas mencionadas.

Tabla 4.12.5. Evolución demográfica de las comunas seleccionadas. 1960 - 2012

	2012(*)	2002	1992	1982	1970	1960
Comuna Valdivia	154.445	140.559	122.168	109.387	92.124	73.288
Comuna Mariquina	19.791	18.223	17.952	16.960	15.585	23.023
Comuna Lanco	15.848	15.107	13.757	12.901	14.508	14.971
Comuna Máfil	6.992	7.213	7.176	7.067	7.233	

(*) Censo 2012, Datos Preliminares, INE. Declarado inválido
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2012, INE, y 1960 – 1970 DGE.

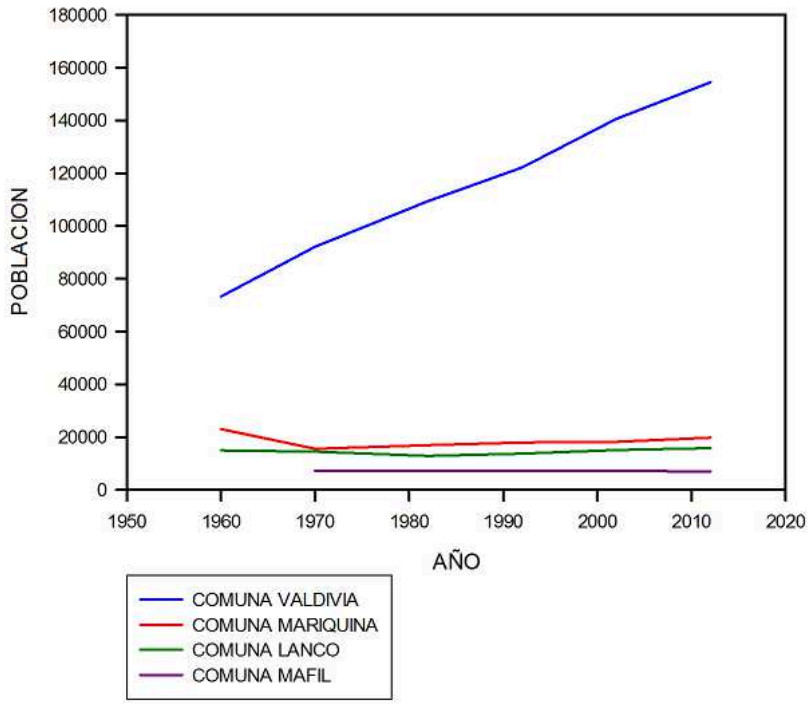


Figura 4.12.6. Evolución de la población de las comunas seleccionadas.

(*) Censo 2012, Datos Preliminares, INE. Declarado inválido.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2012, INE, y 1960 – 1970 DGE.

La Figura 4.12.7 por su parte, presenta el comportamiento de las tasas medias anuales de crecimiento intercensal, indicador que da cuenta del ritmo de crecimiento que manifiestan las comunas en análisis. Como se aprecia en el gráfico, el ritmo de crecimiento registra una reducción más o menos constante a lo largo del periodo de estudio, con la sola excepción de la comuna de Mariquina que presenta un aumento en su tasa en el

último periodo censal (2002 – 2012), con todas las salvedades que respecto de la información del 2012 hay que tener. El caso de la comuna de Valdivia es interesante de tener presente ya que si bien aumenta el volumen de su población, el ritmo de crecimiento muestra una tendencia claramente a la baja.

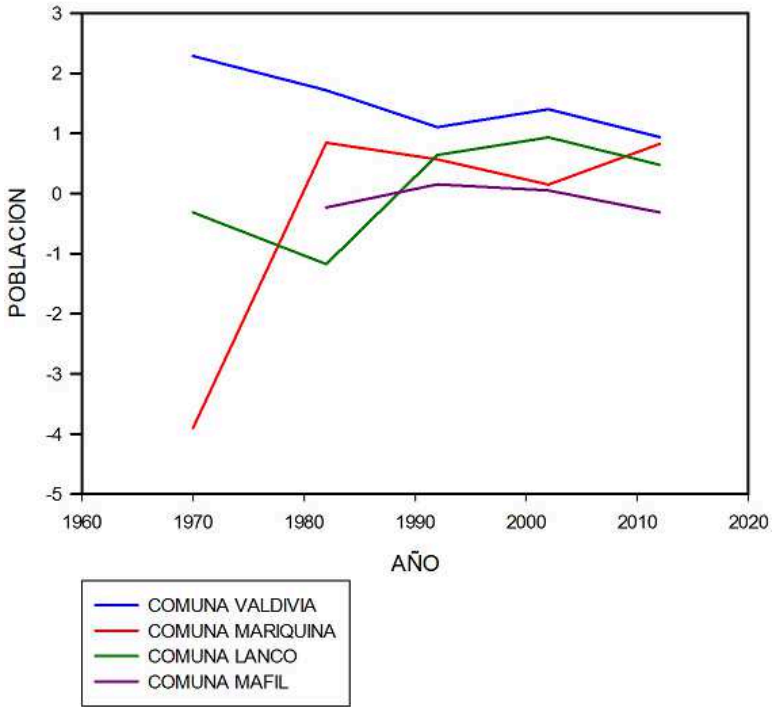


Figura 4.12.7. Tasa Media Anual de crecimiento intercensal para comunas seleccionadas. 1960 - 2012

(*) Censo 2012, Datos Preliminares, INE. Declarado inválido
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2012, INE, y 1960 – 1970 DGE.

Considerando el total de la población incluida en las cuatro comunas que están siendo analizadas, la evolución es positiva en el sentido de que muestran una tendencia al crecimiento del volumen de habitantes (Fig. 4.12.8). No obstante, es importante tener presente que esa evolución se ve fuertemente influida por la comuna de Valdivia, como se aprecia en la Figura 4.12.9. Esto resulta importante de tener presente puesto que si bien la ciudad de Valdivia es una fuente significativa de presión sobre el HRC, no toda esta población está directamente relacionada a él.

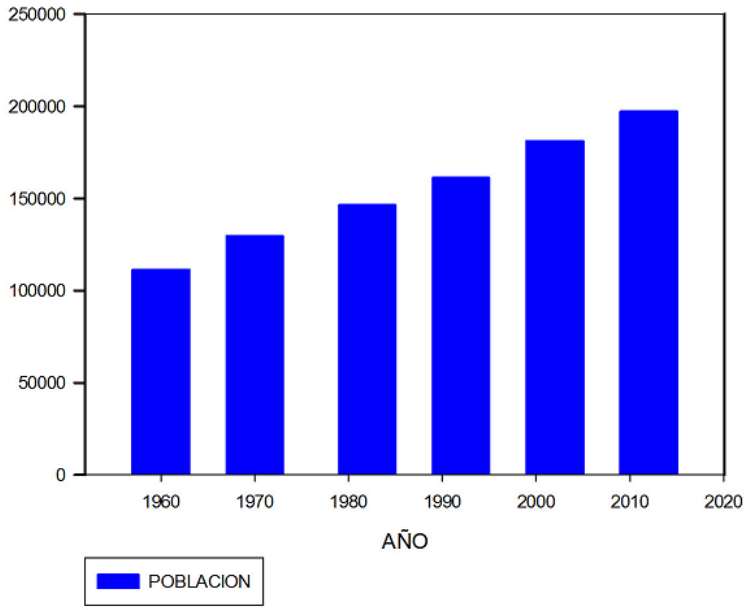


Figura 4.12.8. Evolución de la población de las cuatro comunas consideradas. 1960 - 2012
(*) Censo 2012, Datos Preliminares, INE.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2012, INE, y 1960 – 1970 DGE.

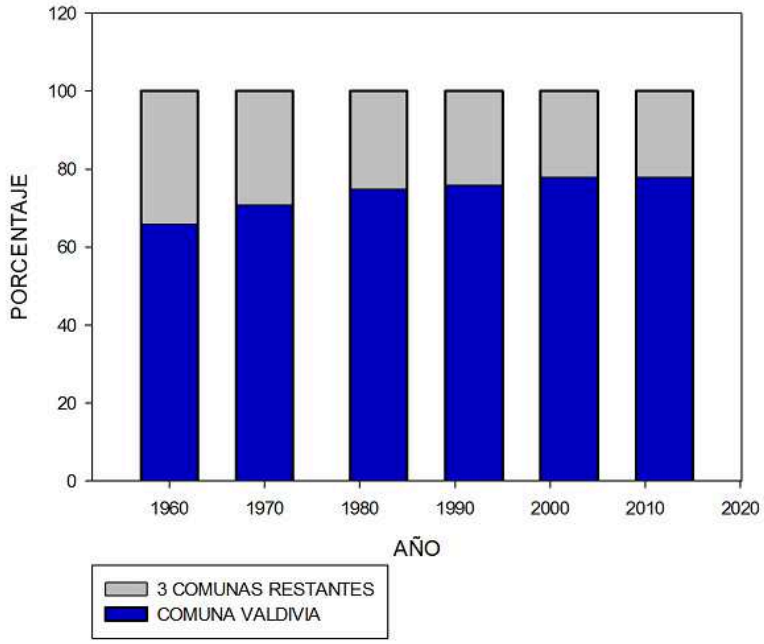


Figura 4.12.9. Participación (%) de la comuna de Valdivia en el total de población estudiada. 1960 – 2012.
(*) Censo 2012, Datos Preliminares, INE.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2012, INE, y 1960 – 1970 DGE.

4.12.4.1.2. Análisis demográfico de detalle

Un análisis más detallado de las características demográficas del área de estudio, implica trabajar a nivel de localidad y entidad de población. Las entidades población corresponden a lugares en que se encuentra la población en algún tipo de asentamiento, de cualquier tamaño. La Tabla 4.12.6 presenta las entidades de población consideradas por el sistema estadístico chileno, tanto las de carácter urbano como las rurales. Por su parte, las localidades corresponden a un agrupamiento de entidades de reducido número de habitantes, o de población dispersa, a las que se les asigna un nombre, generalmente representativo de la entidad de mayor rango. Las localidades de población son áreas en las que se encuentra población, a diferencia de las entidades que son puntos con habitantes en algún grado de concentración.

Para el caso de este estudio se ha hecho un análisis de las localidades pobladas a través de los censos de población desde 1960 al 2002. Las localidades utilizadas para este análisis corresponden solamente a aquellas que se encuentran en las inmediaciones del HRC, específicamente en un área delimitada por un kilómetro, aproximadamente, a ambos lados del eje del río Cruces y de sus principales tributarios. La Figura 4.12.10 presenta las localidades (según el censo del año 2002) presentes en la mencionada área de influencia directa.

Tabla 4.12.6. Entidades de población según INE (Instituto Nacional de Estadísticas).

ENTIDADES DE POBLACIÓN
Entidades Urbanas
Ciudad
Pueblo
Entidades Rurales
Aldea
Caserío
Asentamiento minero
Fundo – Estancia – Hacienda
Parcela – Hijuela
Parcela de agrado
Comunidad indígena
Comunidad agrícola
Campamento (trabajadores)
Veranada – Majada - Aguada
Otro

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2005)

La evolución demográfica de las entidades urbanas localizadas en el área de estudio se presenta en la Figura 4.12.11. En ella se advierte un comportamiento similar al manifestado a escala de comuna, por cuanto la ciudad de Valdivia exhibe una clara tendencia de concentración demográfica, en tanto las otras cuatro entidades tienden a una condición de más estancamiento relativo, en su crecimiento. Se ha optado por presentar separadamente la ciudad de Valdivia con el fin de apreciar de mejor forma la evolución de las otras tres ciudades.

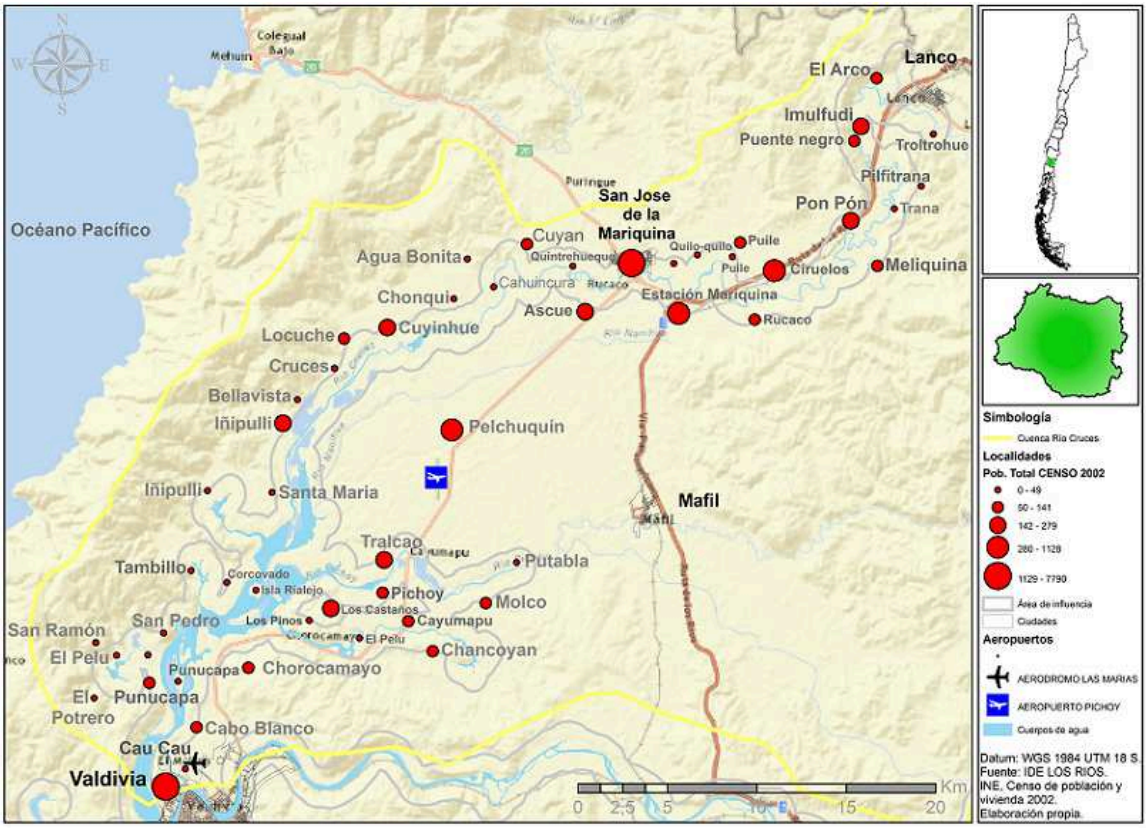


Figura 4.12.10. Localidades en el área de influencia directa del HRC.

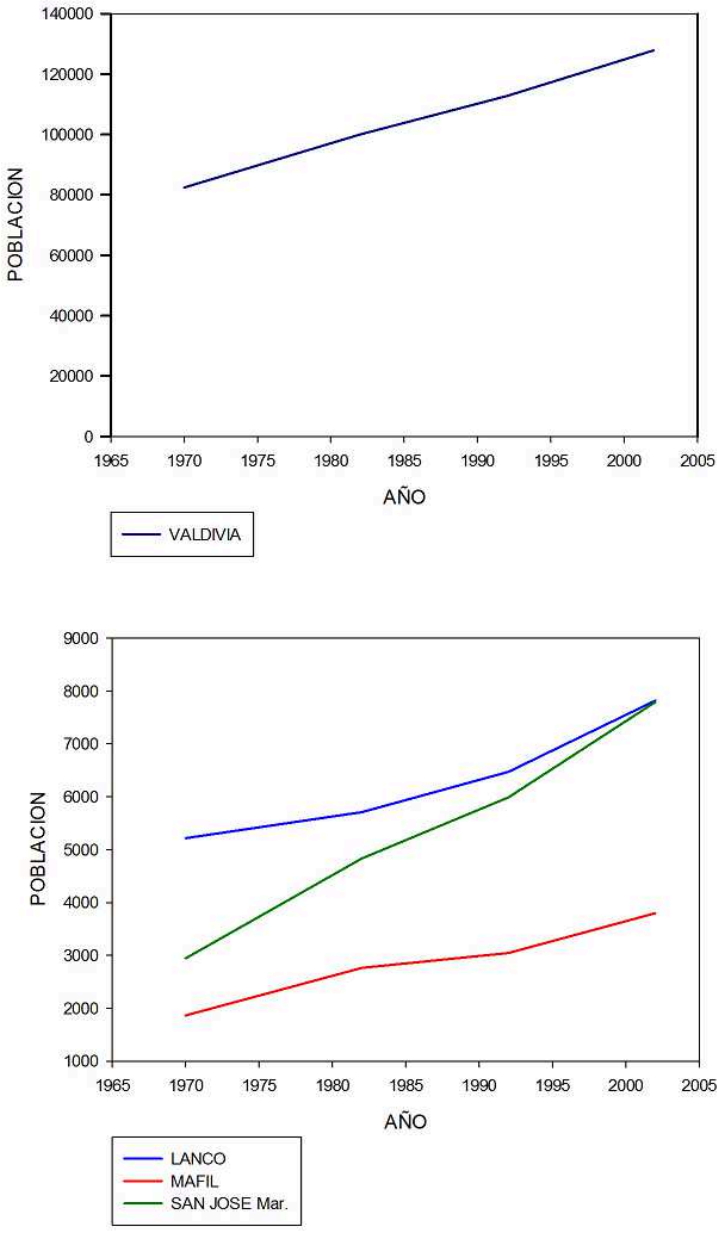


Figura 4.12.11. Evolución de los centros urbanos presentes en el área de estudio. 1970 -2002.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2002, INE, y 1960 – 1970 DGE.

Para el análisis de la población del área de influencia directa sobre el HRC y su evolución temporal, el enfoque se concentra en las localidades rurales, que son las que presentan una mayor dispersión sobre el territorio.

Los gráficos de la Figura 4.12.12 dan cuenta de la evolución de la población total de área, el primero corresponde a la población de las cuatro entidades urbanas, mientras el segundo representa la evolución de la población de las localidades rurales. En ambos casos se aprecia una tendencia al crecimiento, aun cuando los volúmenes de población difieren sustancialmente.

La Tabla 4.12.7 presenta la información correspondiente a la población de las localidades rurales pertenecientes a las comunas involucradas en el estudio, y su evolución desde 1960 al 2002. Como se puede apreciar, la comuna de Mariquina es la que tiene la mayor cantidad de población presente en el área inmediata al humedal del río Cruces, seguida de la comuna de Valdivia, mientras Lanco y Máfil participan con una mucha menor proporción.

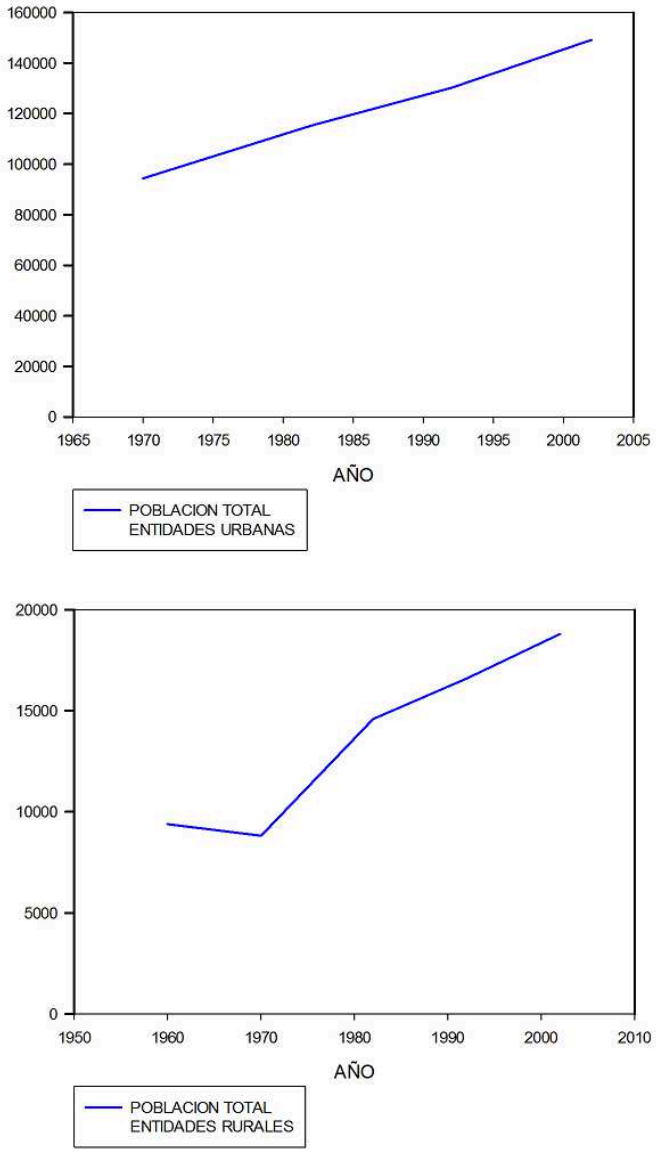


Figura 4.12.12. Evolución de la población total presente en el área de influencia del HRC. (a: entidades urbanas, b: entidades rurales).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 202, INE, y 1960 – 1970 DGE.

Tabla 4.12.7. Población total de las localidades rurales según comuna.

	POBLACION TOTAL RURAL POR COMUNA			
	VALDIVIA	MARIQUINA	LANCO	MAFIL
CENSO 2002	6.584	11.808	384	16
CENSO 1992	5.731	10.361	502	0
CENSO 1982	4.960	9.207	430	0
CENSO 1970	3.449	5.327	0?	44
CENSO 1960	3.306	5.427	655	*37

*No existía la comuna de Máfil pero se consideró una localidad del distrito Máfil perteneciente en ese año a la comuna de Mariquina.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2002, INE, y 1960 – 1970 DGE.

La localización de las localidades rurales que se incluyen en el análisis, para cada comuna, se presenta en las Figuras 4.12.13; 4.12.14; 4.12.15 y 4.12.16.

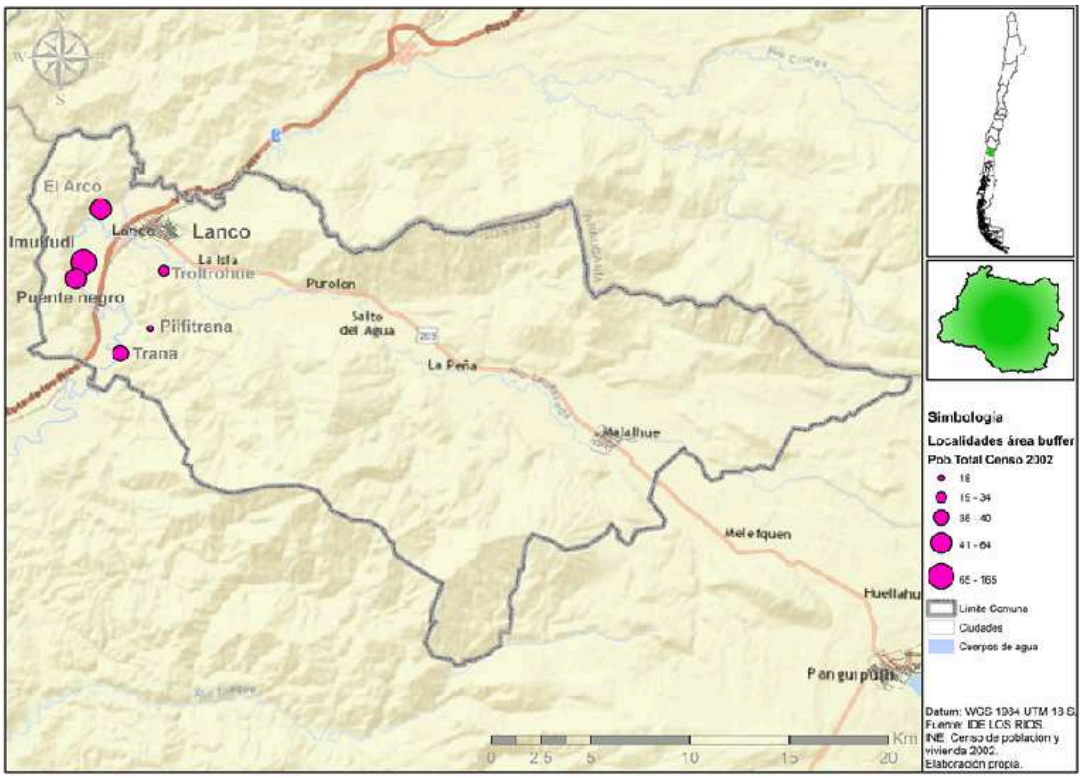


Figura 4.12.13. Localidades rurales de la comuna de Lanco.

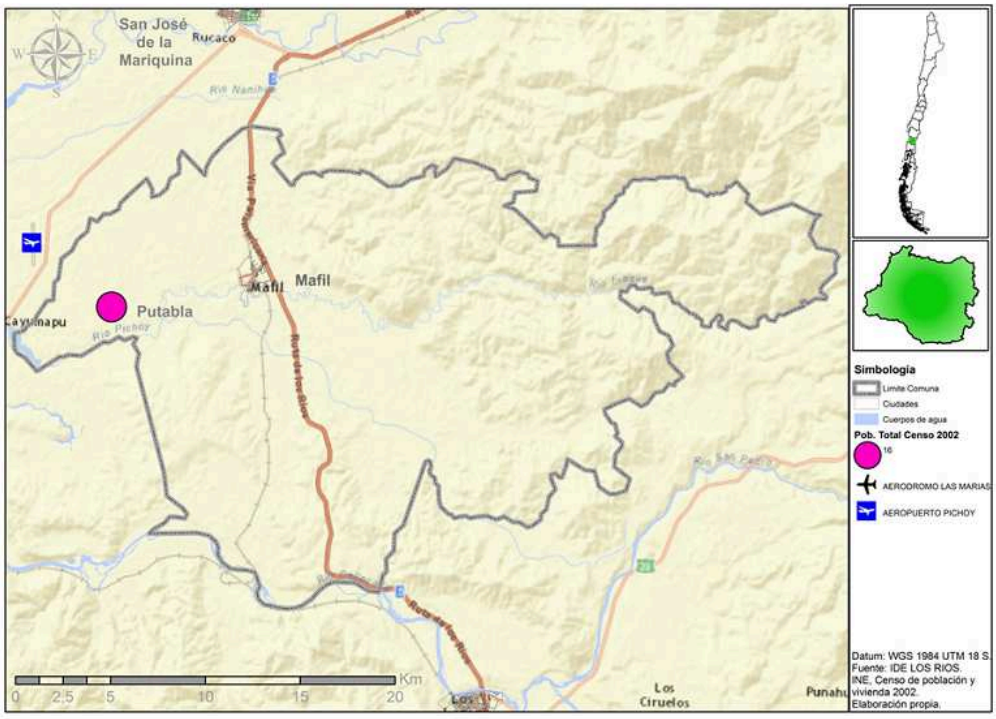


Figura 4.12.14. Localidades rurales de la comuna de Máfil.

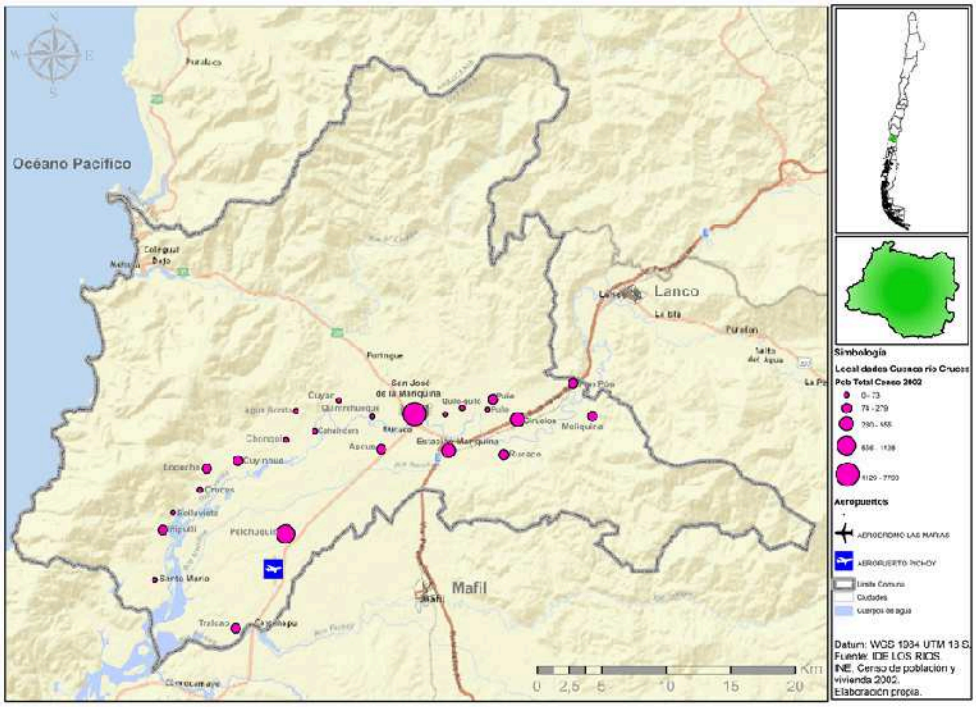


Figura 4.12.15. Localidades rurales de la comuna de Mariquina

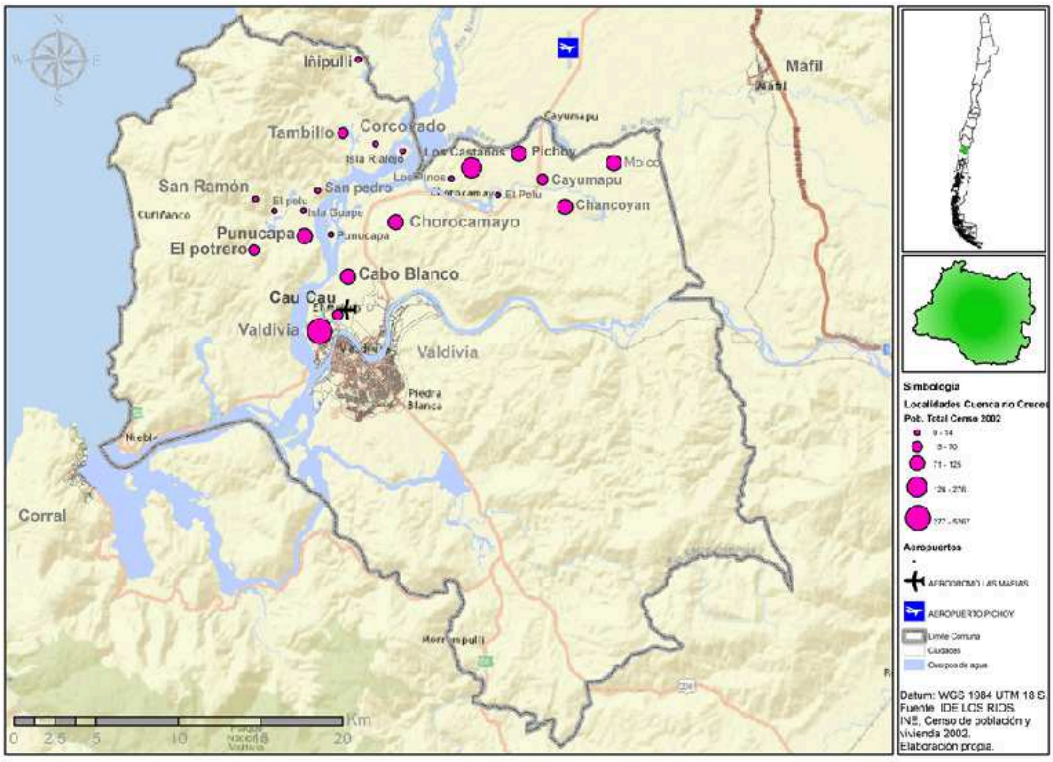


Figura 4.12.16. Localidades rurales de la comuna de Valdivia.

Con la finalidad de clarificar la relación entre las entidades y las localidades rurales, la Tabla 4.12.8 contiene la lista de las localidades de la comuna de Mariquina y las respectivas entidades que se incorporan a cada localidad, según el censo del año 2002. Lo mismo ocurre con la Tabla 4.12.9 para el caso de las comunas de Lanco, Máfil y Valdivia.

Tabla 4.12.8. Localidades y entidades de población de la comuna de Mariquina

COMUNA MARIQUINA

LOCALIDAD: SAN JOSE DE LA MARIQUINA DC1

- SAN JOSE DE LA MARIQUINA CIUDAD

LOCALIDAD: CHONQUI DC1

- CHONQUI PARCELA
- ESMERALDA FUNDO

LOCALIDAD: CAHUINCURA

- CAHUINCURA PARCELA
- LOS COIHUES FUNDO

LOCALIDAD: AGUA BONITA

- AGUA BONITA FUNDO

LOCALIDAD: CUYAN

- CUYÁN FUNDO
- CUYÁN PARCELA
- ILLAHUE FUNDO

LOCALIDAD: QUINTRAHUEQUE

- QUINTRAHUEQUE FUNDO

LOCALIDAD QUILO-QUILO

- ESMERALDA FUNDO
- QUILOQUILO PARCELA

LOCALIDAD: PUILE

- LANGAR FUNDO
- LAS CAMELIAS FUNDO
- LOS PELLINES NORTE FUNDO
- LOS PELLINES SUR FUNDO
- PUILE (P) PARCELA
- SAN PATRICIO FUNDO

LOCALIDAD: CIRUELOS DC3

- CIRUELOS ALDEA
- CIRUELOS PARCELA
- EMOZUL FUNDO
- LINCAY FUNDO
- RINCONADA FUNDO

LOCALIDAD: PONPON DC3

- LA PIEDAD FUNDO
- PONPON COMUNIDAD INDIGENA
- QUECHUPULLI FUNDO
- SANTA INES FUNDO

LOCALIDAD: PUILE DC3

- PUILE PARCELA
- DOLLIN FUNDO
- LINCAY FUNDO

LOCALIDAD: MELIQUINA DC4

- LIUCURA PARCELA
- MELIQUINA PARCELA

LOCALIDAD: RUCACO DC4

- RAYULA PARCELA
- RUCACO PARCELA
- TRAIGUEN FUNDO

LOCALIDAD: TRALCAO DC5

- PUERTO LAS VIGAS FUNDO
- SAN ANTONIO FUNDO
- TRALCAO PARCELA

LOCALIDAD: PELCHUQUIN DC5

- ALTUE FUNDO
- CHUNINPA FUNDO
- LA ESPERANZA FUNDO
- LA PUNTA PARCELA
- PAICO FUNDO
- PELCHUQUIN ALDEA
- PELCHUQUIN PARCELA

LOCALIDAD: ESTACION MARIQUINA DC5

- CONDORITO PARCELA
- ESTACIÓN MARIQUINA ALDEA
- ESTACIÓN MARIQUINA PARCELA

LOCALIDAD ASCUE DC5

- ASCUE FUNDO
- ASCUE PARCELA
- AUSTRIA FUNDO
- BRAMADERO PARCELA
- CUNCÚN FUNDO
- EL AVELLANO FUNDO
- GUAPE FUNDO
- LLANCAHUE PARCELA
- LOS AROMOS PARCELA
- PEUL FUNDO
- QUIGUÉN FUNDO
- SANTA FELICIA FUNDO

LOCALIDAD: SANTA MARIA

- LOS ROBLES FUNDO
- SANTA MARÍA FUNDO

LOCALIDAD: IÑIPULLI

- IÑIPULLI PARCELA
- SAN MARTÍN FUNDO
- VICTORIA FUNDO

LOCALIDAD: CUYINHUE

- CERRO LA MARINA PARCELA
- CUYINHUE FUNDO
- LA LAMA PARCELA

LOCALIDAD: CRUCES

- CRUCES FUNDO

LOCALIDAD: LOCUCHE

- EL MAIZAL PARCELA
- LOCUCHE PARCELA

LOCALIDAD: BELLAVISTA

- BELLAVISTA FUNDO

Tabla 4.12.9. Localidades y entidades de población de las comunas de Lanco, Máfil y Valdivia.

COMUNA DE LANCO

LOCALIDAD: TROLTROHUE DC6
- SAN ESTEBAN FUNDO
- SANTA MARGARITA FUNDO
- SANTA MARÍA FUNDO
- TILTIL FUNDO
- TROLTROLHUE FUNDO

LOCALIDAD: IMULFUDI DC6
- IMULFUDI FUNDO
- IMULFUDI PARCELA

LOCALIDAD: PILFITRANA DC6
- PILFITRANA PARCELA

LOCALIDAD: TRANA DC6
- TRANA PARCELA

LOCALIDAD: EL ARCO DC4
- EL ARCO PARCELA
- EL ROSARIO FUNDO
- SAN BERNARDO PARCELA

LOCALIDAD: PUENTE NEGRO DC4
- AMANECER FUNDO
- BENUMAPO FUNDO
- LOS AVELLANOS FUNDO
- LOS CIRUELOS FUNDO
- MALACASTA FUNDO
- PUENTE NEGRO PARCELA
- SAN AGUSTÍN FUNDO
- SANTA INÉS FUNDO

COMUNA DE MAFIL

LOCALIDAD: PUTABLA DC2
- PUTABLA FUNDO

COMUNA DE VALDIVIA

LOCALIDAD: VALDIVIA DC2
- VALDIVIA CIUDAD

LOCALIDAD: CAUCAU DC4
- CAUCAU FUNDO
- ISLA CABO BLANCO PARCELA
- LAS MARÍAS PARCELA

LOCALIDAD CHOROCAMAYO DC11
- CHOROCAMAYO FUNDO
- CHOROCAMAYO OTROS
- CORCOVADO OTROS
- EL REBELLÍN OTROS
- LA DEHESA FUNDO
- LA DEHESA PARCELA
- LOS ARRAYANES FUNDO
- REBELLÍN ALTO FUNDO
- REBELLÍN BAJO PARCELA

LOCALIDAD LOS PINOS DC11
- LA QUILA FUNDO
- LOS PINOS FUNDO

LOCALIDAD PICHOY DC11
- DÁNGUIL FUNDO
- PICHOY FUNDO
- SANTA TERESA FUNDO

LOCALIDAD LOS CASTAÑOS DC11
- CAMINO REAL PARCELA
- CAYUMAPU PARCELA
- KILÓMETRO TREINTA PARCELA
- LOS CASTAÑOS FUNDO
- RINCONADA FUNDO
- VILLA CAYUMAPU CASERIO

LOCALIDAD CABO BLANCO DC11
- CABO BLANCO PARCELA
- SANTA ROSA FUNDO

LOCALIDAD PUNUCAPA DC11
- ISLA CULEBRA PARCELA

LOCALIDAD SANTA ELVIRA DC11
- SANTA ELVIRA PARCELA

LOCALIDAD EL PELU DC11
- EL PELU FUNDO

LOCALIDAD CAYUMAPU DC12
- CAYUMAPU PARCELA
- CAYUMAPU OTROS
- CORCOLÉN FUNDO
- LOS COIHUES FUNDO
- LOS ROBLES PARCELA
- PICHIMAPU FUNDO

LOCALIDAD CHANCOYAN DC12
- CHANCOYÁN PARCELA
- EL ARRAYÁN FUNDO
- LOS ÑADIS PARCELA

LOCALIDAD MOLCO DC12
- CATRIPULLI FUNDO
- ENCATRADO FUNDO
- LLOFE FUNDO
- LOS ROBLES FUNDO
- MOLCO FUNDO
- MOLCO CHICO FUND
- PALO ALTO FUNDO
- PITRACO PARCELA
- SAN JORGE FUNDO
- SANTA TERESA FUNDO

LOCALIDAD PUNUCAPA DC16
- COLEGUAL PARCELA
- PUNUCAPA CASERIO
- PUNUCAPA ALTO PARCELA

LOCALIDAD ISLA HUEPE DC16
- ISLA GUAPE GRANDE PARCELA

LOCALIDAD EL PELU DC16
- EL PELU PARCELA

LOCALIDAD EL POTRERO DC16
- POTRERO PARCELA

LOCALIDAD ISLA RIALEJO DC19
- ISLA RIALEJO FUNDO

LOCALIDAD TAMBILLO DC19
- CORCOVADO FUNDO
- PUAMO FUNDO
- TAMBILLO PARCELA

LOCALIDAD CORCOVADO DC1
- CORCAVADO FUNDO

LOCALIDAD SAN PEDRO DC19
- SAN PEDRO PARCELA

LOCALIDAD IÑIPULLI DC19
- IÑIPULLI PARCELA

LOCALIDAD SAN RAMON DC19
- SAN RAMON FUNDO

La Tabla 4.12.10 da cuenta del número de habitantes en cada una de las localidades estudiadas para el periodo 1960 – 2002. Cabe aclarar que las localidades denominadas San José de la Mariquina y Valdivia, no corresponden a las ciudades del

mismo nombre, sino a sectores rurales que el censo asocia a los respectivos centros urbanos.

Tabla 4.12.10. Habitantes en localidades del área de estudio. 1960 – 2002

		NÚMERO DE HABITANTES				
COMUNA	LOCALIDAD	CENSO 1960	CENSO 1970	CENSO 1982	CENSO 1992	CENSO 2002
MARIQUINA	SAN JOSE DE LA MARIQUINA	2878	2945	4833		7790
MARIQUINA	CHONQUI/VERONICA	23	12	21	41	27
MARIQUINA	CAHUINCURA	25	14	0	0	5
MARIQUINA	AGUA BONITA	10	39	30	78	6
MARIQUINA	CUYAN/ CUYAN-QUECHUCO	208	286	158	52	73
MARIQUINA	QUINTRAHUEQUE	52	23	29	14	13
MARIQUINA	QUILO-QUILO	0	19	18		19
MARIQUINA	PUILE	99	110	177	220	114
MARIQUINA	CIRUELOS	255	191	222	555	586
MARIQUINA	PONPON	199	39	139	134	167
MARIQUINA	PUILE	149	105	261	270	49
MARIQUINA	MELIQUINA	33	17	240	179	141
MARIQUINA	RUCACO	68	57	169	121	126
MARIQUINA	TRALCAO	201	204	198	234	279
MARIQUINA	PELCHUQUIN	516	683	1291	1192	1128
MARIQUINA	ESTACION MARIQUINA	0	0	588	674	555
MARIQUINA	ASCUE	80	103	226	136	257
MARIQUINA	SANTA MARIA	81	61	49	48	25
MARIQUINA	IÑIPULLI	211	183	225	216	174
MARIQUINA	CUYINHUE	185	105	141	57	167
MARIQUINA	CRUCES	57	22	15	5	9
MARIQUINA	LOCUCHE	97	109	163	132	98
MARIQUINA	BELLAVISTA	0	0	14	14	0
LANCO	TROLTROHUE	540	0	89	53	34
LANCO	IMULFUDI	0	0	117	139	165
LANCO	PILFITRANA	62	0	137	39	18
LANCO	TRANA	53	0	0	51	40
LANCO	EL ARCO	0	0	34	122	64
LANCO	PUENTE NEGRO	0	0	53	98	63
MAFIL	PUTABLA	37	43	0		16
VALDIVIA	VALDIVIA	1957	2301	3690	3949	5267
VALDIVIA	CAUCAU	0	15	38	34	47
VALDIVIA	CHOROCAMAYO	38	45	109	131	101
VALDIVIA	LOS PINOS	0	15	76	62	2

VALDIVIA	PICHOY	82	73	62	73	82
VALDIVIA	LOS CASTAÑOS	57	43	43	189	427
VALDIVIA	CABO BLANCO	104	85	98	112	121
VALDIVIA	PUNUCAPA	0	0	0	0	2
VALDIVIA	SANTA ELVIRA	0	74	21	371	19
VALDIVIA	EL PELU	10	18	9	0	11
VALDIVIA	CAYUMAPU	12	68	278	234	70
VALDIVIA	CHANCOYAN	263	142	152	147	110
VALDIVIA	MOLCO	272	240	182	182	102
VALDIVIA	PUNUCAPA	302	229	92	111	125
VALDIVIA	ISLA HUEPE	0	0	17	2	4
VALDIVIA	EL PELU	0	0	0	4	0
VALDIVIA	EL POTRERO	57	0	26	44	26
VALDIVIA	ISLA RIALEJO	14	2	4	0	3
VALDIVIA	TAMBILLO	55	57	34	31	46
VALDIVIA	CORCOVADO	36	12	20	23	14
VALDIVIA	SAN PEDRO	0	0	5	7	5
VALDIVIA	IÑIPULLI	0	0	0	0	0
VALDIVIA	SAN RAMON	47	30	4	25	0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2002, INE, y 1960 – 1970 DGE.

Desafortunadamente el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) no conserva las denominaciones de las localidades entre un censo y otro. Además, modifica las entidades que forman parte de las localidades entre censos contiguos, lo que dificulta el trabajo comparativo. Fue necesario hacer un trabajo de alto detalle con la finalidad de lograr asociar entidades y localidades de la forma más adecuada posible, a la finalidad de este estudio. Para homogeneizar la información se usó como base la nómina de localidades y entidades establecida en el censo del año 2002 y que se presentan en las Tablas 4.12.6 y 4.12.7.

Esta situación explica en buena parte la existencia de valores cero, en algunos casos en que fue imposible mantener la localidad ya que las entidades que la integraron en el censo del año 2002 no fue posible separarlas de las localidades de las que formaron parte en censos anteriores. En todo caso, la suma total de habitantes para el conjunto de

localidades corresponde al volumen total de población existente en el área para los años correspondientes.

4.12.4.1.3. Crecimiento demográfico de localidades y entidades rurales

A las localidades que presentan una mayor continuidad de información se les calculó la Tasa de Crecimiento Medio Anual (TCMA), entre censos sucesivos, como una forma de conocer el comportamiento del ritmo de crecimiento y el dinamismo de estas localidades. La información se presenta en la Tabla 4.12.11.

Tabla 4.12.11. Tasa de Crecimiento Medio Anual para localidades de las comunas en estudio. 1960 – 2002.

COMUNA	LOCALIDAD	D.C	TCMA 1992 - 2002	TCMA 1982 - 1992	TCMA 1970 - 1982	TCMA 1960 – 1970
MARIQUINA	SAN JOSE DE LA MARIQUINA	1	2,63	2,14	4,95	0,23
MARIQUINA	CHONQUI/VERONICA	1	-4,18	6,69	5,60	-6,51
MARIQUINA	AGUA BONITA	1	-25,65	9,56	-2,62	13,61
MARIQUINA	CUYAN/ CUYAN-QUECHUCO	1	3,39	-11,11	-5,93	3,18
MARIQUINA	QUINTRAHUEQUE	1	-0,74	-7,28	2,32	-8,16
MARIQUINA	PUILE	1	-6,57	2,17	4,76	1,05
MARIQUINA	CIRUELOS	3	0,54	9,16	1,25	-2,89
MARIQUINA	PONPON	3	2,20	-0,37	10,59	-16,30
MARIQUINA	PUILE	3	-17,07	0,34	7,59	-3,50
MARIQUINA	MELIQUINA	4	-2,39	-2,93	22,06	-6,63
MARIQUINA	RUCACO	4	0,40	-3,34	9,06	-1,76
MARIQUINA	TRALCAO	5	1,76	1,67	-0,25	0,15
MARIQUINA	PELCHUQUIN	5	-0,55	-0,80	5,31	2,80
MARIQUINA	ESTACION MARIQUINA	5	-1,94	1,37		
MARIQUINA	ASCUE	5	6,36	-5,08	6,55	2,53
MARIQUINA	SANTA MARIA	6	-6,52	-0,21	-1,83	-2,84
MARIQUINA	IÑIPULLI	6	-2,16	-0,41	1,72	-1,42
MARIQUINA	CUYINHUE	6	10,75	-9,06	2,46	-5,66
MARIQUINA	CRUCES	6	5,88	-10,99	-3,19	-9,52
MARIQUINA	LOCUCHE	6	-2,98	-2,11	3,35	1,17
LANCO	TROLTROHUE	6	-4,44	-5,18		
LANCO	IMULFUDI	6	1,71	1,72		

LANCO	PILFITRANA	6	-7,73	-12,56		
LANCO	TRANA	6	-2,43			
LANCO	EL ARCO	4	-6,45	12,78		
LANCO	PUENTE NEGRO	4	-4,42	6,15		
VALDIVIA	VALDIVIA	2	2,88	0,68	3,94	1,62
VALDIVIA	CAUCAU	4	3,24	-1,11	7,75	
VALDIVIA	CHOROCAMAYO	11	-2,60	1,84	7,37	1,69
VALDIVIA	LOS PINOS	11	-34,34	-2,04	13,52	
VALDIVIA	PICHOY	11	1,16	1,63	-1,36	-1,16
VALDIVIA	LOS CASTAÑOS	11	8,15	14,81	0,00	-2,82
VALDIVIA	CABO BLANCO	11	0,77	1,34	1,19	-2,02
VALDIVIA	SANTA ELVIRA	11	-29,72	28,72	-10,50	
VALDIVIA	CAYUMAPU	12	-12,07	-1,72	11,73	17,35
VALDIVIA	CHANCOYAN	12	-2,90	-0,33	0,57	-6,16
VALDIVIA	MOLCO	12	-5,79	0,00	-2,31	-1,25
VALDIVIA	PUNUCAPA	16	1,19	1,88	-7,60	-2,77
VALDIVIA	ISLA HUEPE	16	6,93	-21,40		
VALDIVIA	EL POTRERO	16	-5,26	5,26		
VALDIVIA	TAMBILLO	19	3,95	-0,92	-4,31	0,36
VALDIVIA	CORCOVADO	19	-4,96	1,40	4,26	-10,99
VALDIVIA	SAN PEDRO	19	-3,36	3,36		
VALDIVIA	SAN RAMON	19		18,33	-16,79	-4,49

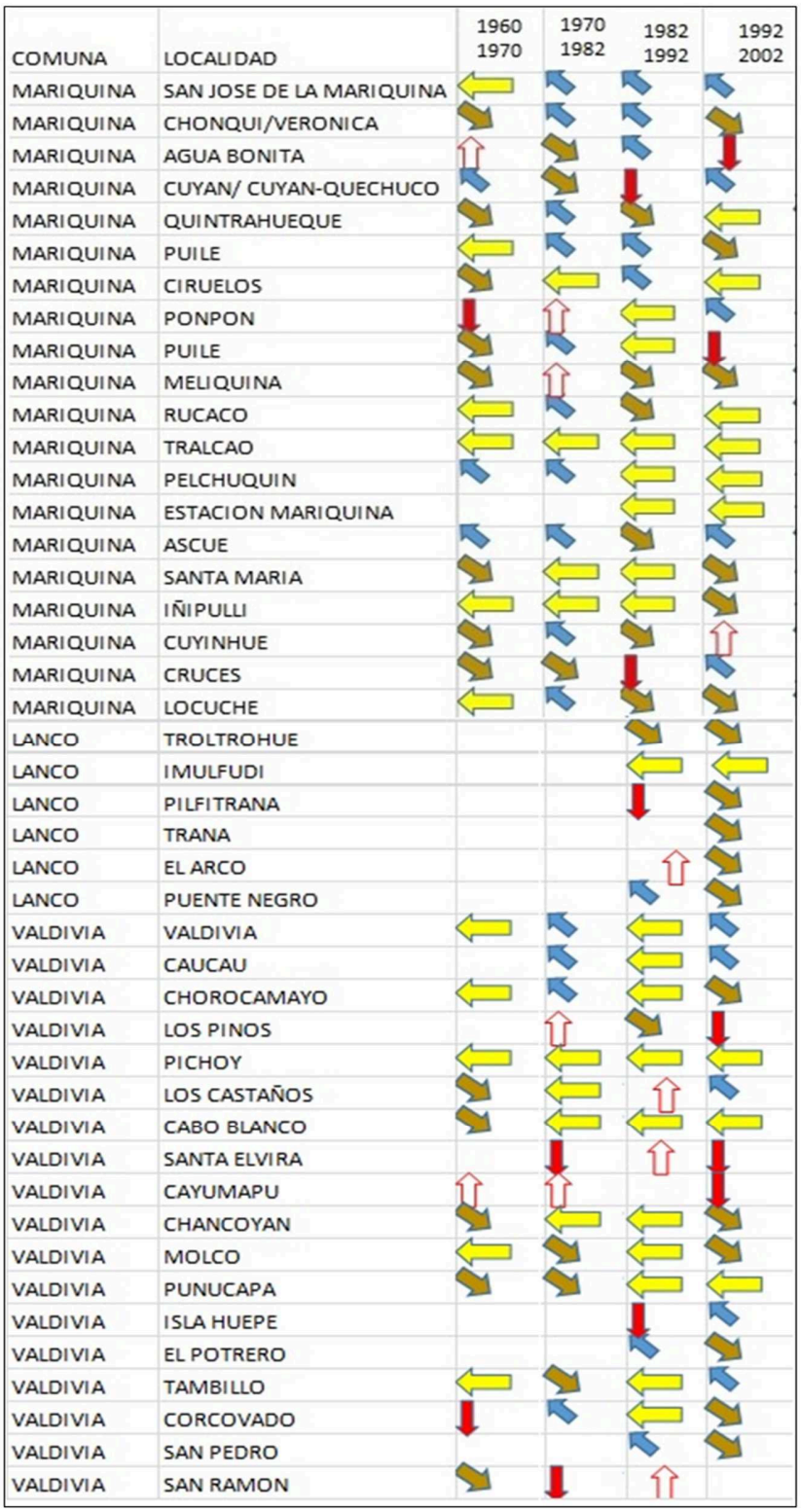
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2002, INE, y 1960 – 1970 DGE.

Con el propósito de brindar una más fácil interpretación de la información de Tasas de Crecimiento Medio Anual, se ha preparado la Figura 4.12.17 en la que por medio de símbolos se grafica la dinámica demográfica de las localidades que logran sostener una base de información relativamente aceptable a través del periodo en análisis.

El análisis de esta información permite advertir una tendencia general a la estabilidad en las tasa de crecimiento, si bien los comportamientos individuales dan cuenta de un alto grado de alternancia de ciclos de crecimiento con otros de disminución, en algunos casos muy marcada. El último periodo censal de que se dispone (1992 – 2002) presenta en general, datos que tienden a la disminución del dinamismo. Hay una sola localidad (Cuyinque en la comuna de Mariquina) que presenta un crecimiento por sobre el

10% medio anual. Por otro lado, dos localidades de Mariquina y tres de Valdivia, tienen una disminución por debajo de -10%.

Desgraciadamente al no disponer de la información a escala de microdatos para el periodo posterior al 2002, no es posible tener una visión clara de lo que ha ocurrido en los últimos años, sin embargo todo parece indicar que las tendencias han continuado de manera similar a las anteriores, concentrando población en algunas localidades, mientras otras claramente bajan su volumen de habitantes.



COMUNA	LOCALIDAD	1960 1970	1970 1982	1982 1992	1992 2002
MARIQUINA	SAN JOSE DE LA MARIQUINA				
MARIQUINA	CHONQUI/VERONICA				
MARIQUINA	AGUA BONITA				
MARIQUINA	CUYAN/ CUYAN-QUECHUCO				
MARIQUINA	QUINTRAHUEQUE				
MARIQUINA	PUILE				
MARIQUINA	CIRUELOS				
MARIQUINA	PONPON				
MARIQUINA	PUILE				
MARIQUINA	MELIQUINA				
MARIQUINA	RUCACO				
MARIQUINA	TRALCAO				
MARIQUINA	PELCHUQUIN				
MARIQUINA	ESTACION MARIQUINA				
MARIQUINA	ASCUE				
MARIQUINA	SANTA MARIA				
MARIQUINA	IÑIPULLI				
MARIQUINA	CUYINHUE				
MARIQUINA	CRUCES				
MARIQUINA	LOCUCHE				
LANCO	TROLTROHUE				
LANCO	IMULFUDI				
LANCO	PILFITRANA				
LANCO	TRANA				
LANCO	EL ARCO				
LANCO	PUENTE NEGRO				
VALDIVIA	VALDIVIA				
VALDIVIA	CAUCAU				
VALDIVIA	CHOROCAMAYO				
VALDIVIA	LOS PINOS				
VALDIVIA	PICHOY				
VALDIVIA	LOS CASTAÑOS				
VALDIVIA	CABO BLANCO				
VALDIVIA	SANTA ELVIRA				
VALDIVIA	CAYUMAPU				
VALDIVIA	CHANCOYAN				
VALDIVIA	MOLCO				
VALDIVIA	PUNUCAPA				
VALDIVIA	ISLA HUEPE				
VALDIVIA	EL POTRERO				
VALDIVIA	TAMBILLO				
VALDIVIA	CORCOVADO				
VALDIVIA	SAN PEDRO				
VALDIVIA	SAN RAMON				

Figura 4.12.17. Dinámica demográfica de las localidades en estudio. 1960 – 2002.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1982 a 2012, INE, y 1960 – 1970 DGE.

Centrando la atención en las entidades rurales que pueden tener una dinámica más estable y constante por su grado de formalidad como asentamiento poblado, como es el caso de las aldeas y los caseríos, la Tabla 4.12.12, presenta la información de este tipo de asentamiento, comparando la población del año 1992 con la del año 2002. En todos los casos, con la sola excepción de Punucapa, la información da cuenta de una tendencia al crecimiento demográfico.

Tabla 4.12.12. Población de aldeas y caseríos del área de estudio. 1992 – 2002.

		2002	1992
COMUNA DE MARIQUINA			
CIRUELOS	ALDEA	537	385
PELCHUQUÍN	ALDEA	593	406
ESTACIÓN MARIQUINA	ALDEA	412	373
COMUNA DE VALDIVIA			
VILLA CAYUMAPU	CASERIO	276	196
PUNUCAPA	CASERIO	75	106

Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1992 y 2002, INE.

La Tabla 4.12.13 contiene la información demográfica de un conjunto de entidades rurales menores, que por el hecho de tener más de 100 habitantes el año 2002, se ha considerado interesante analizar. Se agrega la entidad Cabo Blanco, por su particular relevancia en este estudio, dada la dinámica que ha adquirido en años recientes y las potencialidades de expansión que se le atribuyen.

Tabla 4.12.13. Evolución demográfica de entidades rurales seleccionadas. 1992 – 2002.

		2002	1992
COMUNA DE MARIQUINA			
PONPÓN	COMUNIDAD INDIGENA	144	39
MELIQUINA	PARCELA	101	80
TRALCAO	PARCELA	262	234
LA PUNTA	PARCELA	258	133
PELCHUQUÍN	PARCELA	115	
ESTACIÓN MARIQUINA	PARCELA	107	
ASCUE	PARCELA	149	53
IÑIPULLI	PARCELA	169	126
CUYINHUE	FUNDO	106	62
COMUNA DE LANCO			
IMULFUDI	PARCELA	160	114
COMUNA DE VALDIVIA			
CABO BLANCO	PARCELA	89	16

Fuente: Elaboración propia a partir de datos Censos 1992 y 2002, INE.

4.12.4.1.4. Proyecciones de población

Las proyecciones de población realizadas por el Instituto Nacional de estadísticas (INE), se basan en un análisis de las tendencias históricas que ha mostrado la evolución demográfica de las comunas y regiones del país. Por esa razón, no siempre darán resultados que finalmente se confirmen con las cifras obtenidas desde los censos de población, que en Chile se ejecutan cada 10 años, normalmente.

La Tabla 4.12.14 presenta las proyecciones de población para el área de estudio, a escala comunal, sobre la base del comportamiento demográfico manifestado en los últimos decenios del siglo XX, es decir hasta el censo del año 2002.

Tabla 4.12.14. Proyecciones de población para las cuatro comunas analizadas.

	2008	**2010**	**2015**	**2018**
Valdivia	156.932	160.294	167.421	170.591
Mariquina	18.527	18.480	18.235	18.019
Lanco	16.300	16.503	16.909	17.083
Máfil	7.071	7.002	6.783	6.633
Total Área estudio	198.830	202.279	209.348	212.326
Total región de Los Ríos	376.704	379.709	384.715	385.687

Fuente: INE (2004)

En la Tabla 4.12.14 se aprecia como las comunas de Máfil y Mariquina presentan un comportamiento a la baja en cuanto a su volumen de población, ello provocado por la utilización de las Tasas Medias Anuales de Crecimiento utilizadas por el INE para estos cálculos y que son las que se presentan en la Tabla 4.12.15.

Tabla 4.12.15. Tasas Medias anuales de Crecimiento para cálculo de proyecciones de población de la Tabla 2.12.12.

	2010	**2015**	**2020**
Valdivia	1,1	0,9	0,6
Mariquina	- 0,1	- 0,3	- 0,4
Lanco	0,6	0,5	0,4
Máfil	- 0,5	- 0,6	- 0,8

Fuente: INE (2004)

Como es posible advertir, estas cifras no concuerdan en parte con las obtenidas en el censo del año 2012 (aun teniendo en cuenta su condición de no válido), según las cuales

se ha generado un eje de crecimiento demográfico entre Valdivia – Mariquina y Lanco. En este caso, la comuna de Mariquina estaría siendo subestimada en las estimaciones de la Tabla 4.12.18. Es posible estimar que el efecto de la puesta en funcionamiento de la Planta Celulosa Valdivia de la empresa Arauco haya marcado un cambio en las tendencias que venía presentando la comuna de Mariquina, revirtiendo su crecimiento negativo.

Las nuevas proyecciones de población, disponibles sólo a escala de Región, presentan una modificación a las anteriores, tal como se aprecia en la Tabla 4.12.16. Las proyecciones realizadas por el INE según las últimas informaciones de que se dispone, son bastante superiores a las estimadas anteriormente y por supuesto difieren ampliamente de los valores entregados por el censo realizado el año 2012 que entregó una cifra de población total para la Región de Los Ríos de 363.887 habitantes, por debajo incluso de las estimaciones realizadas en el año 2004.

Tabla 4.12.16. Estimaciones de población regional realizadas en dos diferentes periodos.

Año de Estimación	INE 2004	INE 2014
2010	379.709	390.096
2015	384.715	404.432
2020	386.302	417.989

Fuente: INE (2004).

La Tabla 4.12.17 entrega la información correspondiente a la participación que le cabe a la población de las comunas en análisis, sobre el volumen total de habitantes de la Región de Los Ríos y del área de estudio respectivamente. Sobre la base de esta información es posible estimar la población que podría esperarse para el año 2020 apoyándose en las estimaciones realizadas por INE (2004).

Tabla 4.12.17. Participación de la población comunal sobre población total.

	% sobre total regional		% sobre total área de estudio	
	2002	2012	2002	2012
Valdivia	39,4	42,4	77,5	78,4
Mariquina	5,11	5,4	10,1	10,0
Lanco	4,2	4,4	8,3	8,0
Máfil	2,0	1,9	4,0	3,5

Fuente: INE Censo Nacional de Población y Vivienda. 2002 y 2012 (declarado inválido)

En este sentido, podría estimarse que la población de las cuatro comunas analizadas llegue a constituir el 57% de la población regional. Si la participación de las cuatro comunas creció en poco más de tres puntos porcentuales entre 2002 y 2012, se puede esperar un incremento de alrededor de otros tres puntos hacia el 2020. De esta manera y proyectando la situación por comuna, la Tabla 4.12.18 plantea las hipótesis de crecimiento demográfico para el año 2020.

Tabla 4.12.18. Estimaciones de población al año 2020 para las cuatro comunas analizadas.

	INE 2004	INE 2014
Valdivia	173.835	188.095
Mariquina	21.632	23.407
Lanco	17.770	19.227
Máfil	6.953	7.524
Total área de estudio	220.190	238.253
Total Región de Los Ríos	386.302	417.989

Fuente: INE (2004)

Respecto al área que se ha caracterizado como la más directamente relacionada con el HRC, la tasa media anual de crecimiento que han mostrado las entidades pobladas mayores del sistema (ciudades, pueblos, aldeas y caseríos), alcanza a un 1,5 % para el periodo 1992 – 2002. Aplicando ese porcentaje de crecimiento resultan los valores que se presentan en la Tabla 4.12.19.

Tabla 4.12.19. Proyección de población para el área próxima al HRC.

Año	Población total
2002	31697
2003	32172
2004	32655
2005	33145
2006	33642
2007	34147
2008	34659
2009	35179
2010	35706
2011	36242
2012	36786
2012	37337
2014	37898
2015	38466
2016	39043
2017	39629
2018	40223
2019	40826
2020	41439

Fuente: INE (2004)

Como ocurre con toda estimación y proyección de población, estas cifras son una aproximación a lo que puede ocurrir en realidad. Lo que hacen es entregar una visión de algo que tiene probabilidad de acontecer. En este caso es posible esperar que la población que habita en el área más próxima al HRC llegue a los 41.439 habitantes al año 2020, es decir se puede esperar un incremento del orden de los 10.000 habitantes respecto al

censo del año 2002, o desde otra perspectiva, unos 4.000 habitantes más de los que hoy habitarían el sector.

Dentro de esta área, le cabe un protagonismo especial por su dinamismo, al sector de Cabo Blanco, localizado en la ribera del río Cruces inmediatamente al norte de la confluencia del río Cau Cau. La Figura 4.12.18 presenta dos momentos de la evolución de este sector suburbano de la ciudad de Valdivia. En ella se aprecia claramente el incremento en el número de viviendas y consecuentemente de habitantes en el sector, entre los años 2004 y 2014. Un mayor detalle se puede apreciar en las imágenes de la Figura 4.12.19.



Figura 4.12.18. Evolución del poblamiento en el sector de cabo Blanco, comuna de Valdivia.
Fuente: imágenes tomadas desde Google Earth.

El incremento de las viviendas en el sector de Cabo Blanco es un antecedente relevante a considerar a la hora de analizar los posibles cambios futuros, por cuanto se tiene en carpeta la pavimentación del camino entre este sector y la ciudad de Valdivia, además de los efectos que se pueden esperar de la habilitación del puente sobre el río Cau Cau y la alternativa de entrada norte a Valdivia.



Figura 4.12.19. Detalle de la Figura 4.12.18.
Fuente: imágenes tomadas desde Google Earth.

Estas obras públicas en el ámbito de la vialidad, también generarán cambios en las tendencias de crecimiento de la ciudad de Valdivia en dirección al norte, siguiendo la nueva doble vía proyectada para la conexión con San José de la Mariquina. Esta ciudad además presenta ya un dinamismo no sólo en cuanto al crecimiento demográfico como ya

se señaló, sino también en cuanto a expansión del área urbana construida. La Figura 4.12.20 permite apreciar esto comparando la superficie construida entre los años 2006 y 2014.



a) San José de la Mariquina. Imagen de Google earth, año 2006.



b) San José de la Mariquina. Imagen de Google earth año 2014.

Figura 4.12.20. Comparación del área construida en San José de la Mariquina. 2006 – 2014.

Una situación parecida está también ocurriendo en la ciudad de Lanco, otra de los casos de crecimiento demográfico por sobre la media de la Región de Los Ríos (Figura 4.12.21). Si bien en este caso el crecimiento del área construida resulta ser de menor envergadura, forma parte de este eje de crecimiento que se ha generado en años recientes, vinculado probablemente a la instalación de la Planta de Celulosa de Valdivia.



a) Lanco. Imagen de Google earth año 2006.



b) Lanco. Imagen de Google earth año 2014.

Figura 4.12.21. Comparación del área construida en Lanco. 2006 – 2014.

Se configura así una tendencia al crecimiento de las instalaciones urbanas en un área dispersa, coincidente con las estrategias actuales de expansión urbana a escala mundial, de la cual Chile no es la excepción. Esta expansión afecta precisamente un sector que tiene relación muy cercana al HRC y a sus ríos tributarios como Pichoy y Cayumapu, por lo que aparece como una amenaza potencial para el humedal. Esta estrategia de crecimiento espacial disperso de las ciudades en la actualidad, hace que la ciudad se expanda sin que necesariamente ocurra un crecimiento demográfico.

4.12.4.1.5. Conclusiones del análisis geodemográfico

• El área de la cuenca del río Cruces, así como aquella que fue definida como de relación más inmediata y directa con el HRC, presenta una tendencia de crecimiento moderada, concentrándose la población en las ciudades, principalmente en Valdivia. Las localidades y entidades rurales manifiestan una tendencia más bien a la estabilidad en cuanto al volumen de habitantes, o bien una tendencia claramente negativa.

• No obstante a lo anterior, existen evidencias recientes de tendencias a la expansión en algunos sectores rurales, especialmente aquellos cercanos a la ciudad de Valdivia y en el eje Valdivia – San José de la Mariquina – Lanco, que aparece como el de mayor dinamismo demográfico. Esta tendencia al aumento de asentamiento de población en sectores suburbanos o definitivamente rurales, está en condescendencia con tendencias de carácter mundial que se asocian, entre otras cosas, a la mayor disponibilidad de medios y modos de transporte y la búsqueda de algunas amenidades particulares. Esta tendencia ha sido calificada como “migración por amenidad” y corresponde a una lógica territorial de contemplación que se expresa en la búsqueda de una mayor cercanía con elementos de la naturaleza, disfrute de paisajes lo más cercano posibles a la naturalidad y la posibilidad de disponer de espacios amplios para el disfrute.

• Esta nueva lógica territorial debe ser tenida en cuenta a la hora de evaluar la posibilidad de expansión de las áreas urbanas, en un sistema de poblamiento más bien disperso por el medio rural, pero no correspondiendo a un uso tradicionalmente rural del suelo. Este cambio en la ocupación del espacio rural tiene consecuencias diversas sobre la organización del territorio puesto que cambian las demandas de los nuevos pobladores (denominados neo rural en algunos estudios), quienes requieren de mejores vías de comunicación con lo que se modifican los patrones de transporte. Estas modificaciones deben tenerse en consideración al momento de intentar identificar las posibles amenazas que del crecimiento demográfico se derivan para el humedal del río Cruces.

• Los instrumentos de planificación territorial, vigentes o en elaboración, no garantizan el resguardo necesario para un sistema de la fragilidad del HRC, por lo que se hace necesario incursionar en la identificación de nuevos instrumentos que tengan un control más efectivo de las actividades que de estas nuevas formas de ocupación del espacio rural se generan.

4.12.4.2. Caracterización geoeconómica

La evolución del sector de la industria en Chile, desde inicios del siglo XX hasta hoy, es oscilante entre una lógica proteccionista hacia este sector y una lógica del mercado en su forma más ortodoxa. El sector industrial se adaptó a las nuevas condiciones de mercado, lo que implica su relocalización, cambios tecnológicos o desaparición.

La Cuenca del Río Cruces, ubicada en las cercanías de Valdivia, abarca parte importante de la Región de Los Ríos y en menor medida, de La Araucanía, y está compuesta por territorios que son parte de varias comunas. Para este estudio se consideró a las comunas de Loncoche, ubicada en la región de La Araucanía, y a las comunas de Lanco, Mariquina y Máfil ubicadas en la Región de Los Ríos.

4.12.4.2.1. El Sector Industrial y el desarrollo endógeno del territorio

Los territorios que pueden desarrollarse de manera más equilibrada, no son aquellos donde su economía se basa en la sola explotación de recursos naturales. Los procesos de agregación de valor a los recursos naturales propios y la innovación, son necesarios para el desarrollo endógeno, ya que de esa forma se logra capturar localmente una mayor proporción del valor agregado y excedente. Como señala Boisier "la endogeneidad se manifiesta en el plano económico, y se refiere en este caso a la apropiación y reinversión local de parte del excedente a fin de diversificar la economía local, dándole al mismo tiempo una base permanente de sustentación en el largo plazo"[3]. Lo contrario, nos lleva a un estilo de desarrollo basado en la explotación de recursos naturales, sin desarrollo del territorio. Esto último, trae pobreza, desigualdad social y desequilibrios territoriales que resultan difíciles de revertir.

[3] Sergio Boisier, (Agosto 2005). ¿Hay espacio para el desarrollo local en la globalización?. Revista de la CEPAL, 86, pg. 47-62.

Tal como se demuestra más adelante, en la provincia de Valdivia, hacia 1970, existía un tejido industrial más menos concentrado geográficamente, que el que existe en la actualidad. Localidades como La Unión, Máfil, Lanco, San José o Panguipulli, poseían una mayor actividad industrial, en términos relativos, respecto de Valdivia.

Por otro lado, la participación del empleo en el sector industrial era más importante que en la actualidad. La pequeña industria y artesanado era un importante generador de empleo, al mismo tiempo que resolvía las necesidades básicas de la población en alimentación, vestimenta, bienes durables básicos y era capaz de exportar y ser relevante a nivel nacional. Los encadenamientos entre industrias del territorio permitieron aumentar su valor agregado, innovar y especializarse en rubros como el cuero, la madera, los agroalimentos, entre otros.

Los datos utilizados corresponden a los censos de manufactura realizados por el INE, estadísticas del Servicio de Impuestos Internos, y estudios o tesis universitarias. Estos datos existen a nivel comunal y permiten diferenciar territorialmente estructuras, procesos y cambios en el sistema productivo.

4.12.4.2.2. Patrón de concentración y especialización de los sectores económicos de la Región de Los Ríos

Al crearse la Región de Los Ríos, el PIB (Producto Interior Bruto) regional (año 2008) era de $ 1.016 billones de pesos, lo que representaba un 1,08% del PIB nacional. Hacia el año 2012, su participación ha permanecido prácticamente constante, ya que los $1.266 billones de pesos del PIB regional del 2012, representaron el 1,16% del PIB Nacional (Fig. 4.12.22).

El “tamaño” de la economía regional para el caso de la nueva Región de Los Ríos representa aproximadamente la mitad de su región de origen (Los Lagos), medido en términos de PIB para el 2010. No obstante, es probable que esta situación fuera a la inversa, en décadas anteriores, entre 1960 y 1980, en que la provincia de Valdivia tenía una mayor importancia económica que la provincia de Llanquihue y Chiloé,

principalmente porque el desarrollo del sector salmonero se evidencia recién a partir de 1990 en adelante para la actual Región de Los Lagos.

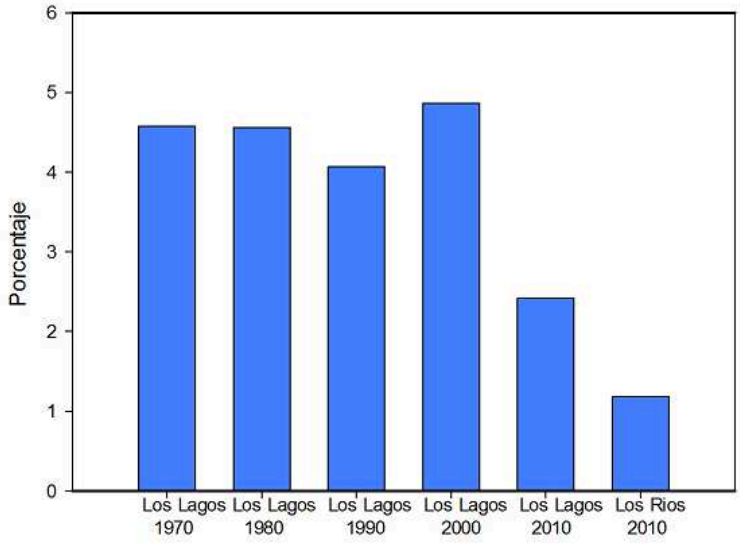


Figura 4.12.22. Participación del PIB (Producto Interior Bruto) Regional en Total Nacional.
Fuente: Banco Central de Chile.

Si se observa la participación en el PIB regional de los distintos sectores económicos (Fig. 4.12.23), se aprecia la importancia del sector silvo agropecuario e industrial en la región, seguido del comercio, restaurantes y hoteles. El sector servicios está bien desarrollado, como en casi todas las regiones del país y también constituye un sector de importancia productiva regional.

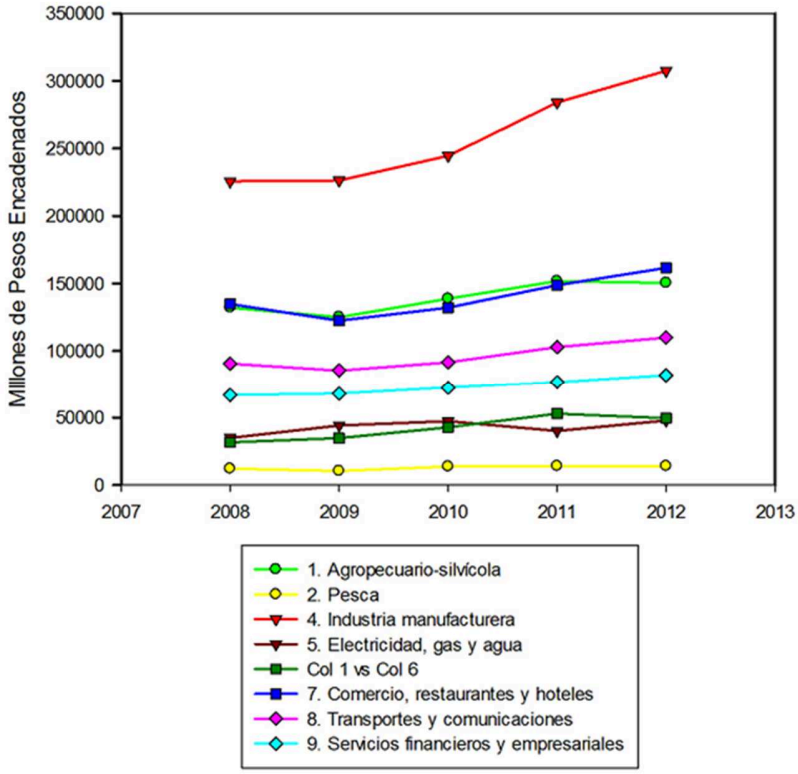


Figura 4.12.23 Evolución del PIB Región de Los Ríos.
Fuente: Banco Central de Chile.

La industria manufacturera es el sector que más aporta a la economía regional, en términos de PIB, luego el sector de los servicios, en tercer lugar el sector comercio, restaurantes y hoteles, en cuarto lugar el sector silvoagropecuario. Es posible apreciar una tendencia al crecimiento de todos los sectores productivos entre el 2008 y el 2012, aunque el sector pesca y el silvoagropecuario a una menor velocidad que la industria y sector comercio, restaurantes y hoteles (Tabla 4.12.20).

Tabla 4.12.20. Evolución del PIB Región de Los Ríos 2008-2012.

Año	2008	2009	2010	2011	2012
1. Agropecuario-silvícola	132.144	125.053	138.761	151.818	150.442
2. Pesca	12.030	10.294	13.622	13.970	13.979
3. Minería	0	0	0	0	0
4. Industria manufacturera	225.722	226.286	244.582	284.093	307.509
5. Electricidad, gas y agua	34.833	44.156	47.303	40.107	47.744
6. Construcción	31.552	34.676	42.727	52.910	49.582
7. Comercio, restaurantes y hoteles	134.806	122.452	132.111	148.728	161.589
8. Transportes y comunicaciones	90.530	85.420	91.528	102.903	109.880
9. Servicios financieros y empresariales	66.827	68.043	72.450	76.693	81.969
10. Propiedad de vivienda	56.880	58.698	60.751	62.458	64.777
11. Servicios personales	149.987	156.586	167.604	177.105	186.984
12. Administración pública	81.183	86.646	89.491	90.260	93.444
PIB Total	1.016.494	1.018.310	1.101.097	1.202.641	1.266.456
PIB Nacional	93.847.932	92.875.262	98.227.638	103.963.086	109.558.126
Participación Región/País	1,08%	1,10%	1,12%	1,16%	1,16%

Fuente: Banco Central de Chile

En el 2010, tres años después de la separación de la Provincia de Valdivia de la ex Región de Los Lagos, para convertirse en la actual Región de Los Ríos, lo que se observa es que la Región queda con la mayor proporción de actividad silvícola y agropecuaria y una menor proporción de actividad industrial dentro de su estructura económica.

La actual región de Los Ríos se presenta como una región menos especializada en el sector industrial y con una mayor especialización silvoagropecuaria que la región de origen (Los Lagos). De acuerdo al PIB del año 2010, la actividad silvoagropecuaria es 4,46 veces más importante en su estructura económica regional, comparada con la estructura económica del país, mientras en la región de origen (Los Lagos), este sector es 2,8 veces más importante comparado con el país. En cuanto a la industria manufacturera, en la región de Los Ríos, ésta es 3,62 veces más relevante en su estructura económica (comparada con la estructura económica país), mientras que en el caso de la Los Lagos este valor asciende a 12,52, reflejando un desarrollo mucho más importante de la industria.

El crecimiento de la producción láctea, el aumento de la superficie forestal plantada y el aumento de la superficie de cultivo de berries son los principales rubros en los que se refleja el dinamismo económico para la Región de Los Ríos.

Respecto de dinamismo del sector industrial, también está asociado a los sectores silvícola y agropecuario. El sector industrial de Los Ríos está constituido por industrias forestales, plantas elaboradoras de muebles, madera y celulosa, plantas elaboradoras de productos lácteos, harinas y derivados, agroindustrias exportadoras de berries, mataderos, etc.

En cuanto a la población ocupada según rama de actividad económica (Figura 4.12.24), poco más del 30% de la población ocupada regional, lo está en el sector silvoagropecuario, el 22,3% en el sector industrial y un 20,9 en el sector comercio. Este último sector muestra una tendencia a la baja desde el 2011 a la fecha, lo mismo que el sector silvoagropecuario respecto de los dos últimos años.[4].

[4] La población activa es de 311 mil personas y la fuerza de trabajo regional está compuesta por 178.000 trabajadores, ambos en el año 2014. La población desocupada para el mismo año es de 7.800 personas, en una tendencia a la baja desde el 2011.

Los sectores que menos empleo representan a nivel regional son el sector EGA (Electricidad, Gas y Agua) y el sector pesca, el primero con 1.800 empleos y el segundo con 5.000 empleos, para el año 2014. Mientras el sector EGA muestra una tendencia a la baja en el empleo, el sector pesca muestra una tendencia al crecimiento de su importancia como generador de empleos.

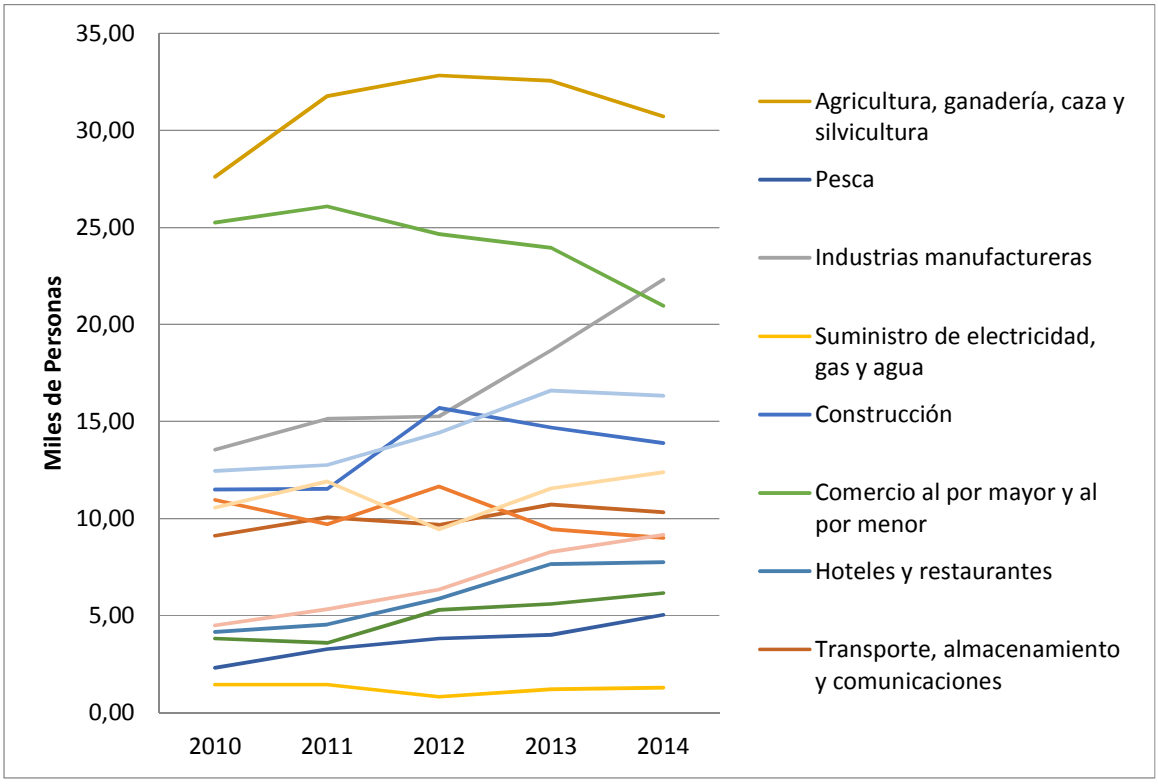


Figura 4.12.24. Región de Los Ríos: Ocupados por Rama de Actividad Económica.
Fuente: Banco Central de Chile.

4.12.4.2.3. Cambios en la especialización productiva en el contexto del proceso de apertura económica

Dentro de los últimos 30 años en Chile, el marco de acción de los agentes públicos ha estado regulado por la noción de un Estado subsidiario [5] y el de los agentes privados por las fuerzas del mercado. En este marco, las exportaciones han sido el motor del crecimiento económico regional, y aquellos territorios que no han logrado esta inserción

[5] En esta perspectiva el Estado se limita a ser un agente que incentiva al mercado para generar condiciones para que la actividad productiva de los privados sea competitiva a nivel nacional e internacional.

internacional, permanecen estancados o con débiles tasas de crecimiento. El contexto globalizador de los mercados está determinando las transformaciones productivas locales. Algunos territorios logran insertarse más exitosamente que otros; es decir, hay territorios ganadores y perdedores. En este contexto, la Región de Los Ríos es una región perdedora, justamente por su débil inserción en el mercado internacional, mientras que la región de origen (Los Lagos), es una región ganadora. [6]

En la Figura 4.12.25 se presenta la evolución de la participación relativa (medida en porcentajes) de la actividad económica de cada sector productivo en la región respecto del mismo sector en el país.

En suma, desde 1970 se observa una disminución relativa del aporte del sector silvoagropecuario de la Región de Los Lagos y Los Ríos, al sector en el país. Esto es relevante si se tiene en cuenta que este sector es el principal generador de empleos en la nueva Región de Los Ríos y desde el punto de vista del PIB (Producto Interno Bruto) Regional, representa el sector en que la Región está más especializada. Los vaivenes en este sector, tienen que ver con los diferentes impactos a nivel territorial, de la instalación del modelo económico basado en el libre mercado y la apertura al comercio internacional.

[6] Juan Carlos Ramírez J. e Iván Silva Lira "Globalización y desarrollo regional: evolución económica de las regiones chilenas, 1990-2002". Revista de la CEPAL, N° 95, pg. 103-124.

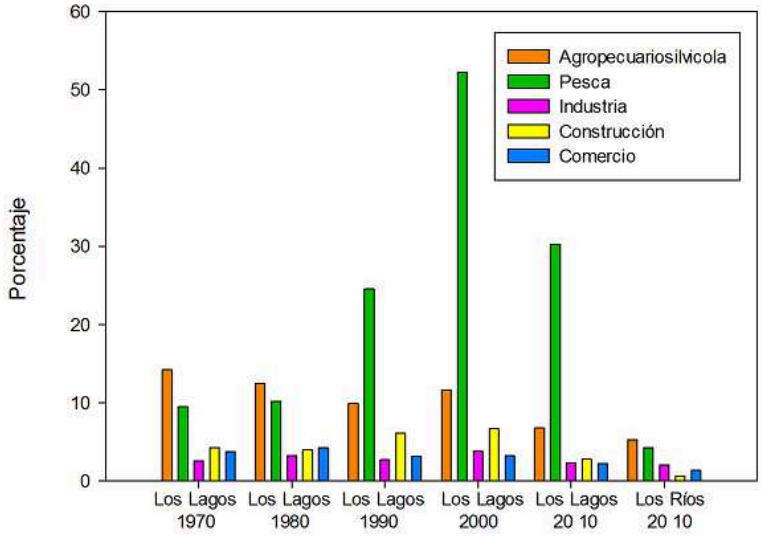


Figura 4.12.25. Porcentaje de Participación Regional en Sector 1970-2010.
Fuente: Banco Central de Chile.

Al tomar el periodo 1970-1980 y 1980-1990, en que se inicia el proceso de apertura de la economía chilena, y en que algunos sectores de la economía logran niveles de productividad e inversión, para acceder a mercados internacionales de manera competitiva, la evolución del aporte regional de Los Ríos y Los Lagos a la actividad económica sectorial del país, disminuyó en el sector silvoagropecuario (del 14,3% al 9,9%), mientras que para el sector pesca aumentó significativamente (del 9,5% al 24,5%).

La actividad del sector silvoagropecuario creció más rápido en las otras regiones distintas a Los Ríos y Los Lagos, porque ellas tuvieron una mejor inserción en el mercado internacional, principalmente con productos frutícolas, mientras que la especialización lechera y bovina de Los Ríos y Los Lagos ha estado históricamente más orientada al mercado interno y no al exportador. La Industria prácticamente se mantuvo en su participación respecto de la industria a nivel nacional.

Luego en el período 1990-2000 y 2000-2010, es posible apreciar una recuperación del aporte regional al sector silvoagropecuario (para el caso del 2010, sumando ambas

regiones). Esto se sustenta en que en este periodo, los sucesivos gobiernos lograron implementar acuerdos comerciales con muchas economías del mundo, lo que aumentó las posibilidades de exportación e inversión extranjera en Chile, lo que potenció el desarrollo de otras exportaciones horto-frutícolas y agroindustriales, que también en la Región se expresan en el sector de los berries (cranberrie y arándanos) y el sector lácteo, especialmente por las exportaciones de queso. También corresponde con el crecimiento del sector forestal y especialmente, con la aparición de la celulosa como un nuevo subsector regional de importancia en las exportaciones regionales y por la importancia de la inversión privada ahí materializada.

En la Tabla 4.12.21 se calculó el Cociente de Localización[7] para cada sector productivo en las regiones de Los Lagos y Los Ríos. Este cociente mide el grado de especialización de una región (el peso específico de un sector productivo en la estructura económica regional), en relación a un patrón de comparación, en este caso la distribución intersectorial para el país. Mientras más alto es el valor en un sector productivo, más se especializa la región en dicho sector.

[7] Representa la relación entre la participación del sector "i" en la región "j" y la participación del mismo sector en el total nacional y por lo tanto, se utiliza como medida de la "especialización relativa o interregional". La especialización relativa de una región en una actividad (sector) se asociaría a un Qij > 1

Tabla 4.12.21. Cociente de Localización para las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos (PIB).

Sector	Los Lagos 1970	Los Lagos 1980	Los Lagos 1990	Los Lagos 2000	Los Lagos 2010	Los Ríos 2010
Agropecuario silvícola	3,12	2,73	2,44	2,39	2,80	4,46
Industria	2,08	2,23	6,03	10,73	12,52	3,62
Minería	0,04	0,03	0,05	0,02	0,00	0,00
Transporte y comunicaciones	0,57	0,72	0,66	0,78	0,96	1,75
Electricidad, gas y agua	1,29	0,89	0,95	1,04	1,62	1,31
Construcción	0,93	0,88	1,50	1,37	1,16	0,54
Comercio	0,82	0,93	0,79	0,66	0,91	1,16
Servicios financieros	0,84	0,84	0,87	0,97	1,40	1,11
Administración pública	0,63	0,50	0,49	0,42	0,61	0,35
Propiedad vivienda	1,31	1,21	1,10	1,13	1,13	1,07
Pesca	1,03	1,37	1,21	0,95	1,48	1,40

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central de Chile.

Como se aprecia, en 1970 la Región de Los Lagos presentaba una mayor especialización en el sector silvoagropecuario e industrial. El sector pesca si bien presenta un índice de especialización relativa, éste es mucho menor que para los otros dos sectores. Hacia 1980, el sector silvoagropecuario pierde importancia relativa dentro de la región, mientras que el sector industria y el sector pesca ganan peso específico dentro de la estructura económica de la región. Hacia 1990, el sector silvoagropecuario continúa perdiendo peso específico dentro de la región, mientras que la industria prácticamente triplica su peso específico respecto de 1980. Para el año 2000, el sector silvoagropecuario continúa con su tendencia a perder peso dentro de la economía regional, y el sector

industrial por el contrario, continúa ganando peso específico en la estructura económica regional (Fig. 4.12.26).

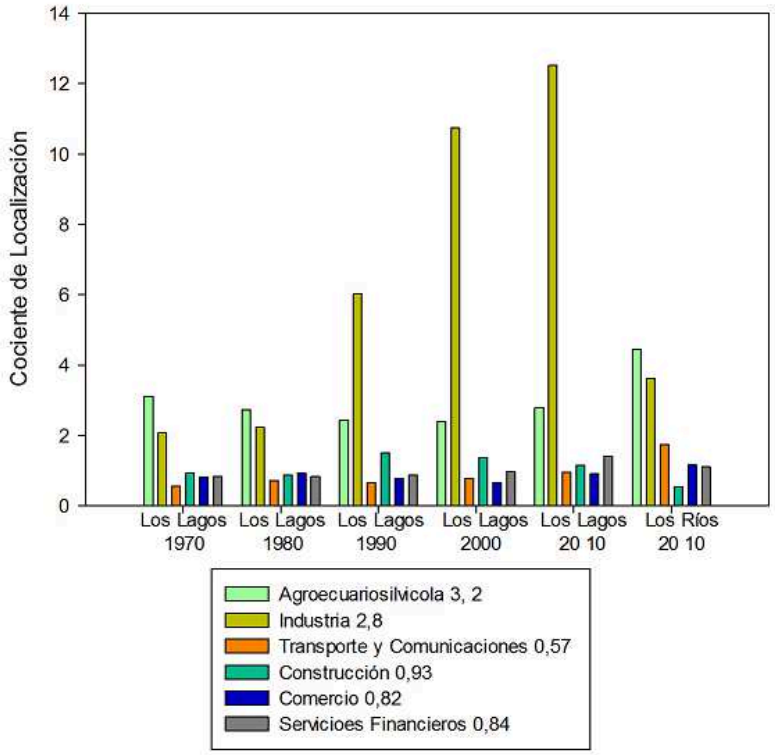


Figura 4.12.26. Cociente de Localización en base al PIB
Fuente: Elaboración propia.

Es posible concluir que con la creación de las nuevas regiones de Los Ríos y Los Lagos, se devela una situación de desequilibrio productivo que se arrastraba de antes: el alto dinamismo exportador del sector salmonero como motor del crecimiento de la zona sur, por un lado y el menor dinamismo del sector silvoagropecuario como motor de crecimiento en la zona norte de la antigua región y hoy nueva Región de Los Ríos.

La estructura o patrón de especialización de la producción, el empleo y las exportaciones de la nueva Región de Los Lagos está mucho más definida y no se esperan cambios estructurales en su sistema económico, lo cual siempre implica costos de ajuste y transición, mientras que en el caso de la Región de Los Ríos queda con una economía muy orientada al mercado interno y con un sector exportador debilitado, con un conjunto de

nuevos sectores incipientes que están mostrando un dinamismo creciente, pero son muy pequeños y no se han consolidado aún para observar una mayor tasa de crecimiento económico que se traduzca en aumento de las exportaciones, la generación de puestos de trabajo estables y bien remunerados y retomar un camino de desarrollo regional.

Sin embargo, se espera que a futuro el patrón de especialización de equilibrio de las exportaciones de la Nueva Región de Los Lagos siga bastante de cerca la tendencia de exportación de salmón y derivados, que explica una parte importante de los embarques totales actuales de la región. Mientras que en el caso de la Región de Los Ríos, que posee cerca de un décimo de las exportaciones de Los Lagos, vaya logrando una interesante especialización y expansión de las exportaciones de alimentos (lácteos, jugos, carne, harina, pesca), del sector forestal primario e industrializado y del turismo.

4.12.4.2.4. Situación del sector Industrial a principios de la década del 70

Durante la década de los años 50 y 60, las políticas económicas a nivel nacional apuntaron a la industrialización y sustitución de importaciones. El objetivo de esta política fue fortalecer el proceso de industrialización interna del país desincentivando las importaciones e incentivando la producción industrial de estos bienes para el mercado interno.

Como resultado de los procesos de industrialización temprana de Valdivia y de las políticas sustitutivas industriales, Valdivia poseía una capacidad industrial orientada a sus recursos naturales principales: sector forestal y sector agropecuario.

Según el IV Censo Nacional de la Manufactura del año 1970, un número superior a 320 establecimientos (3% del país) de cierta importancia se localiza en la comuna de Valdivia, ocupando a algo más de seis mil personas. En cuanto a su especialización, “esta industria refleja todavía las orientaciones básicas heredadas del pasado, o sea que en el transcurso económico proliferaron, crecieron y fructificaron las fábricas de bebidas

(cervecerías y malterías), las destilerías de alcohol, las fábricas de cecinas y conservas, los molinos, las curtidurías, las manufacturas de calzado y los viejos y vitales astilleros. El rasgo más nuevo en este centro industrial parece estar representado por las ya citadas plantas elaboradoras de madera de estilo moderno y por el rubro lechero (2 plantas industrializadoras y una pasteurizadora)." [8]

Tabla 4.12.22. Principales Rubros de la Actividad Industrial en la Provincia de Valdivia, 1970.

Principales Rubros	% DEL NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS	% DEL EMPLEO INDUSTRIAL
Productos Alimenticios	10,8	10,5
Calzado	14,9	6,5
Madera	44,1	55,8

Fuente: IV Censo de Manufactura, INE, 1970.

A finales de la década del 60, la Provincia de Valdivia se encontraba con una economía que crecía por debajo de la del país, que también presentaba un lento crecimiento. En ese contexto, el tejido productivo de la provincia estaba conformado mayoritariamente por pequeñas industrias y artesanado.

Un problema de la economía regional hacia finales de la década del 60 era el bajo valor agregado de sus "exportaciones" al resto del país y frente al potencial que la economía regional tenía por sus abundantes recursos naturales, por falta de una actividad económica más intensiva.

[8] Ídem., P 416

Tabla 4.12.23. Número de industrias por rubro, provincia de Valdivia, 1970.

Sector	Total Provincia Valdivia	%	Máfil	Mariquina	Lanco
Total Industria Lechera	15	3,00%	1	1	1
Total Agroindustria	14	2,80%	1	1	4
Total Panaderías	24	4,80%	2	1	2
Total Industria Bebidas	18	3,60%	2	2	0
Total Elaboración cuero y vestir	133	26,80%	7	11	18
Total Industria Maderas	76	15,30%	0	3	13
Total Imprentas	8	1,60%	0	0	1
Total Vulcanizaciones	17	3,40%	1	2	2
Total Metalmecánico	41	8,30%	2	1	2
Total Reparación de Maquinarias	61	12,30%	2	6	6
Total Reparaciones menores	10	2,00%	0	0	1
Total general	496	100,00%	18	28	50

Fuente: IV Censo de Manufactura, INE, 1970.

En la década 60-70, la Provincia de Valdivia es una entidad periférica, de poca significación industrial y entregando la mayor parte de sus productos como materia prima sin elaboración importante. La baja tasa de crecimiento de la economía del orden del 1,8% promedio anual, notoriamente inferior a la tasa de crecimiento nacional de entonces, no se condice con la potencialidad de los recursos naturales. Dos tercios de la producción de bovinos se “exportaban” como ganado en pie y en el caso del sector forestal, las grandes pérdidas en el proceso productivo de la industria de la madera, que tenía una producción de 11 millones de pulgadas/año, pero presentaba pérdidas en el proceso de aserrío

equivalentes. Respecto del turismo, este sector no presentaba ningún desarrollo, en relación a la enorme potencialidad.

Hacia 1971 se inicia una estrategia desde el Estado plasmado en el Plan de Desarrollo para el sexenio 1971-1976. Este Plan tiene como fin que la región tenga un "rol fundamental en la producción para el país, buscando satisfacer los requerimientos de vivienda, alimentación y recreación de la mayoría de los chilenos. Junto con esto contribuir a los programas nacionales de Electrificación, Transporte Marítimo, Fluvial y Lacustre"[9].

Este plan de desarrollo regional se basaba en la agregación de valor a la producción primaria forestal y agropecuaria, mediante la incorporación de tecnología en los procesos productivos. En segundo lugar, pero de mayor importancia estratégica, la industrialización del sector forestal y agropecuario. En tercer lugar, diversificar la base económica para aumentar la velocidad del crecimiento económico, apoyando a los sectores Turismo y Metalmecánico (astilleros y equipos eléctricos).

El sector industrial forestal tuvo un importante impulso, principalmente público, en este breve periodo como lo refleja su crecimiento en el empleo. Las empresas Emasil, Neltume, Masisa, Infodema, Laminadora, CMPC, Complejo Maderero Panguipulli Ltda., Somasur, Entre Lagos e Impregma en conjunto, pasaron de emplear 2.521 trabajadores en 1970 a 5.411 en 1972.

La nueva política económica implantada en los años 1974 y 1975, se basó en una redefinición del rol del Estado frente al mercado. Se adoptaron medidas tendientes a fomentar actividades económicas basadas en la explotación de recursos naturales con ventajas comparativas y donde la inversión privada no estaba presente. De esta forma los

[9] Idem.

rubros en que se especializa la Región como carne, leche, trigo, remolacha, oleaginosas y cereales, se ven amenazados por el comercio internacional.

La industria forestal, no recibe un tratamiento especial, sino que debe ajustarse a las condiciones de la competencia externa. La reducción arancelaria y otros ajustes estructurales, harán que aquellas industrias protegidas deban reducir su crecimiento mientras crecen otras que gozan de ventajas comparativas reales.

De acuerdo a lo expresado en el Plan Regional de Desarrollo 1986-1990[10], la región en lo productivo deberá consolidar su base económica representada por las actividades agropecuaria y forestal, especializándose en la producción de leche, carne y madera.

La aplicación nacional de la política de reforestación tiene efectos en el aumento de la superficie plantada, y la zona de Valdivia deja de ser el centro de la actividad industrial maderera, situación que ocupó durante las décadas del 60 y 70.

Con el fortalecimiento de los Gobiernos Regionales[11] en los años noventa, se diseña una Estrategia Regional de Desarrollo para la Región de Los Lagos. Respecto de los objetivos económicos regionales, estos se basan en el reconocimiento de sectores estratégicos, por su potencial y su dinámica exportadora. Se reconocen como estratégicos la industria lechera y de la carne, la acuicultura, el sector forestal, el turismo y el sector hortofrutícola.

Políticas industriales específicas no existen a nivel regional, pero sí existen declaraciones de principios que orientan el trabajo público, como la articulación universidad-empresa-gobierno para fortalecer procesos de innovación, o la importancia

[10] República de Chile, Presidencia de la Republica, Intendencia Regional de Los Lagos, Plan Regional de Desarrollo 1986-1990, Tomos I al IV.

[11] En 1993 se aprobó la Ley Orgánica Constitucional de Gobierno y Administración Regional que creó los Gobiernos Regionales, con personalidad jurídica de derecho público y con competencias y recursos propios para el cumplimiento de sus objetivos, estableciendo también las condiciones institucionales necesarias para una progresiva y gradual transferencia de responsabilidades y recursos a las regiones.

de las asociaciones gremiales de empresarios para definir en conjunto los lineamientos específicos de cada sector.

4.12.4.2.5. Patrón actual de la actividad económica industrial en la Cuenca del río Cruces

a) Población Activa Comunal por sectores de actividad

En cuanto a la distribución comunal de la población activa (INE, Censo 2002), se observa que las comunas localizadas en la cuenca del río Cruces poseen un 26,62% de su población activa en el sector silvoagropecuario, aunque en una proporción menor a la que posee el resto de la región. Las comunas con mayor proporción de población en actividades silvoagropecuarias son las de Máfil con un 41,9% y Mariquina con un 36,6%. En cuanto al sector industria, es la comuna de Lanco la que presenta un porcentaje mayor con un 14,6%, luego le sigue la comuna de Mariquina con un 9,85% y la comuna de Máfil con 7,09%. Las tres comunas presentan un alto índice de ocupación de su población en actividades silvoagropecuarias, con un 34,25%, que es comparativamente superior a la región en su conjunto, que alcanza el 32,83% (Tabla 4.12.24).

Por su parte la comuna de Loncoche, presenta en su estructura económica, una mayor relevancia del sector industrial, con un 16,64% de la población económicamente activa (PEA).

En el caso industrial, las cuatro comunas ubicadas en la cuenca tienen una participación levemente superior a la región y en el caso del comercio, las tres comunas señaladas presentan un índice mayor en relación a la región.

Tabla 4.12.24. Cuenca del río Cruces: distribución comunal de la población activa por sectores y comunas. Censo 2002, INE.

	SECTORES DE ACTIVIDAD						
COMUNA	Silvoagropecuario (%)	Industria Manufacturera (%)	Comercio (%)	Construcción (%)	Explotación Minera (%)	Administración Pública (%)	Pesca (%)
Lanco	24,22	14,6	18,3	12,3	0,15	3	0,18
Máfil	41,93	7,09	16,6	5,92	0,13	3,3	0,27
Mariquina	36,6	9,85	17	6,99	0,21	2,4	3,05
Loncoche	24,2	16,64	15,79	12,09	0,13	3,02	0,22
Cuenca río Cruces	**34,25**	10,51	17,3	8,4	0,16	2,9	1,17
Región de Los Ríos	**32,83**	9,95	15,73	8,52	0,17	3,17	1,72

Fuente: Censo 2002, INE.

b) Análisis Comparativo del Empleo Industrial entre los Censos de 1992 y 2002 para las Comunas del Área de Estudio

Al observar la distribución del empleo, con datos a partir de los censos de 1992 y 2002, que reflejan los cambios ocurridos en la década de mayor crecimiento de la economía chilena, se puede apreciar un cambio en la estructura del empleo industrial. En primer lugar, la única comuna que disminuyó de manera absoluta la cantidad de empleos industriales fue Loncoche, que pasó de tener 7.081 empleos en 1992 a 6.814 empleos en el año 2002. En cambio las comunas de Mariquina, Máfil y Lanco aumentan levemente el empleo del sector industrial.

La tendencia más notoria dentro del empleo industrial, es que en las cuatro comunas, disminuye la participación del sector asociado a la industria de la madera y productos elaborados con madera, mientras que aumenta su participación en el empleo la industria asociada a la elaboración de alimentos y bebidas.

Si se revisa lo ocurrido en cada comuna respecto del empleo industrial, para el período 1992-2002, de alto crecimiento de la economía a nivel nacional, en todas ellas, salvo en la comuna de Máfil, la disminución en el empleo asociado a industrias de la madera es de mayor magnitud que el aumento del empleo en el sector de alimentos. En el caso de Máfil, el crecimiento del empleo en el sector de alimentos, supera la magnitud de la disminución en el sector de la industria de la madera.

Se observa en la comuna de Loncoche (Tabla 4.12.25), que en el período 1992-2002, el empleo industrial en la industria de la madera disminuye 13 puntos porcentuales, mientras que el sector de alimentos y bebidas aumenta 4 puntos porcentuales.

En el caso de la comuna de Lanco (Tabla 4.12.26) hay un aumento de 14 puntos porcentuales en el sector de alimentos y una disminución de 17 puntos porcentuales en el sector de industria de la madera.

Tabla 4.12.25. Comuna de Loncoche: Empleo Industrial entre los Censos de 1992 y 2002.

Rubros de actividad industrial	Censo 1992		Censo 2002	
	N°	%	N°	%
Elaboración de productos alimenticios y bebidas	421	31%	401	35%
Fabricación de productos textiles	3	0%	5	0%
Fabricación de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles	14	1%	8	1%
Curtido y adobo de cueros, fabricación de maletas, bolsos de mano, artículos de talabartería y guarnicionería y calzado	10	1%	3	0%
Producción de madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles, fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables	586	43%	389	34%
Fabricación de papel y de productos de papel	1	0%	2	0%
Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones	5	0%	7	1%
Fabricación de sustancias y productos químicos	2	0%	10	1%
Fabricación de productos de caucho y plástico	2	0%	2	0%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	9	1%	52	5%
Fabricación de metales comunes	16	1%	15	1%
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	12	1%	47	4%
Fabricación de maquinaria y equipo N.C.P.	4	0%	5	0%
Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos N.C.P.	0	0%	3	0%
Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes	1	0%	2	0%
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	1	0%	1	0%
Fabricación de muebles, industrias manufactureras N.C.P.	264	20%	182	16%
% sobre empleo Industrial		19%		17%
Total Empleo Comunal	7.081		6.814	

Fuente: INE.

Tabla 4.12.26. Comuna de Lanco: Empleo Industrial entre los Censos de 1992 y 2002

Rubros de actividad industrial	Censo 1992		Censo 2002	
	N°	%	N°	%
Elaboración de productos alimenticios y bebidas	42	6%	128	20%
Fabricación de productos textiles	28	4%	5	1%
Fabricación de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles	4	1%	8	1%
Producción de madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles, fabricación de artículos de paja y de materiales	574	77%	368	57%
Fabricación de papel y de productos de papel	2	0%	4	1%
Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones	4	1%	3	0%
Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear		0%	3	0%
Fabricación de sustancias y productos químicos	1	0%	2	0%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	2	0%	5	1%
Fabricación de metales comunes	3	0%	8	1%
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	16	2%	21	3%
Fabricación de maquinaria y equipo N.C.P.	3	0%	6	1%
Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos N.C.P.	5	1%	9	1%
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	1	0%	1	0%
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	1	0%	1	0%
Fabricación de muebles, industrias manufactureras N.C.P.	62	8%	69	11%
Total Empleo Comunal	**3.015**	**25%**	**4.537**	**14%**

Fuente: INE.

La comuna de Mariquina por su parte experimenta un ligero aumento de 3 puntos porcentuales en el sector de alimentos y una disminución de 5 puntos porcentuales en el empleo asociado a la industria de la madera (Tabla 4.12.27).

Tabla 4.12.27. Comuna de Mariquina: Empleo Industrial entre los Censos de 1992 y 2002.

Rubros de actividad industrial	Censo 1992		Censo 2002	
	N°	%	N°	%
Elaboración de productos alimenticios y bebidas	95	19%	114	22%
Fabricación de productos textiles	4	1%	3	1%
Fabricación de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles	33	7%	11	2%
Producción de madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles, fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables	287	57%	283	54%
Fabricación de papel y de productos de papel	1	0%	34	6%
Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones	2	0%	4	1%
Fabricación de sustancias y productos químicos	3	1%	2	0%
Fabricación de productos de caucho y plástico	3	1%	1	0%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	2	0%	2	0%
Fabricación de metales comunes		0%	8	2%
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	15	3%	11	2%
Fabricación de maquinaria y equipo N.C.P.	3	1%	4	1%
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	0	0%	3	1%
Fabricación de muebles, industrias manufactureras N.C.P.	53	11%	48	9%
Total	4.021	12%	5.647	9%

Fuente: INE.

La comuna de Máfil (Tabla 4.12.28), en el período 1992-2002 experimenta un crecimiento de 21 puntos porcentuales en el empleo del sector alimentos y bebidas y una

disminución de 19% porcentuales en el sector de fabricación de productos de madera y muebles.

Tabla 4.12.28. Comuna de Máfil: Empleo Industrial entre los Censos de 1992 y 2002.

Rubros de actividad industrial	Censo 1992		Censo 2002	
	N°	%	N°	%
Elaboración de productos alimenticios y bebidas	31	19%	61	40%
Fabricación de productos textiles	6	4%	1	1%
Fabricación de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles	15	9%	5	3%
Producción de madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles, fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables	86	53%	56	37%
Fabricación de metales comunes	0	0%	2	1%
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	1	1%	9	6%
Fabricación de maquinaria y equipo N.C.P.	1	1%	1	1%
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	0	0%	2	1%
Fabricación de muebles, industrias manufactureras N.C.P.	21	13%	15	10%
Total	1815	9%	2230	7%

Fuente: INE.

c) Estructura por tamaño y por sectores de las empresas localizadas en la Provincia de Valdivia

Para la Provincia de Valdivia, el INE registra un total de 16.974 empresas (INE, 2013), concentradas en el sector Comercio (27,2%), sector Silvoagropecuario (12,5%), otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales (11,7%), actividades inmobiliarias (11,4%), transporte y telecomunicaciones (9,1%), industria (6,6), construcción (6,4%), hoteles y restaurantes (6,0%), que en su conjunto explican el 91% del

total de empresas de todos los tamaños presentes en la Provincia de Valdivia (Tabla 4.12.29).

Tabla 4.12.29. Provincia de Valdivia, distribución sectorial de las empresas. 2008-2013.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Participación % Sector Año 2013
Total	14.771	15.243	15.581	16.089	16.673	16.974	
Comercio	3.988	4.075	4.334	4.543	4.555	4.618	27,2%
Agricultura, ganadería, caza	2.069	2.079	2.119	2.111	2.120	2.118	12,5%
Otras actividades de servicios	1.590	1.682	1.625	1.637	1.833	1.992	11,7%
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	1.714	1.741	1.649	1.768	1.856	1.943	11,4%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	1.534	1.512	1.538	1.558	1.571	1.551	9,1%
Industria	883	935	1.006	1.054	1.107	1.116	6,6%
Construcción	932	981	1.002	1.070	1.107	1.085	6,4%
Hoteles y Restaurante	840	893	930	950	1.015	1.019	6,0%
Servicios sociales y de salud	712	736	758	765	830	827	4,9%
Enseñanza	150	184	205	219	268	282	1,7%
Intermediación financiera	109	121	139	152	161	183	1,1%
Pesca	98	111	103	114	106	103	0,6%
Suministro de electricidad, gas y agua	64	66	70	67	69	73	0,4%
Explotación de minas y canteras	23	27	30	29	30	33	0,2%
Administración pública y defensa	23	27	28	29	27	29	0,2%

Fuente: INE, Subdepartamento de Infraestructura Económica.

Esta estructura a escala provincial, muestra la importancia del sector comercio en la actividad empresarial de la provincia y la menor importancia que tiene el sector industrial (6,6%), que ocupa el sexto lugar, tomando como indicador el número de empresas.

d) Estructura por tamaño y por sectores de las empresas localizadas a nivel comunal

Respecto del tamaño de las empresas, para el año 2013 un 77,7% eran microempresas, un 12,0% pequeñas empresas, un 1,2% eran medianas empresas y un 0,4% eran grandes empresas. (INE, 2013). La alta concentración de microempresas es una constante a nivel nacional y se replica en las diferentes escalas territoriales. Llama la atención el bajo número de grandes empresas, que llega sólo al 0,4% (Tabla 4.12.30).

Tabla 4.12.30. Provincia de Valdivia. Número de empresas según tamaño de ventas. Años 2006 a 2013.

Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Participación tamaño Año 2013 (%)
Total	14.606	14.771	15.243	15.581	16.089	16.673	16.974	100,0%
Micro	10.784	10.893	11.238	12.266	12.633	12.970	13.192	77,7%
Pequeña	1.574	1.679	1.604	1.737	1.820	1.969	2.043	12,0%
Mediana	194	188	160	164	184	204	202	1,2%
Grande	61	68	60	66	68	71	75	0,4%
S/ventas o nulas [1]	1.992	1.943	2.178	1.348	1.382	1.456	1.461	8,6%

[1]: Se considera empresas sin ventas por no declarar códigos de la fórmula en el F29 en los años 2006 a 2009 y F29-F22 en los años 2010 a 2013.

Fuente: INE, Subdepartamento de Infraestructura Económica, Sección de Directorio, 2006 - 2013

Para las cuatro comunas seleccionadas se presenta la evolución del número de empresas entre el año 2006 y 2010 según tamaño. En primer lugar, Loncoche posee el mayor número de empresas con 866 (año 2010), luego le sigue Lanco con 864 empresas para el año 2011, le sigue la comuna de Mariquina con 793 empresas para el 2011 y la comuna de Máfil con 324 empresas para el año 2010.

En cuanto al tamaño, la comuna de Máfil no registra empresas grandes. En el periodo 2007-2011, Mariquina y Lanco han pasado de albergar una empresa grande a tres para el caso de Mariquina y cuatro en Lanco, con el 0,4% y el 0,5% del total de empresas comunales respectivamente. Esta proporción es similar a la que muestra la región, por lo que estas comunas están reflejando la situación normal a nivel regional, con la sola excepción de la comuna de Máfil. Loncoche presenta sólo una empresa considerada grande durante todo el periodo.

Para las cuatro comunas el segmento "microempresa" representa sobre el 83% del número de empresas, situación que es superior a la media de la provincia de Valdivia y del país, lo que refleja una mayor importancia de este segmento en la economía de las cuatro comunas (Tabla 4.12.31).

En el caso de las empresas medianas, resalta Mariquina por tener un porcentaje superior al promedio provincial, lo mismo en el caso de las pequeñas empresas. Para el caso de Lanco la mayor presencia de grandes empresas y de microempresas la distingue del resto de las comunas, mientras que la situación contraria se da para el segmento de medianas y pequeñas empresas.

Para la comuna de Loncoche, las microempresas son el segmento más relevante, que junto a la pequeña empresa alcanzan al 99,3% del total. Una alta concentración en este segmento, respecto de la región y del país.

Tabla 4.12.31. Número de Empresas por Tamaño en Comunas Seleccionadas.

Tamaño Empresa	Comuna Máfil				Comuna Mariquina				Comuna Lanco			
	2006	2008	2010	2010%	2007	2009	2011	2011%	2007	2009	2011	2011%
Grande	0	0	0	0	1	2	3	0,4%	1	1	4	0,5%
Mediana	4	8	4	1,2%	19	11	18	2,3%	10	6	8	0,9%
Micro	253	254	270	83,3%	600	620	661	83,4%	662	710	745	86,2%
Pequeña	44	44	50	15,4%	86	97	111	14,0%	70	75	107	12,4%
Total	301	306	324	100,0%	706	730	793	100,0%	743	792	864	100,0%

Fuente: SII, 2014.

Tabla 4.12.31. (Continuación)

Tamaño Empresa	Comuna Loncoche			
	2006	2008	2010	% 2010
Grande	1	1	1	0,1%
Mediana	3	6	5	0,6%
Micro	764	778	768	88,7%
Pequeña	82	85	92	10,6%
Total	850	870	866	100,0%

Fuente: SII, 2014.

e) Distribución de las Microempresas según Comuna

Considerando el segmento de microempresas, tomando los datos para el año 2013, se observa que un porcentaje del 60,32% se concentra en la Comuna de Valdivia. La comuna de Lanco participa con el 6,25% de las microempresas de la provincia y Mariquina con el 6,11%. Mientras existe una alta concentración de microempresas en la comuna de Valdivia, tendencia que se mantiene a lo largo de todo el período 2006-2013, la comuna de Máfil participa con sólo el 2,27% respectivamente del total de la provincia (Tabla 4.12.32).

Tabla 4.12.32. Número de microempresas por comuna (2006 – 2010).

Comuna	Microempresas (Ventas entre 0 y 2.400 UF)								Participación por comuna Año 2013
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	%
Valdivia	6.407	6.550	6.630	6.775	7.422	7.628	7.885	7.957	60,32
Lanco	689	721	709	760	800	830	820	825	6,25
Máfil	236	237	238	235	276	271	272	299	2,27
Mariquina	571	602	597	617	695	731	751	806	6,11
Total Cuenca	10.523	10.784	10.893	11.238	12.266	12.633	12.970	13.192	100,00
Variación anual %		2,5	1,0	3,2	9,1	3,0	2,7	1,7	

Fuente: INE, Subdepartamento de Infraestructura Económica, Sección de Directorio, 2006 - 2013

Respecto del empleo y su distribución según tamaño de empresas (Tabla 4.12.33), la comuna de Máfil presenta una concentración de trabajadores en los segmentos de micro y pequeñas empresas en un porcentaje que está por sobre el promedio de la región[12]. El 94,7 % de los trabajadores se emplean en estos dos segmentos de empresas

[12] La región de los Ríos, tiene 22,8% de los trabajadores en la Gran Empresa, un 19,7% en la mediana empresa, un 19,0% en la micro empresa y un 38,5% en la pequeña empresa, de acuerdo al SII en el 2010.

para la comuna. En cambio, en el caso de la comuna de Mariquina el 61,8% de los empleos los genera la gran y mediana empresa. Para la comuna de Lanco estos segmentos generan el 45,2% de los empleos, por lo que el 54,8% de los empleos se generan en la micro y pequeña empresa comunal. Para el caso de la comuna de Loncoche, el 85,1% del empleo lo genera la micro y pequeña empresa.

Tabla 4.12.33. *Empleo según tamaño de empresas en comunas seleccionadas.*

Tamaño Empresa	Máfil				Mariquina				Lanco			
	2006	2008	2010	% 2010	2007	2009	2011	% 2011	2007	2009	2011	% 2011
Grande	0	0	0	0,0%	316	701	757	18,6%	637	557	590	16,2%
Mediana	78	130	60	5,3%	1.892	979	1.759	43,2%	1.494	1.384	1.053	29,0%
Micro	333	330	324	28,4%	451	410	557	13,7%	799	484	459	12,6%
Pequeña	314	472	758	66,4%	718	933	995	24,5%	594	1.422	1.532	42,2%
Total	725	932	1.142	100,0%	3.377	3.023	4.068	100,0%	3.524	3.847	3.634	100,0%

Tamaño Empresa	Comuna de Loncoche			
	2006	2008	2010	% 2010
Grande	37	184	105	4,3%
Mediana	62	287	254	10,5%
Micro	952	866	1.030	42,6%
Pequeña	1.452	1.325	1.027	42,5%
Total	2.503	2.662	2.416	100%

Fuente: SII, 2014.

En conclusión, al observar la estructura por tamaño y empleo de las empresas a nivel comunal, la alta presencia de microempresas refleja también otras situaciones de tipo estructural propias a la realidad regional y nacional. Según un estudio de SERCOTEC, este segmento presenta altas tasas de informalidad, lo que trae aparejados problemas de calidad del empleo. Esto se refleja en múltiples aspectos, como la precariedad en materia de seguridad social y en el nivel de ingresos. En la Encuesta CASEN 2011, se registra que el 50,5% de los ocupados/as de la microempresa recibía ingresos menores a dos salarios mínimos al mes y un 17,1%, inferior a un salario mínimo. En la CASEN 2009 estas proporciones eran de un 48,2% y un 15,3%, respectivamente, reflejando un leve empeoramiento en ambos tramos.[13]

La estructura de empresas por tamaño de las cuatro comunas refleja en distintos grados una situación de precariedad y pobreza a la luz de los indicadores de la encuesta social, con una baja capacidad de aprovechar ventajas comparativas y generar economías de escala que permitan contar con ventajas competitivas importantes para la mejora cualitativa de la situación del ingreso familiar y empleo comunal.

f) Distribución del número de empresas según sectores económicos

La comuna de Máfil tiene una altísima concentración de sus empresas en el sector silvoagropecuario con un 41,5% del total para el año 2010, muy por encima de los otros sectores. La industria solo representa el 4,1% del total. Para el caso de Mariquina, la industria representa el 9,9% del total de empresas y para la comuna de Lanco el 9,5% del total comunal. Estas últimas dos comunas tienen una menor participación de empresas del sector silvoagropecuario, con un 18,4% para Mariquina y un 18,6% para Lanco. Para estas dos comunas, el sector comercio representa el principal sector económico en donde se localizan las empresas, con un 35,6% para Mariquina y un 38,4% para Lanco. Para la comuna de Loncoche, el 61,1% de las empresas se concentra en 2 sectores: silvoagropecuario y comercio. La industria representa el 9,1% de las empresas (Tabla 4.12.34).

[13] la situación de la micro y pequeña empresa en Chile, SERCOTEC, 2013.

Tabla 4.12.34. Número de empresas por sector económico.

Sector	Comuna Máfil				Comuna Mariquina				Comuna Lanco				Comuna Loncoche			
	2006	2008	2010	% Ult.Año	2007	2009	2011	% Ult.Año	2007	2009	2011	% Ult.Año	2006	2008	2010	% Ult.Año
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	164	158	152	41,50%	195	194	169	18,40%	182	186	177	18,60%	227	240	240	24,0%
Pesca	0	0	0	0,00%	6	6	6	0,70%	0	0	0	0,00%	2	3	1	0,1%
Explotaciones de Minas y Canteras	1	1	0	0,00%	3	6	5	0,50%	3	3	3	0,30%	2	3	3	0,3%
Industrias manufactureras no metálicas	7	10	10	2,70%	53	72	71	7,80%	55	62	69	7,20%	47	51	58	5,8%
Industrias manufactureras metálicas	4	3	5	1,40%	17	20	19	2,10%	17	21	22	2,30%	35	35	33	3,3%
Suministro de electricidad, gas y agua	1	1	1	0,30%	17	19	18	2,00%	11	14	12	1,30%	9	9	9	0,9%
Construcción	10	8	10	2,70%	35	34	45	4,90%	45	57	75	7,90%	50	46	32	3,2%
Comercio al por mayor y menor, repuestos, vehículos, automotores/enseres domésticos	82	78	77	21,00%	271	285	326	35,60%	326	340	366	38,40%	360	360	371	37,1%
Hoteles y restaurantes	15	14	17	4,60%	65	66	83	9,10%	57	63	69	7,20%	41	42	44	4,4%

Transporte, almacenamiento y comunicaciones	22	28	32	8,70%	72	77	86	9,40%	70	75	91	9,50%	93	101	96	9,6%
Intermediación financiera	3	4	5	1,40%	1	1	1	0,10%	4	4	3	0,30%	2	2	0	0,0%
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	8	6	12	3,30%	32	40	43	4,70%	24	29	32	3,40%	42	42	44	4,4%
Adm. Pública y defensa, planes de seg. social afiliación obligatoria	0	0	0	0,00%	2	2	2	0,20%	1	1	1	0,10%	0	0	0	0,0%
Enseñanza	3	4	5	1,40%	9	12	15	1,60%	2	3	7	0,70%	8	7	8	0,8%
Servicios sociales y de salud	2	3	3	0,80%	2	5	4	0,40%	1	2	1	0,10%	4	7	9	0,9%
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	22	23	37	10,10%	24	23	21	2,30%	20	23	25	2,60%	36	35	50	5,0%
Total	346	342	366	100,00%	804	863	916	100,00%	819	883	953	100,00%	960	985	999	100,0%

Fuente: SII.

Si se observa la distribución en términos de empleo por sectores económicos, nuevamente la comuna de Máfil muestra una altísima concentración de su empleo en el sector silvoagropecuario, con el 86,2% del total comunal (2010). Este sector económico también es el más relevante por el empleo generado, para las comunas de Mariquina y Lanco, con un 41,2% y un 53,5% respectivamente. La comuna de Loncoche es la que presenta un menor porcentaje del empleo en el sector silvoagropecuario, con un 28%, y una mayor importancia relativa del empleo industrial con el 10,8%. El sector educación es muy relevante en la comuna de Loncoche con el 21,8% del empleo (Tabla 4.12.35).

El sector Industria posee muy poca importancia para la comuna de Máfil (solo 1,3% del empleo) y mayor importancia en la comuna de Mariquina (10,4%). En el caso de la comuna de Lanco, la importancia es mucho menor, con sólo el 3,6% del empleo. Lanco y Loncoche son las comunas donde el sector industrial tiene una presencia más relevante en el empleo, aunque menor a la tasa nacional que es del 11,1% para el mismo año.

Al comparar las estadísticas de empleo con la de población económicamente activa (PEA), resulta importante destacar para el caso de Máfil que el sector silvoagropecuario estaría recibiendo trabajadores desde otros sectores de la economía. Uno de los sectores expulsores es la industria, que tiene una PEA sectorial superior al empleo del sector.

Para el caso de Mariquina y Lanco, ocurre algo diferente ya que el sector silvoagropecuario y el sector de servicios públicos son ambos los que han recibido trabajadores desde otros sectores de la economía comunal, en este caso principalmente desde el sector comercio. Para el caso de la comuna de Loncoche, al realizar esta comparación, el sector comercio está recibiendo trabajadores desde otros sectores principalmente la industria y construcción.

Tabla 4.12.35. Número de Trabajadores por Sector Económico.

Sector	Comuna Máfil				Comuna Mariquina				Comuna Lanco				Comuna Loncoche			
	2006	2008	2010	% 2010	2007	2009	2011	% 2011	2007	2009	2011	% 2011	2006	2008	2010	% 2010
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	725	846	1.011	86,20	1.929	1.286	1.892	41,20	2.273	2.370	2.031	53,50	1.205	1.129	680	28,0
Pesca	0	0	0	0,00	1	1	1	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0	0,0
Explotaciones de Minas y Canteras	0	0	0	0,00	27	93	12	0,30	6	5	42	1,10	2	2	4	0,2
Industrias manufactureras no metálicas	6	7	15	1,30	393	356	389	8,50	202	80	107	2,80	108	242	192	7,9
Industrias manufactureras metálicas	0	11	0	0,00	27	57	87	1,90	12	18	30	0,80	13	100	70	2,9
Suministro de electricidad, gas y agua	0	1	1	0,10	35	26	21	0,50	9	10	9	0,20	10	15	14	0,6
Construcción	4	0	24	2,00	191	242	372	8,10	161	437	475	12,50	395	387	240	9,9
Comercio al por mayor y menor, repuestos, vehículos, automotores/enseres domésticos	20	22	29	2,50	194	210	291	6,30	231	200	251	6,60	214	210	209	8,6
Hoteles y restaurantes	0	7	4	0,30	38	32	40	0,90	32	25	49	1,30	12	16	22	0,9
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	3	2	5	0,40	233	187	129	2,80	111	111	49	1,30	56	64	47	1,9

Intermediación financiera	6	19	15	1,30	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00	3	0	0	0,0
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	2	0	3	0,30	215	458	570	12,40	35	76	126	3,30	71	47	316	13,0
Adm. pública y defensa, planes de seg. social afiliación obligatoria	0	0	0	0,00	355	403	457	10,00	420	468	402	10,60	0	0	0	0,0
Enseñanza	8	27	43	3,70	76	62	175	3,80	24	54	87	2,30	433	470	529	21,8
Servicios sociales y de salud	1	2	0	0,00	98	94	113	2,50	0	0	0	0,00	14	11	7	0,3
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	13	11	23	2,00	5	20	35	0,80	140	141	138	3,60	5	7	101	4,2
Total	788	955	1.173	100,00	3.817	3.528	4.587	100,0	3.656	3.995	3.796	100,0	2.541	2.708	2.431	100,0

Fuente: SII, 2014.

g) Rubros del Sector Industrial en las Comunas analizadas

Luego de analizar la situación en la actualidad para las cuatro comunas, se aprecia que el sector industrial está orientado principalmente al procesamiento de los recursos naturales del territorio, principalmente los sectores agroalimentario y forestal.

La información obtenida en el Servicio de Impuestos Internos muestra la presencia de los siguientes rubros industriales: Agroindustria lácteos, Elaboración de harinas, Jugos de berries, Elaboración de cecinas, Aserraderos, Fábricas de muebles, Metalmecánica, Astilleros, Fabricación de bebidas alcohólicas, Elaboración de artículos textiles, principalmente.

En la actualidad, las empresas clasificadas en el sector industrial localizadas en las comunas analizadas, poseen giros en las siguientes actividades (Tablas 4.12.36 a 4.12.39):

Tabla 4.12.36. Giro de las empresas de la comuna de Loncoche.

152020 - elaboración de quesos
154990 - elaboración de otros productos alimenticios no clasificados en otra parte
155120 - elaboración de bebidas alcohólicas y de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas y otros
201000 - aserrado y acepilladura de maderas
289990 - fabricación de otros productos elaborados de metal N.C.P.
361010 - fabricación de muebles principalmente de madera
369990 - fabricación de artículos de otras industrias N.C.P.

Fuente: SII, 2014

Tabla 4.12.37. Giro de las empresas de la comuna de Lanco.

155300 - elaboración de bebidas malteadas, cervezas y maltas
155410 - elaboración de bebidas no alcohólicas
201000 - aserrado y acepilladura de maderas
269510 - elaboración de hormigón, artículos de hormigón y mortero (mezcla para construcción)
281100 - fabricación de productos metálicos de uso estructural
319010 - fabricación de otros tipos de equipo eléctrico N.C.P.
361010 - fabricación de muebles principalmente de madera

Fuente: SII, 2014

Tabla 4.12.38. Giro de las empresas de la comuna de Mariquina.

151140 - elaboración de cecinas, embutidos y carnes en conserva.
151300 - elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas
152010 - elaboración de leche, mantequilla, productos lácteos y derivados
153300 - elaboración de alimentos preparados para animales
154110 - fabricación de pan, productos de panadería y pastelería
154990 - elaboración de otros productos alimenticios no clasificados en otra parte
155300 - elaboración de bebidas malteadas, cervezas y maltas
172100 - fabricación de artículos confeccionados de materias textiles, excepto prendas de vestir
201000 - aserrado y acepilladura de maderas
281100 - fabricación de productos metálicos de uso estructural
291980 - reparación otros tipos de maquinaria y equipos de uso general
361010 - fabricación de muebles principalmente de madera

Fuente: SII, 2014

Tabla 4.12.39. Giro de las empresas de la comuna de Máfil.

152010 - elaboración de leche, mantequilla, productos lácteos y derivados
153110 - elaboración de harinas de trigo
281100 - fabricación de productos metálicos de uso estructural
291280 - reparación de bombas, compresores, sistemas hidráulicos, válvulas y artículos de grifería
351180 - reparación de embarcaciones menores

Fuente: SII, 2014

La Tabla 4.12.40, muestra la relación entre los sub rubros y los ejes productivos principales de las regiones de Los Ríos y de La Araucanía según comuna.

Tabla 4.12.40. Grandes sectores y sub rubros industriales presentes en las comunas

GRANDES SECTORES	SUB RUBROS	LONCOCHE	LANCO	MARIQUINA	MAFIL
INDUSTRIA AGROALIMENTOS	Elaboración de Quesos y lácteos	X		X	X
	Elaboración de Harinas				X
	Jugos y concentrados de Berries		X		
	Elaboración de Cecinas			X	
	Elaboración de Bebidas Alcohólicas	X	X	X	
	Agroindustria Hortofrutícola			X	
	Alimentos preparados para animales			X	
GRANDES SECTORES	**SUB RUBROS**	**LONCOCHE**	**LANCO**	**MARIQUINA**	**MAFIL**
INDUSTRIA FORESTAL	Aserraderos	X	X	X	
	Fábricas de Muebles	X	X	X	
	Celulosa			X	
METALMECANICA Y NAVAL	Metalmecánica y Hormigón	X	X	X	X
	Reparación de Embarcaciones				X
INDUSTRIA TEXTIL	Fabricación de artículos textiles (no de vestir)			X	

h) Evolución del Número de Establecimientos Industriales 2002-2010

A escala regional, existe un proceso de concentración industrial en la capital regional y paralelamente ha existido una tendencia a la desindustrialización de las comunas periféricas de la provincia durante las últimas cuatro décadas.

Al observar la dinámica en los últimos 10 años, de acuerdo a la información proporcionada por el SII de las actividades económicas declaradas cada año por los contribuyentes (Tabla 4.12.41), se puede observar una tendencia muy variable a lo largo de los años, donde por ejemplo, para el caso de la comuna de Loncoche se pasa de 11 empresas en el rubro industrias manufactureras no metálicas en el año 2007, a 27 al año siguiente. Estos cambios pueden deberse a que se trata de empresas con varios giros y gran capacidad para adaptarse a las fluctuaciones de la demanda, que en la medida que ésta crece y aumenta la actividad económica, entran al mercado, movidos por las expectativas, pero no necesariamente por un crecimiento real de la economía. En este caso debería tratarse de empresas sin necesidad de gran capital de inversión sino que más bien capital de trabajo, que ocupan instalaciones físicas ya existentes.

Tabla 4.12.41. Número de actividades económicas inscritas por año, por Rubro y Comuna.

RUBRO - COMUNA	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
D - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS NO METALICAS												
09214 – LONCOCHE	15	13	12	9	9	11	27	22	12	18	10	18
10102 – MARIQUINA	15	12	13	10	9	15	26	21	16	18	22	17
10103 – LANCO	14	7	11	10	10	5	11	25	14	13	15	22
10107 – MAFIL	2	2	3	1	3	1	4	10	2	4	5	2
E - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS METALICAS												
09214 – LONCOCHE	2	9	3	9	16	12	18	8	7	18	10	1
10102 – MARIQUINA	3	0	1	3	8	5	9	7	5	7	7	12
10103 – LANCO	6	1	3	2	2	6	3	11	8	5	8	6
10107 – MAFIL	0	0	3	2	2	1	0	3	2	9	0	2

Fuente: SII, 2014.

Podría esperarse que los “contribuyentes con término de giro” (Tabla 4.12.42) también tengan fluctuaciones en el tiempo, pero ocurre justamente lo contrario, ya que los datos de empresas que ponen término a un giro para las cuatro comunas, son bajos o inexistentes para el período 2003-2013.

Tabla 4.12.42. Número de contribuyentes con término de giro vigente por Rubro y Comuna.

RUBRO/ COMUNA	202002	202003	202004	202005	202006	202007	202008	202009	202010	202011	202012	202013
D - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS NO METALICAS												
09214 - LONCOCHE		*8*										
10102 - MARIQUINA		*9*										
10103 - LANCO		*7*										
10107 - MAFIL												
E - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS METALICAS												
09214 - LONCOCHE												
10102 - MARIQUINA												
10103 - LANCO												
10107 - MAFIL												

Fuente: SII, 2014.

i) Evolución de las Ventas del Sector Industrial en el periodo 2005-2013

Hasta ahora, se ha analizado la estructura económica comunal en base al número de empresas y al empleo. En las Tablas 4.12.43 a 4.12.46 se muestra el comportamiento de las ventas totales por rubro para cada una de las comunas. Al no existir otros datos, se utilizan como variable proxi para determinar la importancia

económica del sector en la comuna, si se compara con las ventas totales declaradas por los mismos instrumentos.

En este caso, el sector industrial se vuelve más relevante para la mayoría de las comunas, por su aporte a la economía comunal. Resalta el caso de la comuna de Loncoche, que del total de ventas declaradas para el año 2013, el 26% proviene de este sector, mientras que el 17% proviene del sector agrícola. De todas formas, el sector que más ventas genera es el comercio comunal con un 30%. Si se compara el total de ventas comunales de las empresas, entre el año 2005 y 2013, hay un incremento del 60%. En el mismo período, el país presenta un aumento del 65,8% en las ventas totales.

Para el caso de la comuna de Lanco, las ventas del sector industrial representan el 19% del total comunal, mientras que el sector silvoagropecuario representa el 37% y el comercio el 30%. La variación de las ventas totales entre el año 2005 y 2013 es de 201%. Para la comuna de Máfil, el sector industrial representa el 10% de las ventas totales de la comuna, mientras que el sector silvoagropecuario representa el 64% y el sector comercio sólo el 14%. Para el caso de la comuna de Mariquina, el sector industrial representa el 6% del total de las ventas comunales, el sector silvoagropecuario el 36% y el sector comercio el 23% del total comunal.

En todos los casos analizados, el sector industrial es más relevante desde el punto de vista de las ventas que del empleo. Esto es particularmente más notorio para la comuna de Loncoche. El sector industria desde el punto de vista del empleo representa para la comuna de Máfil sólo 1,3% y el 10% de las ventas; en la comuna de Mariquina el 10,4% del empleo y el 6% de las ventas; en la comuna de Lanco el 3,6% del empleo y el 19% de las ventas; y Loncoche el 10,8% del empleo y el 26% de las ventas. Todos los datos para el año 2010 de acuerdo a la información del Servicio de Impuestos Internos.

La comuna de Mariquina es la única que no cumple con el patrón del resto, ya que la industria presenta mayor importancia por el empleo que genera, que por las ventas dentro de la economía comunal.

Tabla 4.12.43. Comuna de Loncoche: Número de Empresas y Ventas por Rubro. 2005-2013.

AÑO COMERCIAL	2005		2013		Variación	Participación Sectorial 2013
RUBRO	Número de Empresas	Ventas (UF)	Número de Empresas	Ventas (UF)		
Total	**935**	**919.148**	**1.024**	**1.474.647**	**60%**	**100%**
A - AGRICULTURA, GANADERIA, CAZA Y SILVICULTURA	224	286.322	243	254.766	-11%	17%
B – PESCA	2	*	2	*		
C - EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS	3	*	3	*		
D - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS NO METALICAS	51	28.564	73	333.444	1067%	23%
E - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS METALICAS	32	16.180	47	47.582	194%	3%
F - SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA	9	*	10	*		
G – CONSTRUCCION	46	66.394	40	126.911	91%	9%
H - COMERCIO AL POR MAYOR Y MENOR, REP. VEH.AUTOMOTORES/ENSERES DOMESTICOS	365	388.847	382	446.639	15%	30%
I - HOTELES Y RESTAURANTES	41	7.148	46	27.185	280%	2%
J - TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES	85	75.838	76	108.506	43%	7%
K - INTERMEDIACION FINANCIERA	1	*	6	*		
L - ACTIVIDADES INMOBILIARIAS, EMPRESARIALES Y DE ALQUILER	37	30.081	35	70.771	135%	5%

Fuente: SII, 2014.

Tabla 4.12.44. Comuna de Lanco: Número de Empresas y Ventas por Rubro. 2005-2013.

AÑO COMERCIAL	2005		2013		Variación	Participación Sectorial 2013
RUBRO	Número de Empresas	Ventas (UF)	Número de Empresas	Ventas (UF)		
Total	**766**	**1.310.462**	**1.020**	**3.938.896**	**201%**	**100%**
A - AGRICULTURA, GANADERIA, CAZA Y SILVICULTURA	180	820.643	174	1.469.594	79%	37%
B – PESCA	0	0	0	0		
C - EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS	4	*	5	*		
D - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS NO METALICAS	59	70.777	77	579.925	719%	15%
E - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS METALICAS	15	5.357	30	149.350	2688%	4%
F - SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA	12	10.997	12	17.408	58%	
G – CONSTRUCCION	49	31.747	92	250.683	690%	6%
H - COMERCIO AL POR MAYOR Y MENOR, REP. VEH.AUTOMOTORES/ENSERES DOMESTICOS	289	195.037	384	399.977	105%	10%
I - HOTELES Y RESTAURANTES	57	16.030	69	34.593	116%	1%
J - TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES	50	101.610	88	95.325	-6%	2%
K - INTERMEDIACION FINANCIERA	1	*	7	*		
L - ACTIVIDADES INMOBILIARIAS, EMPRESARIALES Y DE ALQUILER	26	44.248	29	19.714	-55%	1%

Fuente: SII, 2014.

Tabla 4.12.45. Comuna de Máfil: Número de Empresas y Ventas por Rubro. 2005-2013.

AÑO COMERCIAL	2005		2013		Variación	Participación Sectorial 2013
RUBRO	Número de Empresas	Ventas (UF)	Número de Empresas	Ventas (UF)		
Total	**337**	**567.917**	**374**	**867.705**	**53%**	**100%**
A - AGRICULTURA, GANADERIA, CAZA Y SILVICULTURA	173	462.709	136	552.610	19%	64%
B – PESCA	0	0	0	0		
C - EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS	0	0	2	*		
D - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS NO METALICAS	6	*	14	83.542		10%
E - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS METALICAS	4	*	6	*		
F - SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA	0	0	1	*		
G – CONSTRUCCION	9	*	11	19.719		2%
H - COMERCIO AL POR MAYOR Y MENOR, REP. VEH.AUTOMOTORES/ENSERE DOMESTICOS	77	70.560	102	121.092	72%	14%
I - HOTELES Y RESTAURANTES	15	3.042	22	9.403	209%	1%
J - TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES	24	14.375	44	25.797	79%	3%
K - INTERMEDIACION FINANCIERA	2	*	1	*		
L - ACTIVIDADES INMOBILIARIAS, EMPRESARIALES Y DE ALQUILER	8	*	13	8.351		

Fuente: SII, 2014.

Tabla 4.12.46. Comuna de Mariquina. Número de Empresas y Ventas por Rubro. 2005-2013.

AÑO COMERCIAL	2005		2013		Variac.	Particip. Sectorial 2013
RUBRO	Número de Empresas	Ventas (UF)	Número de Empresas	Ventas (UF)		
Total	**764**	**1.558.436**	**1.007**	**2.107.817**	**35%**	**100%**
A - AGRICULTURA, GANADERIA, CAZA Y SILVICULTURA	208	625.482	168	761.258	22%	36%
B – PESCA	8	*	5	*		
C - EXPLOTACION DE MINAS Y CANTERAS	4	*	8	*		
D - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS NO METALICAS	47	370.678	78	98.062	-74%	5%
E - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS METALICAS	11	2.400	20	28.272	1078%	1%
F - SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA	18	21.199	17	39.946	88%	2%
G – CONSTRUCCION	28	55.865	61	226.818	306%	11%
H - COMERCIO AL POR MAYOR Y MENOR, REP. VEH.AUTOMOTORES/ENSERES DOMESTICOS	255	230.833	364	494.946	114%	23%
I - HOTELES Y RESTAURANTES	60	23.486	94	37.304	59%	2%
J - TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES	55	135.008	95	137.466	2%	7%
K - INTERMEDIACION FINANCIERA	2	*	0	0		
L - ACTIVIDADES INMOBILIARIAS, EMPRESARIALES Y DE ALQUILER	24	17.375	44	87.419	403%	4%

Fuente: SII, 2014.

4.12.4.2.6. Cambios en el Sector Industrial en las comunas de Loncoche, Máfil, Mariquina y Lanco, 1970-2014

De acuerdo a lo analizado precedentemente, para el período 1970-2014, las comunas seleccionadas presentan cambios en su estructura económica y particularmente en el sector industria manufacturera. Los principales fenómenos que se pueden observar para este período son el resultado de los cambios en el modelo económico, es decir, el cambio desde un modelo desarrollista estadocéntrico, a un modelo de crecimiento basado en exportaciones de tipo mercadocéntrico[14].

Hasta 1990, los distintos planes de desarrollo económico para la ex provincia de Valdivia y actual Región de Los Ríos, fueron elaborados con una visión nacional, asignando el rol económico que debía jugar en el contexto del país. Desde la década del 50 y hasta 1975, es posible reconocer una política industrial explícita en la zona, enfocada a la industrialización de los productos forestales, cueros, lácteos y pecuarios. A partir de la década de los 80, el "mercadocentrismo" y la política de apertura externa, afectó considerablemente a la industria manufacturera nacional y la de las comunas seleccionadas. Hubo una pérdida de dinamismo de aquellas industrias que no son capaces de producir a costos menores que los costos de importar dichos productos. Esto afecta a sectores importantes de la zona, como el de los cultivos industriales, la industria láctea, de la carne, textil y del cuero.

En el período 1970-2014, ha habido una profundización de la concentración regional de industrias en la ciudad de Valdivia y una pérdida de empleos industriales en casi todas las comunas de la región, incluyendo las comunas seleccionadas. De hecho, se puede verificar un fenómeno de "desindustrialización" de las comunas periféricas que conforman la ex provincia de Valdivia, salvo la comuna de Futrono, que presenta un ligero aumento en este rubro. Hacia 1970 en las comunas seleccionadas existía un número relevante de curtiembres, textiles, pequeñas industrias de alimentos

[14] Los términos "mercadocentrismo" y "estadocentrismo" fueron acuñados por Osvaldo Sunkel para expresar la filosofía del período neoliberal y el periodo desarrollista en la historia económica de Chile.

y aserraderos que dejaron de operar, en la medida que se instalaba el modelo mercadocentrista.

Los cambios en la orientación externa del mercado llevaron a que la industria se especializara en aquellos rubros donde existían ventajas comparativas iniciales, es decir, los recursos forestales y los agropecuarios. En estos subsectores manufactureros, la incorporación de capital y tecnología, explica que en la actualidad, aunque las comunas perdieron potencia industrial, mantienen todavía una actividad en los rubros madereros, metalmecánicos y alimenticios. En la Tabla 4.12.47 muestra el cambio en el peso del sector industrial entre 1970-2003 para las comunas de la región, y cómo ésta se concentra en la comuna de Valdivia.

Respecto de Lanco, un hecho relevante a nivel local fue la construcción de la Ruta CH-5 concesionada, lo que puede explicar la pérdida de una ventaja de localización y especialización en servicios que poseía, frente a otras localidades, cuando la panamericana sur pasaba por la misma ciudad.

En las comunas analizadas, la industria manufacturera está presente, aunque en ninguna de ellas posee la misma relevancia desde el punto de vista del producto y del empleo respecto de 1970. En la actualidad, este sector ocupa el cuarto o quinto lugar de importancia, luego del sector silvoagropecuario, los servicios, el comercio y los sectores construcción o transportes.

En la actualidad, la comuna de Máfil es la que presenta una menor tasa de empleo asociada al sector industrial, mientras que las comunas de Loncoche y Mariquina son aquellas en que hay una mayor tasa de empleo asociada al sector manufacturero.

Tabla 4.12.47. Número de Establecimientos Clasificados como Industrias a nivel comunal. 1970-2013.

Comunas	Industria 1970	%	Industria 2013	%
Valdivia	327	27,23%	952	49,53%
Mariquina	79	6,58%	98	5,10%
Lanco	84	6,99%	107	5,57%
Los Lagos	61	5,08%	73	3,80%
Corral	13	1,08%	7	0,36%
Máfil	55	4,58%	20	1,04%
Panguipulli	134	11,16%	186	9,68%
Paillaco	65	5,41%	77	4,01%
La Unión	151	12,57%	166	8,64%
Rio Bueno	123	10,24%	117	6,09%
Lago Ranco	72	6,00%	32	1,66%
Futrono	37	3,08%	85	4,42%
Total	**1201**	100%	**1922**	**100,00%**

Fuente: IV Censo Nacional de Manufacturas 1968.
Servicio de Impuestos Internos, 2014.

Si se toma el indicador de número de empresas manufactureras sobre el total de empresas en la comuna, Máfil es la comuna con menor presencia de empresas del sector. La comuna de Mariquina es la que posee mayor proporción de empresas de este sector, seguida de Lanco y Loncoche. Todas bordeando el 10% del número de empresas comunales asociadas a este sector. La Tabla 4.12.48 resume la situación para las cuatro comunas.

Tabla 4.12.48. Participación del Sector Industria en el total Comunal, 2013.

Indicador	LONCOCHE	LANCO	MARIQUINA	MAFIL
Participación en el número de empresas	9,1%	9,5%	9,1%	4,1%
Participación en el empleo	10,8%	3,6%	10,4%	1,3%
Participación en las ventas	26%	19%	6%	10%
Promedio	15,3%	10,7%	8,5%	5,1%
Ranking Industrial	1°	2°	3°	4°

Fuente: SII, 2014.

Al tomar los tres indicadores utilizados y realizar un ranking de la importancia global del sector industria manufacturera, el orden de mayor a menor importancia es: 1° Comuna de Loncoche, 2° Comuna de Lanco, 3° Comuna de Mariquina y 4° Comuna de Máfil.

4.12.4.2.7. Conclusiones análisis geoeconómico

• La industria manufacturera en el área de estudio se ha especializado en el sector forestal y agroalimentario, en tanto la industria manufacturera ha venido disminuyendo su importancia en términos de empleo y producto desde que se implementan las políticas neoliberales en los ochenta.

• Las políticas desarrollistas, entre 1939 y hasta 1970, se basaron fuertemente en el sector manufacturero, y en el área de estudio, privilegiaron el desarrollo de la industria forestal, agroindustrial, textil, naval, metalmecánica, eléctrica, energética, etc. En el período de apertura económica, a partir de 1975, la industria disminuye su importancia relativa en la generación de empleo y producción, y se concentra en los sectores con ventajas comparativas absolutas: los productos forestales y agroindustriales.

• El tejido industrial en la actualidad, no es comparable en términos de densidad, a la situación de finales de la década de los sesenta. Pequeñas agroindustrias, pequeñas industrias metalmecánicas, pequeñas industrias del

cuero y pequeñas industrias alimenticias cesaron de funcionar por la fuerte competencia y bajos costos de importación, imperantes con la implantación del modelo aperturista. Junto a lo anterior, se aprecia claramente una tendencia a la concentración industrial en la comuna de Valdivia en desmedro de las otras comunas del área de estudio.

• Luego de un período de mayor actividad manufacturera hasta 1970, la industria manufacturera pierde importancia relativa en el producto regional, disminuyendo su productividad, con un uso menos intensivo de la ingeniería y la innovación en el proceso la transformación final.

• La competitividad de las empresas y sectores productivos presentes en las comunas ha sido dependiente del contexto histórico del proceso de globalización. Las condiciones externas y la estructura de los mercados no ha sido la misma en las diferentes etapas de este proceso. Se puede afirmar que los sistemas productivos locales en un primer momento se ajustaron al mercado por la vía de explotar las ventajas comparativas (costos bajos de materias primas y mano de obra) y luego, en un segundo momento histórico, han desarrollado ventajas dinámicas o competitivas basadas en la tecnología y en la calidad de sus procesos.

• En la actualidad, un grupo menor de empresas, más bien de mayor tamaño, han podido profundizar sus ventajas competitivas, como es el caso de FRIVAL, COLUN, ARAUCO, LP, entre otras; mientras que un número mayor de empresas de menor tamaño sigue presentando desafíos pendientes en materia de tecnología y calidad de sus procesos, lo que debilita su permanencia en el territorio.

4.12.4.3. Usos actuales y caracterización de la dinámica de cambios del humedal

4.12.4.3.1. Superficies actuales

El monitoreo de cambios y la actualización cartográfica se realizó sobre una superficie de 335.575,5 ha., abarcando la totalidad de la cuenca del HRC. La Tabla 4.12.49 presenta el detalle de los resultados para el año 2014. La Figura 4.12.27 por su parte, presenta la distribución de la superficie según sus usos en el año 2014.

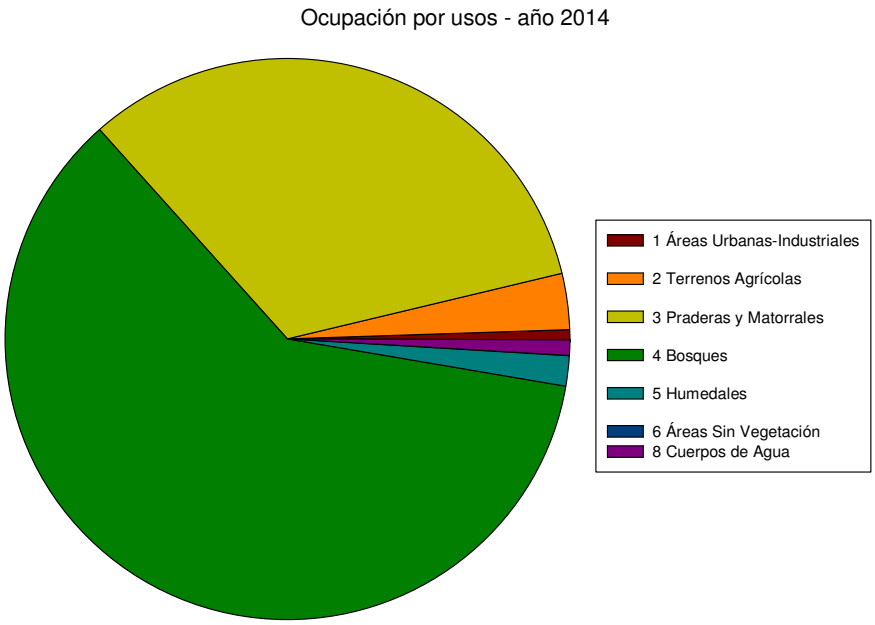


Figura 4.12.27. Distribución de la superficie según sus usos.

Los usos más representativos son los usos "Bosques" (61%) y "Praderas y Matorrales" (33%) correspondiendo al 94% de la superficie de la cuenca. Los "Terrenos Agrícolas" ocupan un 3%, mientras que los "Humedales" representan el 2% de la superficie del área de estudio.

Los usos asociados a "Áreas Urbanas-Industriales", "Áreas Sin Vegetación" y "Cuerpos de Agua" representan menos del 2% de la superficie del sector estudiado.

Tabla 4.12.49. Balance de uso de la tierra 2014.

Usos y subusos de la Tierra		Superficie (ha)	%
1 Áreas Urbanas-Industriales	1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas.Indus.	1637.2	0.5
	1.2 Minería Industrial	276.3	0.1
	Total Uso	**1913.5**	**0.6**
2 Terrenos Agrícolas	2.1 Terrenos de Uso Agrícola	3153.1	0.9
	2.2 Rotación Cultivo-Pradera	7726.5	2.3
	Total Uso	**10879.6**	**3.2**
3 Praderas y Matorrales	3.1 Praderas		
	3.1.3 Praderas Anuales	129.3	0.0
	3.1.4 Praderas Perennes	99589.0	29.7
	3.2 Matorral-Pradera	2318.1	0.7
	3.3 Matorral	3659.8	1.1
	3.4 Matorral Arborescente	4306.1	1.3
	Total Uso	**110002.3**	**32.8**
4 Bosques	4.1 Plantaciones		
	4.1.1 Plantación	63920.5	19.0
	4.1.2 Planta Joven-Recién Cosechada	14384.2	4.3
	4.1.3 Bosques Exóticas Asilvestradas	173.5	0.1
	4.2 Bosque Nativo		
	4.2.1 Bosque Nativo Adulto	16872.5	5.0
	4.2.2 Renoval	90768.4	27.0
	4.2.3 Bosque Nativo Adulto-Renoval	12613.0	3.8
	4.2.4 Bosques Achaparrados	492.8	0.1
	4.3 Bosque Mixto		
	4.3.1 Bosque Nativo-Plantación	3180.0	0.9
	4.3.2 B.Nat.-Exóticas Asilvestradas	1449.4	0.4
	Total Uso	**203854.3**	**60.7**
5 Humedales	5.1 Vegetación Herbácea en Orilla	1711.7	0.5
	5.2 Marismas Herbáceas	396.5	0.1
	5.3 Ñadis Herbáceos y Arbustivos	2853.1	0.9
	5.6 Vegas	520.9	0.2
	5.7 Otros Terrenos Húmedos	371.0	0.1
	Total Uso	**5853.2**	**1.7**
6 Áreas Sin Vegetación	6.7 Otros Terrenos Sin Vegetación	1.4	0.0
	6.8 Cajas de Ríos	35.5	0.0
	Total Uso	**36.9**	**0.0**
8 Cuerpos de Agua	8.2 Ríos	2870.2	0.9
	8.3 Lago-Laguna-Embalse-Tranque	165.5	0.0
	Total Uso	**3035.7**	**0.9**
		335575.5	**100.0**

La Figura 4.12.28 presenta los sectores de la cuenca del HRC según usos de la tierra. (La cartografía detallada por usos esta presentada en el Anexo 3).

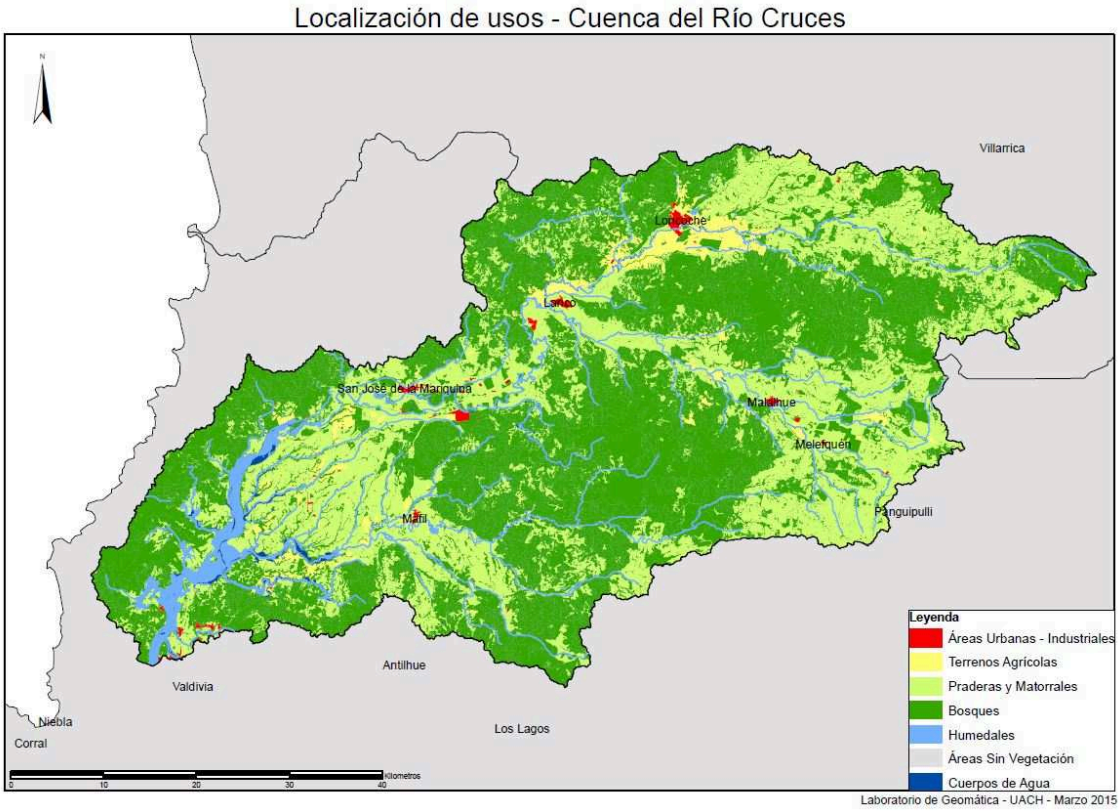


Figura 4.12.28. Ubicación geográfica según usos 2014.

Los usos “Bosques”, “Praderas y Matorrales” ocupan la mayor parte de la cuenca. Los “Bosques” se ubican principalmente en la zona oeste de la cuenca, en los sectores de mayor altura, mientras que las “Praderas y Matorrales” se localizan en los sectores de los valles, próximos a los cursos de agua.

4.12.4.3.2. Superficies históricas 2014-2006-1990-1961

La Tabla 4.12.50 presenta el movimiento de los diferentes usos del suelo durante el periodo estudiado.

Tabla 4.12.50. Balance de uso de la tierra en los años 2014, 2006, 1990 y 1961.

Usos y subusos de la Tierra		1961		1990		2006		2014	
		Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
1 Áreas Urbanas-Industriales	1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas.Indus.	778.7	0.2	947.3	0.3	1421.9	0.4	1637.2	0.5
	1.2 Minería Industrial	37.7	0.0	37.7	0.0	225.3	0.1	276.3	0.1
	Total Uso	**816.4**	**0.2**	**985.0**	**0.3**	**1647.2**	**0.5**	**1913.5**	**0.6**
2 Terrenos Agrícolas	2.1 Terrenos de Uso Agrícola	1632.8	0.5	1666.2	0.5	2326.6	0.7	3153.1	0.9
	2.2 Rotación Cultivo-Pradera	4506.5	1.3	4519.0	1.3	7814.5	2.3	7726.5	2.3
	Total Uso	**6139.3**	**1.8**	**6185.2**	**1.8**	**10141.1**	**3.0**	**10879.6**	**3.2**
3 Praderas y Matorrales	3.1 Praderas								
	3.1.3 Praderas Anuales	137.3	0.0	137.3	0.0	136.0	0.0	129.3	0.0
	3.1.4 Praderas Perennes	141105.3	42.0	132058.1	39.4	104864.9	31.2	99589.0	29.7
	3.2 Matorral-Pradera	4549.6	1.4	4388.1	1.3	2692.6	0.8	2318.1	0.7
	3.3 Matorral	5627.5	1.7	4173.6	1.2	3850.1	1.1	3659.8	1.1
	3.4 Matorral Arborescente	5703.7	1.7	5446.3	1.6	4470.3	1.3	4306.1	1.3
	Total Uso	**157123.4**	**46.8**	**146203.4**	**43.6**	**116013.9**	**34.6**	**110002.3**	**32.8**
4 Bosques	4.1 Plantaciones								
	4.1.1 Plantación	8684.7	2.6	20452.2	6.1	58176.9	17.3	63920.5	19.0
	4.1.2 Planta Joven-Recién Cosechada	12287.6	3.7	20567.9	6.1	14204.9	4.2	14384.2	4.3
	4.1.3 Bosques Exóticas Asilvestradas	74.5	0.0	115.1	0.0	149.3	0.0	173.5	0.1
	4.2 Bosque Nativo								
	4.2.1 Bosque Nativo Adulto	17325.2	5.2	16941.6	5.0	17132.8	5.1	16872.5	5.0
	4.2.2 Renoval	105508.9	31.4	97028.1	28.9	91226.2	27.2	90768.4	27.0
	4.2.3 Bosque Nativo Adulto-Renoval	14195.2	4.2	13617.5	4.1	12784.8	3.8	12613.0	3.8
	4.2.4 Bosques Achaparrados	593.9	0.2	558.4	0.2	505.4	0.2	492.8	0.1
	4.3 Bosque Mixto								
	4.3.1 Bosque Nativo-Plantación	2581.0	0.8	2400.2	0.7	3211.7	1.0	3180.0	0.9
	4.3.2 B.Nat.-Exóticas Asilvestradas	1844.9	0.5	1417.8	0.4	1375.7	0.4	1449.4	0.4
	Total Uso	**163095.9**	**48.6**	**173098.8**	**51.6**	**198767.7**	**59.2**	**203854.3**	**60.7**
5 Humedales	5.1 Vegetación Herbácea en Orilla	1689.5	0.5	1704.7	0.5	1720.4	0.5	1711.7	0.5
	5.2 Marismas Herbáceas	403.9	0.1	404.1	0.1	402.8	0.1	396.5	0.1
	5.3 Ñadis Herbáceos y Arbustivos	2827.3	0.8	2983.6	0.9	2892.0	0.9	2853.1	0.9
	5.6 Vegas	244.5	0.1	337.5	0.1	547.9	0.2	520.9	0.2

	5.7 Otros Terrenos Húmedos	278.7	0.1	661.0	0.2	371.7	0.1	371.0	0.1
	Total Uso	**5443.9**	**1.6**	**6090.9**	**1.8**	**5934.8**	**1.8**	**5853.2**	**1.7**
6 Áreas Sin Vegetación	6.7 Otros Terrenos Sin Vegetación	7.0	0.0	7.0	0.0	1.4	0.0	1.4	0.0
	6.8 Cajas de Ríos	45.9	0.0	8.6	0.0	36.3	0.0	35.5	0.0
	Total Uso	**52.9**	**0.0**	**15.6**	**0.0**	**37.7**	**0.0**	**36.9**	**0.0**
8 Cuerpos de Agua	8.2 Ríos	2836.9	0.8	2881.5	0.9	2870.2	0.9	2870.2	0.9
	8.3 Lago-Laguna-Embalse-Tranque	66.8	0.0	115.1	0.0	162.9	0.0	165.5	0.0
	Total Uso	**2903.7**	**0.9**	**2996.6**	**0.9**	**3033.1**	**0.9**	**3035.7**	**0.9**

La Figura 4.12.29 presenta las superficies que ocupan cada uso en 1961, 1990, 2006 y 2014.

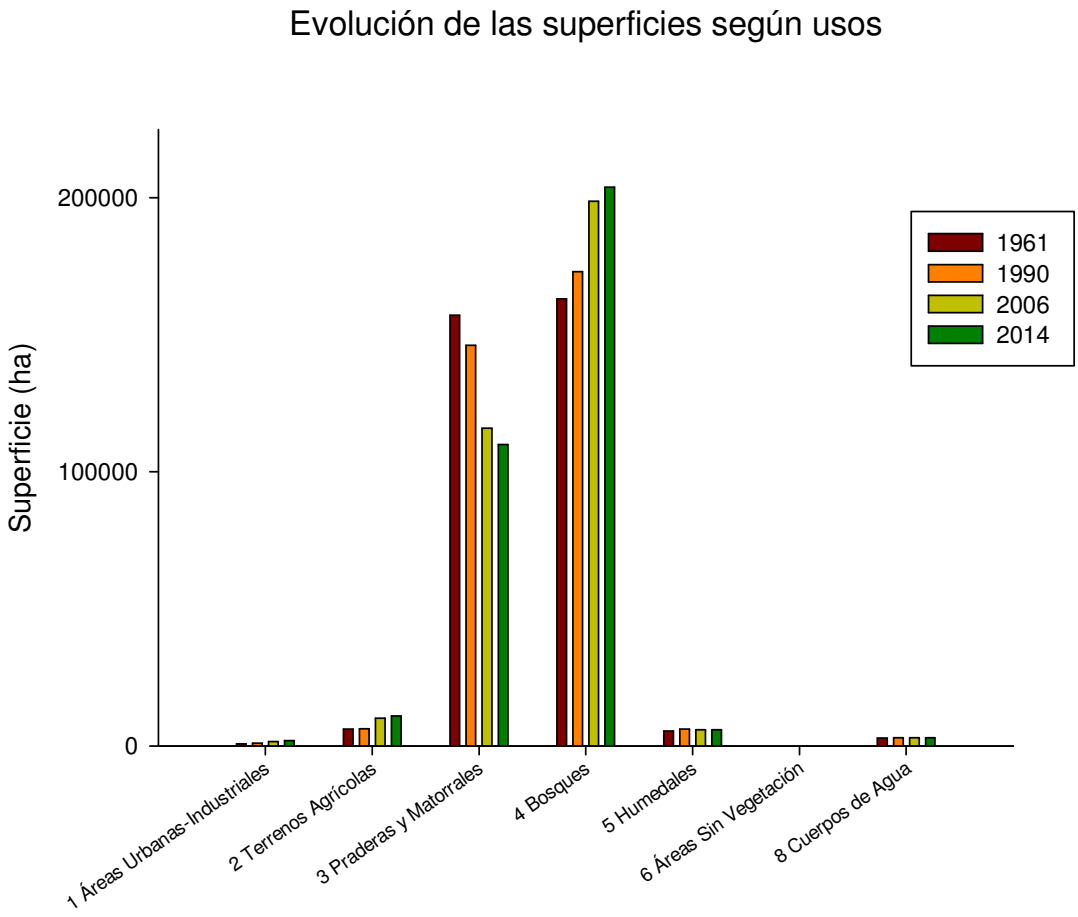


Figura 4.12.29. Superficie según usos entre los años 1961 y 2014.

Como se mencionó anteriormente, los "Bosques" y "Praderas y Matorrales" son los usos más representativos, los cuales han evolucionado en forma diferente entre los años 1961 y 2014. En cuanto a las zonas de "Bosques", han aumentado de 163.000 ha. en 1961 a más de 203.000 ha. al 2014, siendo el subuso "Plantación" el que incrementó considerablemente su superficie. Las zonas de "Praderas y Matorrales" han presentado una evolución inversa pasando de 157.000 ha. a 110.000 ha. al 2014.

Los “Terrenos Agrícolas” que ocupaban 6.100 ha. en 1961 han aumentado a 10.800 ha. en 2014. En relación a los otros usos de la tierra, no han ocurrido cambios significativos en este lapso de tiempo.

La Figura 4.12.30 presenta el detalle de la superficie según el uso “Praderas y Matorrales”.

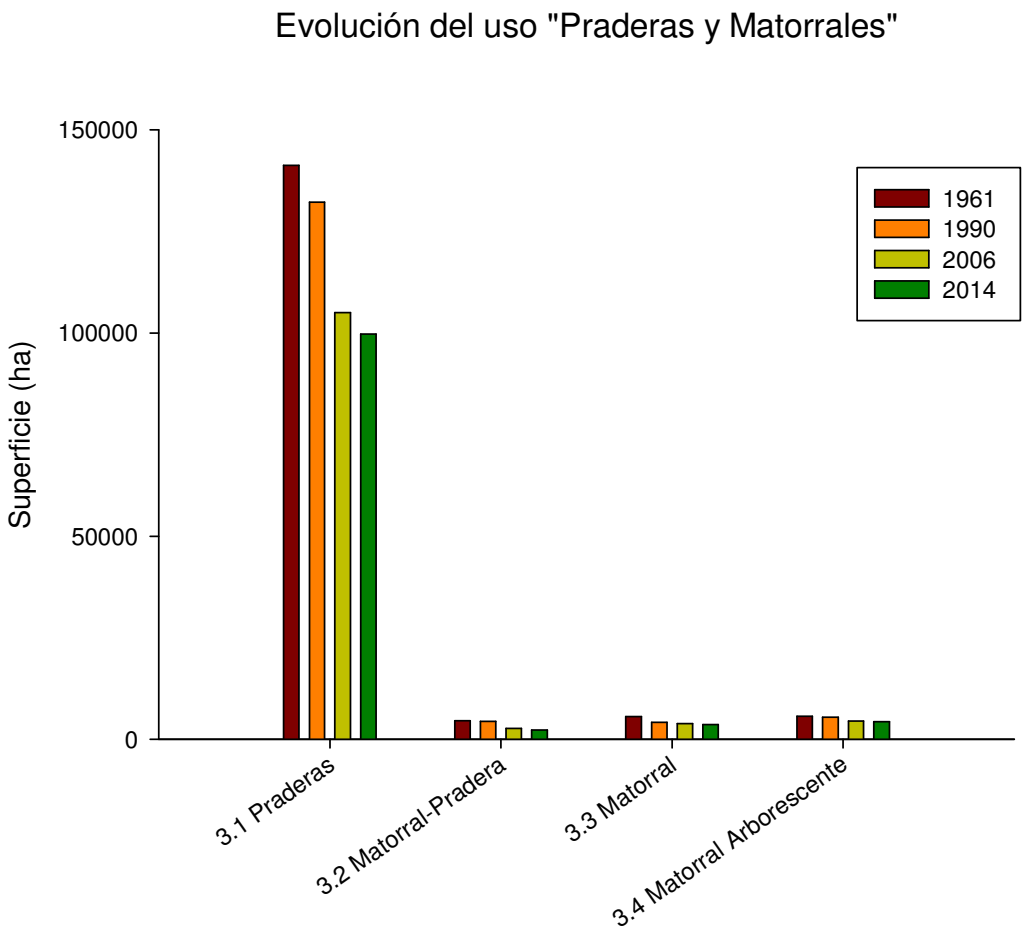


Figura 4.12.30. Superficie de “Praderas y Matorrales” por subusos entre los años 1961 y 2014.

Al observar de forma más precisa el uso “Praderas y Matorrales”, se puede obsevar que son principalmente los subusos “Praderas” los que han disminuido su superficie. En detalle, las “Praderas Perennes” han perdido 42.000 ha., mientras las “Praderas Anuales”

han perdido 8 ha. Los subusos “Matorral-Praderas”, “Matorrales” y “Matorral Arborescentes” en tanto han presentado una leve disminución.

La Figura 4.12.31 presenta el detalle de la superficie para el uso “Bosques”.

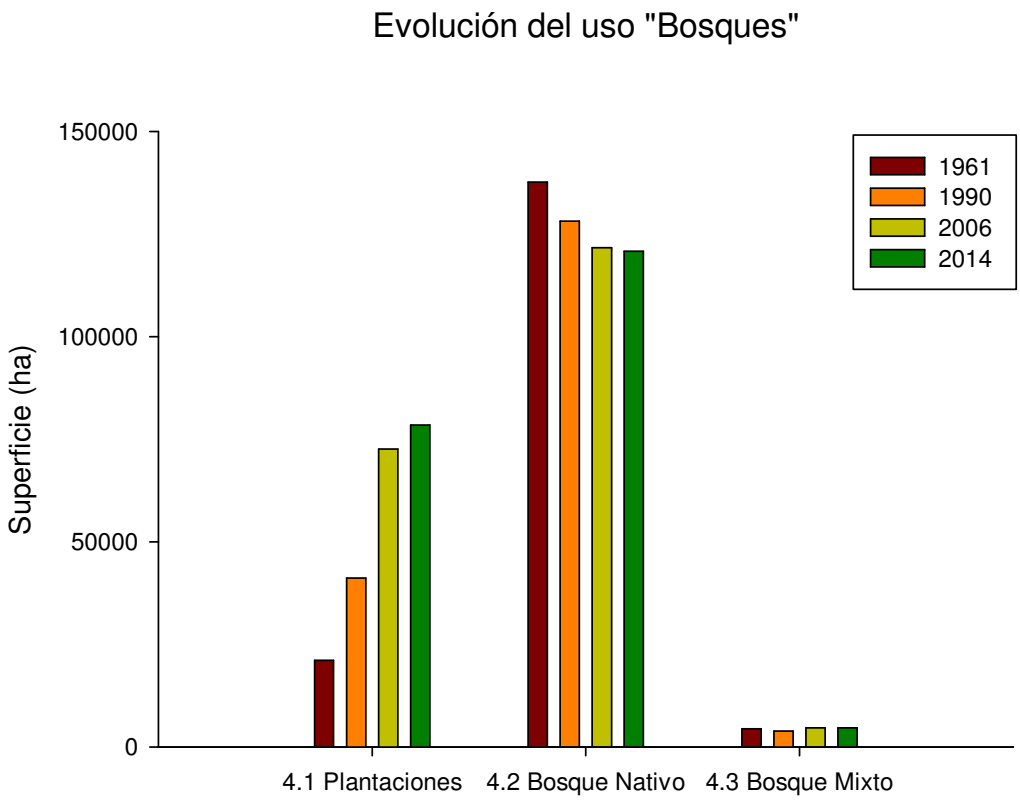


Figura 4.12.31. Superficie de “Bosques” según subusos entre los años 1961 y 2014.

En el periodo estudiado los “Bosques” han aumentado su superficie, pero si se observan los datos a nivel de subusos es posible notar que ha sido principalmente el subuso “Plantación” el que ha mostrado el mayor aumento en superficie, aumentando en más de 57.000 ha., mientras que el subuso “Bosque Nativo” ha perdido 16.000 ha. entre 1961 y 2014. En detalle, los “Renovales” han perdido 15.000 ha. mientras que los “Bosques Nativos Adultos”, “Bosques Nativos Adulto-Renoval” y “Bosques Achaparrados” se han mantenido (Fig. 4.12.31).

4.12.4.3.3. Matrices de comparación entre periodos

Las matrices de comparación presentan las superficies y tasas de cambio entre 1961 y 2014 (Tabla 4.12.51). La cartografía detallada de cambios por usos entre 1961-2014 esta presentada en el Anexo 4 y la cartografía de los cambios en el último periodo de estudio (2006-2014) esta presentada en el Anexo 5.

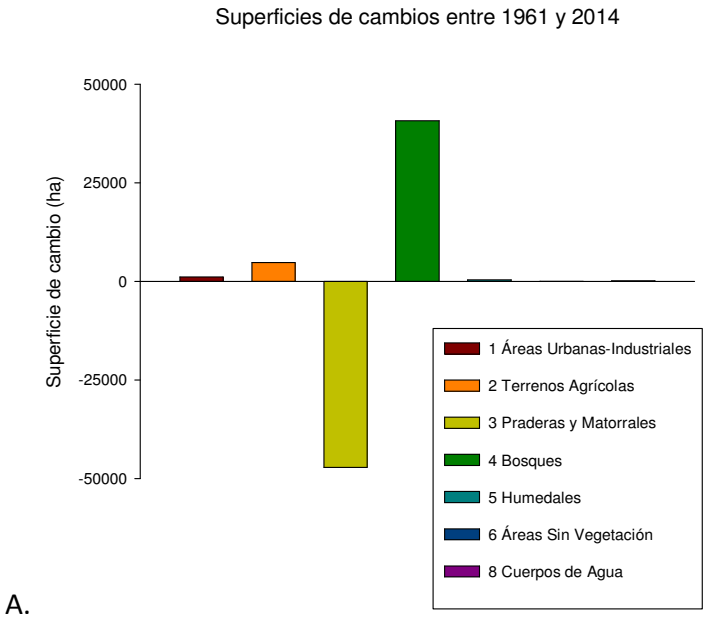
Tabla 4.12.51. Cambio de uso de la tierra entre los años 1961 y 2014

Usos y subusos de la Tierra	1961 (ha)	2014 (ha)	Superficie de cambio (ha)	% de cambio
1 Áreas Urbanas-Industriales	816.40	1913.50	1097.10	134.38
2 Terrenos Agrícolas	6139.30	10879.60	4740.30	77.21
3 Praderas y Matorrales	157123.40	110002.30	-47121.10	-29.99
4 Bosques	163095.90	203854.30	40758.40	24.99
5 Humedales	5443.90	5853.20	409.30	7.52
6 Áreas Sin Vegetación	52.90	36.90	-16.00	-30.25
8 Cuerpos de Agua	2903.70	3035.70	132.00	4.55

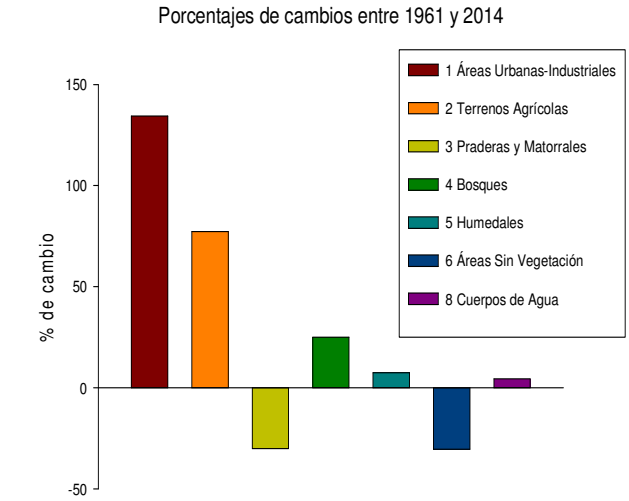
La Figura 4.12.32 presenta el detalle de las superficies y tasas de cambio durante el periodo estudiado. Al observar las matrices de transferencia entre periodos, se nota que el uso “Praderas y Matorrales” ha sido el que perdió mayor superficie, en contraste con el uso “Bosques” que ha aumentado en 40.759 ha.

Porcentualmente, los usos que han tenido el mayor aumento son las “Áreas Urbanas-Industriales” y “Terrenos Agrícolas” con 134% y 77% respectivamente.

La variación de un 7% en los usos “Humedales” y “Cuerpos de Agua” se ha podido explicar por la mejora en la calidad de las imágenes y por ende, de la fotointerpretación.



A.



B.

Figura 4.12.32. Superficies (A) y porcentajes (B) de cambio según uso entre los años 1961 y 2014.

La Figura 4.12.33 presenta el detalle de las tasas de cambio durante cada periodo estudiado.

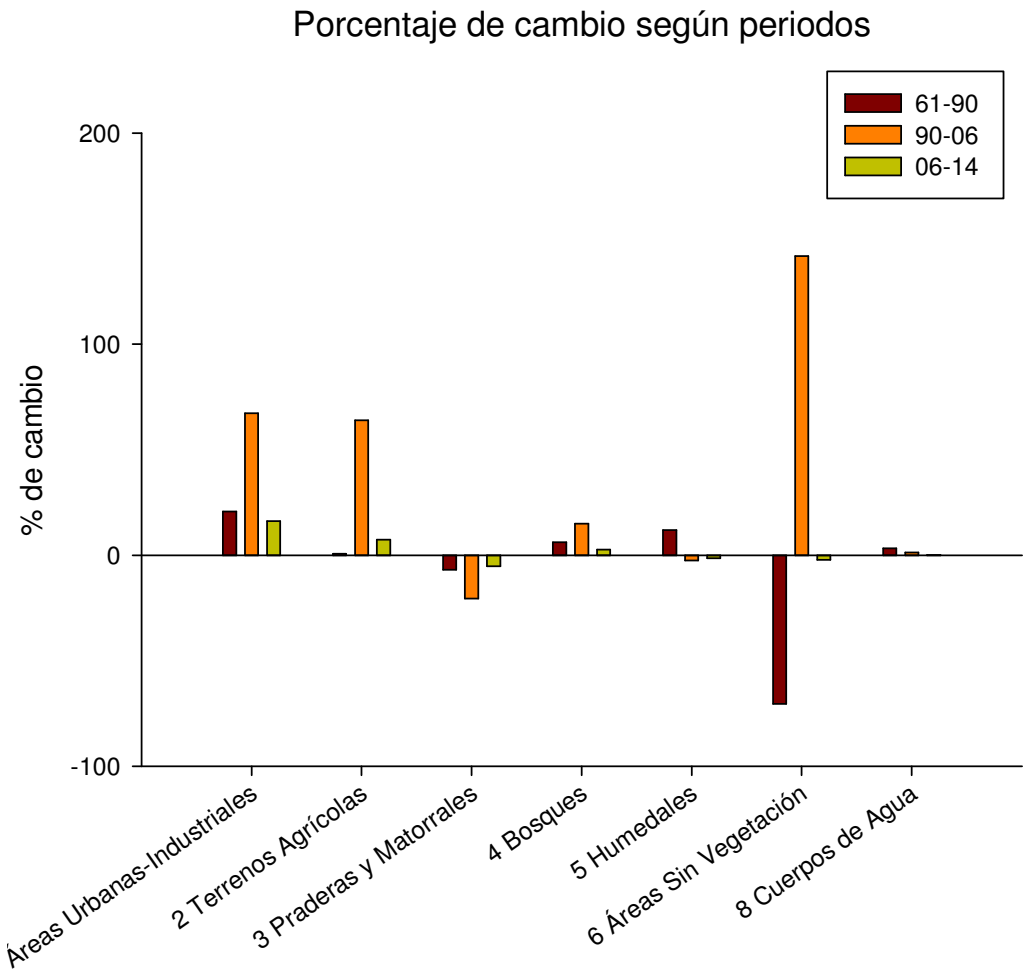


Figura 4.12.33. Tasas de cambio según uso en los periodos 61-90, 90-06, 06-14.

Al observar el porcentaje de cambio entre periodos (de 1961 a 1990, de 1990 a 2006 y de 2006 a 2014) se han destacado 2 situaciones, las "Áreas Urbanas-Industriales" y los "Terrenos Agrícolas", los cuales han reflejado un importante aumento entre 1990 y 2006. El uso "Áreas Sin Vegetación" ha mostrado tanto pérdidas como ganancias proporcionalmente importantes, cuya causa puede ser atribuida a una mejora en la fotointerpretación. La Figura 4.12.34 presenta el detalle de las superficies de cambio durante cada periodo estudiado.

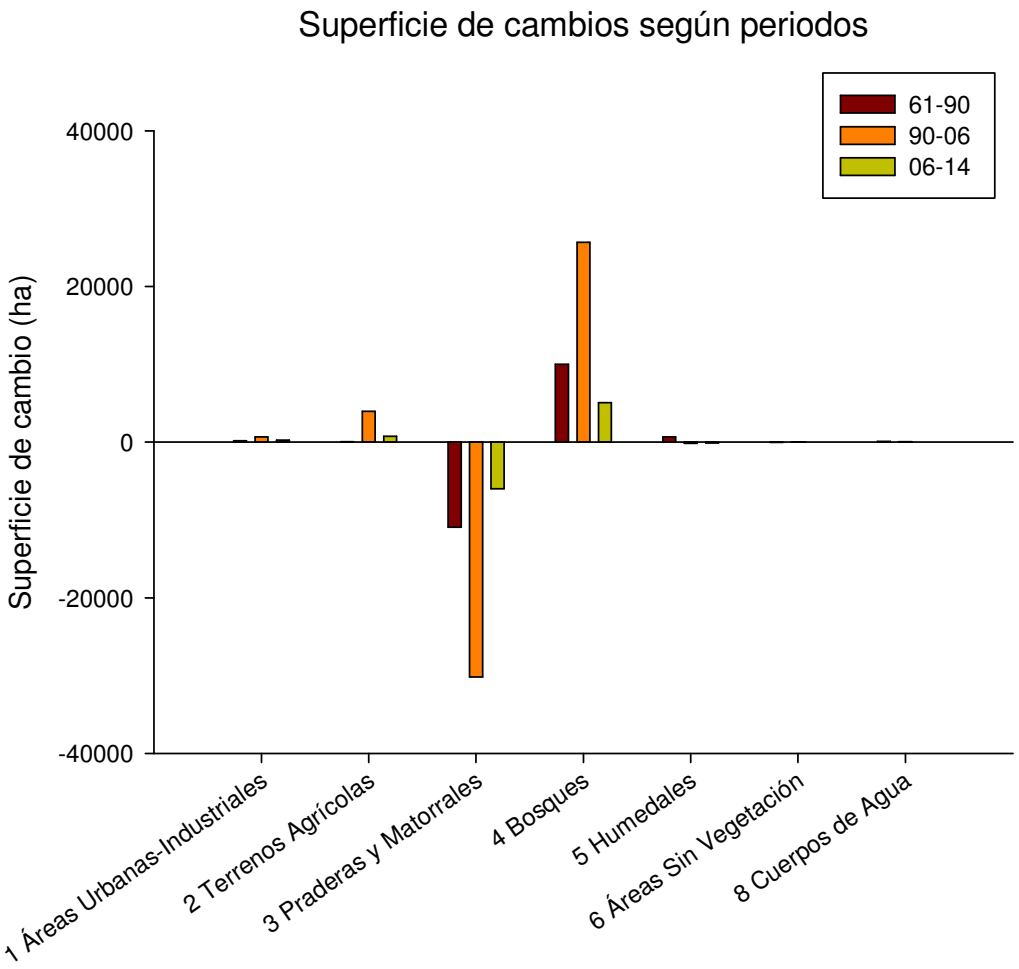


Figura 4.12.34. Superficies de cambio según uso en los periodos 61-90, 90-06, 06-14.

Conjuntamente, entre los años 1990 y 2006, se ha presentado la mayor disminución en las "Praderas y Matorrales" y el mayor aumento de superficie en el uso "Bosques".

4.12.4.3.4. Matrices de transferencia entre periodo

Las matrices de transferencia permiten detallar las superficies que se mantuvieron o cambiaron por usos (Tabla 4.12.52).

Tabla 4.12.52. Matriz de transferencia entre los años 1961 y 2014.

Usos de la tierra	2014							
1961	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**8**	**Total**
1 Áreas Urbanas-Industriales	816.4	0	0	0	0	0	0	**816.4**
2 Terrenos Agrícolas	86.5	4522	266.7	1263.3	0	0	0.8	**6139.3**
3 Praderas y Matorrales	981.4	6002.9	105574	43962	517.5	27.4	58.2	**157123.4**
4 Bosques	21	322.4	3982.6	158558	165.5	0.6	46.1	**163095.9**
5 Humedales	0	32.3	179	63.5	5167.3	0	1.8	**5443.9**
6 Áreas Sin Vegetación	0	0	0	5.6	0	5.1	42.2	**52.9**
8 Cuerpos de Agua	8.2	0	0	2.2	2.9	3.8	2886.6	**2903.7**
Total	**1913.5**	**10879.6**	**110002**	**203854**	**5853.2**	**36.9**	**3035.7**	**335575.5**

Nota: En las celdas grises aparecen las superficies de usos que no cambiaron entre 1961 y 2014.

Entre 1961 y 2014, dentro de las “transferencias” entre usos se puede observar que:

> 43.962 ha. de “Praderas y Matorrales” han pasado al uso “Bosques”.

> 6.002 ha. de “Praderas y Matorrales” han pasado a ser “Terrenos agrícolas”.

> 3.982 ha. que era “Bosques” en 1961 han pasado a ser “Praderas y Matorrales”.> 1.263 ha. de “Terrenos Agrícolas” han pasado a ser “Bosques”.

4.12.4.3.5. Indicadores de paisaje

Los indicadores de paisaje son múltiples, la Tabla 4.12.53 detalla la fragmentación del área de estudio por año según la superficie de los polígonos.

Tabla 4.12.53. Fragmentación de la tierra por año.

1961			
Clases superficies (ha)	**Cantidad de polígonos**	**Superficie acumulada (ha)**	**Tamaño medio (ha)**
0 a 5	4179	7775.3	1.9
5 a 10	1005	7212.2	7.2
10 a 15	520	6381.3	12.3
15 a 20	282	4862.9	17.2
20 a 50	678	21085.1	31.1
50 a 100	297	20895.6	70.4
100 a 500	281	54620.4	194.4
500 a 1000	41	28048.9	684.1
1000 a 5000	35	75526.7	2157.9
5000 a 10000	6	38922.1	6487.0
Más de10000	3	70247.5	23415.8

1990			
Clases superficies (ha)	**Cantidad de polígonos**	**Superficie acumulada (ha)**	**Tamaño medio (ha)**
0 a 5	4806	8961.5	1.9
5 a 10	1137	8136.5	7.2
10 a 15	594	7259	12.2
15 a 20	340	5900	17.4
20 a 50	775	24098.3	31.1
50 a 100	356	25062.4	70.4
100 a 500	314	62518.6	199.1
500 a 1000	44	31797.1	722.7
1000 a 5000	30	72698.7	2423.3
5000 a 10000	4	27227	6806.8
Más de 10000	3	61853.4	20617.8

2006			
Clases superficies (ha)	**Cantidad de polígonos**	**Superficie acumulada (ha)**	**Tamaño medio (ha)**
0 a 5	5973	11105.7	1.9
5 a 10	1416	10116.7	7.1
10 a 15	688	8401.0	12.2
15 a 20	395	6846.2	17.3
20 a 50	895	27875.9	31.1
50 a 100	369	26174.9	70.9
100 a 500	370	75307.2	203.5
500 a 1000	52	35135.4	675.7
1000 a 5000	34	67209.4	1976.7
5000 a 10000	6	40892.3	6815.4
Más de 10000	1	26509.5	26509.5

2014			
Clases superficies (ha)	**Cantidad de polígonos**	**Superficie acumulada (ha)**	**Tamaño medio (ha)**
0 a 5	6725	12464.0	1.9
5 a 10	1509	10775.8	7.1
10 a 15	728	8888.8	12.2
15 a 20	415	7218.6	17.4
20 a 50	960	30018.7	31.3
50 a 100	385	27776.8	72.1
100 a 500	370	75188.6	203.2
500 a 1000	46	30774.6	669.0
1000 a 5000	38	74048.6	1948.6
5000 a 10000	6	40063.3	6677.2
Más de 10000	1.0	18356.3	18356.3

La cantidad de polígonos con superficie pequeña, ha aumentado considerablemente durante el periodo estudiado. En 1961, 4.179 polígonos tenían una superficie de 0 a 5 ha., los cuales se han incrementado a 6.725 polígonos en el año 2014. La superficie acumulada de estas pequeñas parcelas ha pasado de 7.775 ha. en 1961 a 12.464 ha. en 2014. Los polígonos de superficie más grande (superiores a 10.000 ha.) han decrecido de casi 70.250 ha. en 1961 a 18.356 ha. en 2014.

De forma más general, se puede observar que la zona de estudio ha estado fragmentándose, ya que en el año 1961 la cantidad de polígonos totales en la zona era de 7.327, mientras que en el año 2014 ha aumentado a 11.183[15].

[15] Las superficies totales de la zona de estudio no corresponden a las superficies calculadas anteriormente. Esto se debe a que se disolvió la cobertura para obtener la fragmentación de la zona de estudio por año lo que genera una variación de la superficie final.

4.12.4.3.6. Detalle según los usos de la tierra

a) Áreas Urbanas-Industriales

La Tabla 4.12.54 presenta el detalle de la superficie ocupada por el uso "Áreas Urbanas-Industriales" en el año 2014.

Tabla 4.12.54. Balance uso "Áreas Urbanas-Industriales" en 2014

Subusos de la Tierra	Superficie (ha)	%
1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas Indus.	1637.2	85.6
1.2 Minería Industrial	276.3	14.4
Total Uso	**1913.5**	**100**

En 2014, la mayor superficie de tierra ocupada por este uso ha correspondido al subuso "Ciudades-Pueblos-Zonas Industriales" (85%) mientras que el subuso "Minería Industrial" ha ocupado el 15% restante.

La Figura 4.12.35 presenta los sectores de la cuenca del HRC donde se ubica el uso "Áreas Urbanas-Industriales".

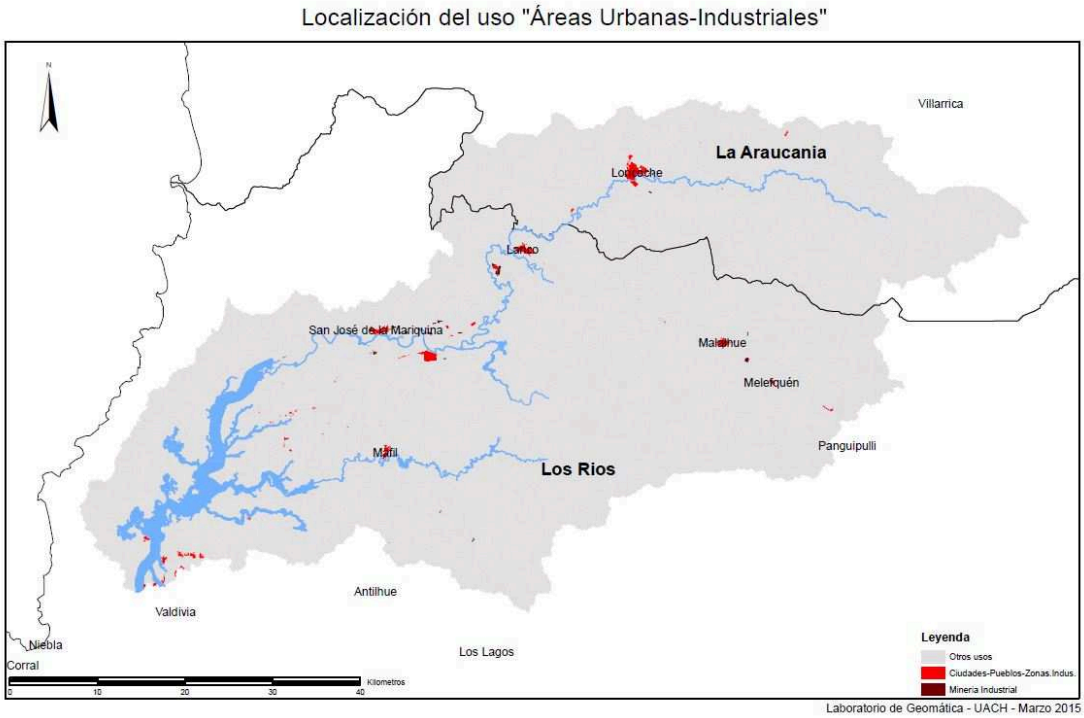


Figura 4.12.35. Ubicación geográfica del uso "Áreas Urbanas-Industriales" en 2014.

Las principales "Áreas Urbanas-Industriales" se encuentran ubicadas en los centros urbanos de Valdivia, San José de la Mariquina, Loncoche, Máfil, Lanco, Malalhue; los que se ubican próximos al humedal o en la ribera de los ríos que lo tributan.

La Tabla 4.12.55 presenta el detalle de las superficies ocupadas por el uso "Áreas Urbanas-Industriales" entre 1961 y 2014.

Tabla 4.12.55. Evolución del uso "Áreas Urbanas-Industriales"entre 1961 y 2014.

Subuso de la tierra	1961		1990		2006		2014	
	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%
1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas.Indus.	778.7	95.4	947.3	96.2	1421.9	86.3	1637.2	85.6
1.2 Minería Industrial	37.7	4.6	37.7	3.8	225.3	13.7	276.3	14.4
	816.4	**100.0**	**985.0**	**100.0**	**1647.2**	**100.0**	**1913.5**	**100.0**

El subuso "Ciudades-Pueblos-Zonas Industriales" ha ocupado la mayor superficie en el periodo estudiado. Sin embargo, se ha observado una disminución de su porcentaje

entre 1961 y 2014, de 95% en 1961 pasa a 85% en 2014. Paralelamente el subuso "Minería Industrial" ha aumentado de 5% a 14% en 2014.

b) Terrenos Agrícolas

La Tabla 4.12.56 presenta el detalle de las superficies ocupadas por el uso "Terrenos Agrícolas" en el año 2014.

Tabla 4.12.56. Balance uso "Terrenos Agrícolas" en 2014

Subusos de la Tierra	Superficie (ha)	%
2.1 Terrenos de Uso Agrícola	3153.1	29.0
2.2 Rotación Cultivo-Pradera	7726.5	71.0
Total Uso	**10879.6**	**100.0**

En 2014, el subuso "Rotación Cultivo-Pradera" ocupa el 71% de la superficie mientras que los "Terrenos de Uso Agrícola" ocupan el 29% restante. En la Figura 4.12.36 se presenta la distribución del uso "Terrenos Agrícolas" en el sector de estudio.

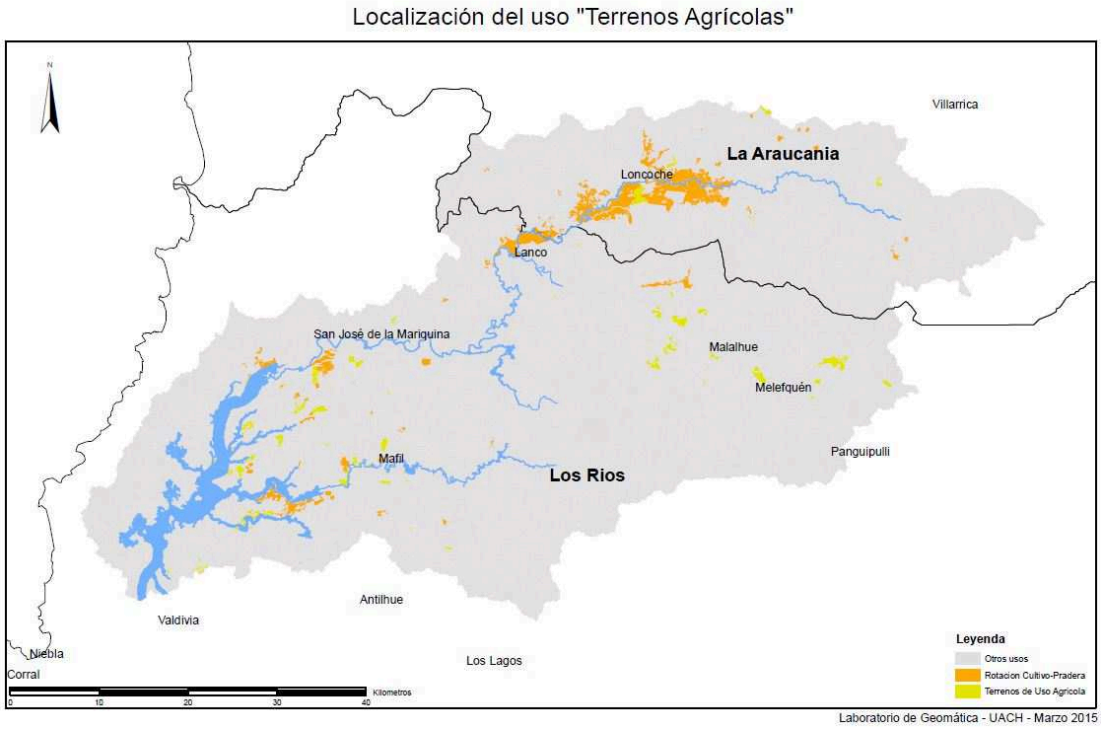


Figura 4.12.36. Ubicación geográfica del uso "Terrenos Agrícolas" en 2014.

Una parte importante del subuso “Rotación Cultivo-Pradera” se sitúa en las proximidades de los centros urbanos de Lanco y Loncoche. De forma general, se observa que este subuso se encuentra cerca de los cursos de agua. El segundo subuso, “Terrenos de Uso Agrícola”, se encuentra más disperso en toda la cuenca del HRC.

La Tabla 4.12.57 presenta el detalle de las superficies ocupadas por el uso “Terrenos Agrícolas” entre 1961 y 2014.

Tabla 4.12.57. Evolución del uso “Terrenos Agrícolas” entre 1961 y 2014.

Subuso de la tierra	1961		1990		2006		2014	
	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%
2.1 Terrenos de Uso Agrícola	1632.8	26.6	1666.2	26.9	2326.6	22.9	3153.1	29.0
2.2 Rotación Cultivo-Pradera	4506.5	73.4	4519.0	73.1	7814.5	77.1	7726.5	71.0
	6139.3	**100.0**	**6185.2**	**100.0**	**10141.1**	**100.0**	**10879.6**	**100.0**

Durante el periodo estudiado, las superficies de “Terrenos de Uso Agrícola” y “Rotación Cultivo-Pradera” han ido aumentando regularmente (casi duplicación de la superficie ocupada entre 1961 y 2014). Sin embargo, no se han notado cambios significativos en las proporciones de superficies ocupadas por estos subusos.

c) Praderas y Matorrales

La Tabla 4.12.58 presenta el detalle de las superficies ocupadas por el uso “Praderas y Matorrales” en el año 2014.

Tabla 4.12.58. Balance uso “Praderas y Matorrales” en 2014.

Subusos de la Tierra	Superficie (ha)	%
3.1 Praderas		
3.1.3 Praderas Anuales	129.3	0.1
3.1.4 Praderas Perennes	99589.0	90.5
3.2 Matorral-Pradera	2318.1	2.1
3.3 Matorral	3659.8	3.3
3.4 Matorral Arborescente	4306.1	3.9
Total Uso	**110002.3**	**100.0**

Destaca en la Tabla 4.12.58 la proporción de tierra ocupada por el subuso “Praderas Perennes” (90.5%) mientras que los otros subusos ocupan entre 0.1 y 4% de la superficie. En la Figura 4.12.37 se observa la repartición del uso “Praderas y Matorrales”.

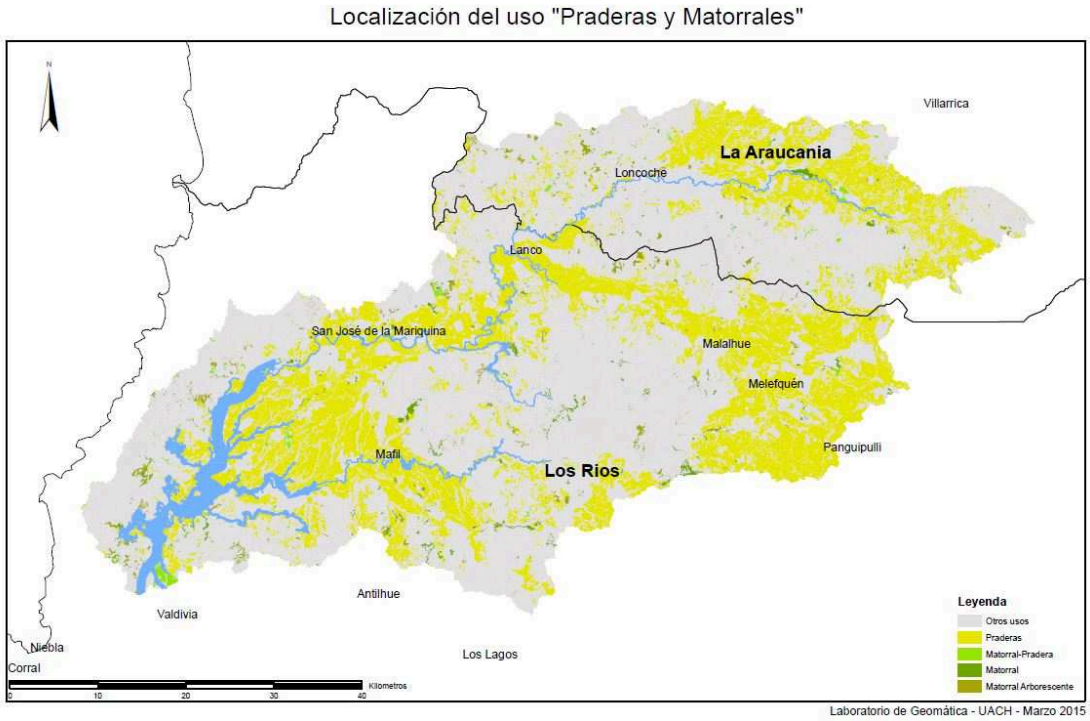


Figura 4.12.37. Ubicación geográfica del uso “Praderas y Matorrales” en 2014.

Las praderas se encuentran repartidas en los sectores de menor altitud, en las planicies del HRC. Los otros subusos, menores, están diseminados en la totalidad de la zona de estudio. La Tabla 4.12.59 presenta el detalle de las superficies ocupadas por el uso “Praderas y Matorrales” entre 1961 y 2014.

Tabla 4.12.59. Evolución del uso "Praderas y Matorrales" entre 1961 y 2014.

Subuso de la tierra	1961		1990		2006		2014	
	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%
3.1 Praderas								
3.1.3 Praderas Anuales	137.3	0.1	137.3	0.1	136.0	0.1	129.3	0.1
3.1.4 Praderas Perennes	141105.3	89.8	132058.1	90.3	104864.9	90.4	99589.0	90.5
3.2 Matorral-Pradera	4549.6	2.9	4388.1	3.0	2692.6	2.3	2318.1	2.1
3.3 Matorral	5627.5	3.6	4173.6	2.9	3850.1	3.3	3659.8	3.3
3.4 Matorral Arborescente	5703.7	3.6	5446.3	3.7	4470.3	3.9	4306.1	3.9
	157123.4	**100.0**	**146203.4**	**100.0**	**116013.9**	**100.0**	**110002.3**	**100.0**

Durante el periodo estudiado, las superficies de "Praderas y Matorrales" han ido decreciendo regularmente (entre 1961 y 2014 se ha perdido un total de casi 50.000 ha.). Sin embargo, al igual que el uso "Terrenos Agrícolas", no se han notado cambios significativos en las proporciones de superficies ocupadas por cada subusos.

d) Bosques

La Tabla 4.12.60 presenta el detalle de las superficies ocupadas por el uso "Bosques" en el año 2014.

Tabla 4.12.60. Balance uso "Bosques" en 2014.

Subusos de la Tierra	Superficie (ha)	%
4.1 Plantaciones		
4.1.1 Plantación	63920.5	31.4
4.1.2 Planta.Joven-Recién Cosechada	14384.2	7.1
4.1.3 Bosques Exóticas Asilvestradas	173.5	0.1
4.2 Bosque Nativo		
4.2.1 Bosque Nativo Adulto	16872.5	8.3
4.2.2 Renoval	90768.4	44.5
4.2.3 Bosque Nativo Adulto-Renoval	12613.0	6.2
4.2.4 Bosques Achaparrados	492.8	0.2
4.3 Bosque Mixto		
4.3.1 Bosque Nativo-Plantación	3180.0	1.6
4.3.2 B.Nat.-Exóticas Asilvestradas	1449.4	0.7
Total Uso	**203854.3**	**100.0**

Los subusos “Renoval” y “Plantación Adulta” ocupan el 75% de la superficie ocupada por el uso (respectivamente 44% y 31%). Los subusos que siguen según orden de importancia son los “Bosque Nativo Adulto”, “Plantación Joven Recién Cosechada” y “Bosque Nativo Adulto-Renoval” los cuales ocupan un 8%, 7% y 6% respectivamente. En la Figura 4.12.38 se presenta la ubicación del uso “Bosque” en el área de estudio.

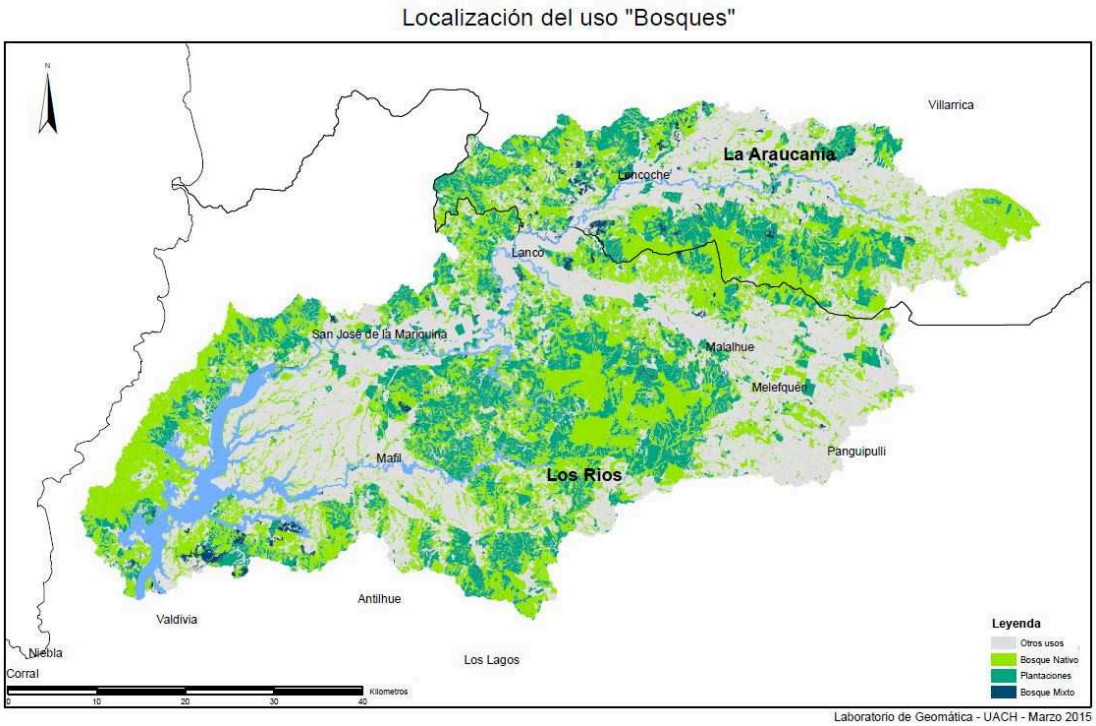


Figura 4.12.38. Ubicación geográfica del uso “Bosques” en 2014

Al observar el mapa, se aprecia una distribución geográfica relativamente homogénea de los subusos del uso Bosque en la cuenca. Se puede apreciar que los subusos “Bosque Nativo”, “Plantaciones” y “Bosque Mixto” se encuentran en las zonas más altas de la cuenca, sin embargo son los “Bosques Nativos” los que se encuentran en las superficies con mayor altura mientras que las “Plantaciones” se ubican en las bases de los cerros de la cuenca. La Tabla 4.12.61 presenta el detalle de las superficies ocupadas por el uso “Bosques” en el año 2014.

El subuso “Plantación” ha mostrado un aumento importante durante el periodo estudiado. En detalle se aprecia que han sido las “Plantaciones Adultas” las que han aumentado (de 5% en 1961 han pasado a 31% en 2014) mientras que el uso “Plantación Joven-Recién Cosechada” y “Bosques Exóticas” se han mantenido. El subuso “Bosque Nativo” ha mostrado una disminución durante el mismo periodo, siendo los subusos renovales los más perjudicados. En relación al subuso “Bosque Mixto”, se puede decir que no ha presentado cambios notables y mantiene su proporción durante el mismo periodo.

Tabla 4.12.61. Evolución del uso “Bosques” entre 1961 y 2014

Subuso de la tierra	1961		1990		2006		2014	
	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%
4.1 Plantaciones								
4.1.1 Plantación	8684.7	5.3	20452.2	11.8	58176.9	29.3	63920.5	31.4
4.1.2 Planta Joven-Recién Cosechada	12287.6	7.5	20567.9	11.9	14204.9	7.1	14384.2	7.1
4.1.3 Bosques Exóticas Asilvestradas	74.5	0.0	115.1	0.1	149.3	0.1	173.5	0.1
4.2 Bosque Nativo								
4.2.1 Bosque Nativo Adulto	17325.2	10.6	16941.6	9.8	17132.8	8.6	16872.5	8.3
4.2.2 Renoval	105508.9	64.7	97028.1	56.1	91226.2	45.9	90768.4	44.5
4.2.3 Bosque Nativo Adulto-Renoval	14195.2	8.7	13617.5	7.9	12784.8	6.4	12613.0	6.2
4.2.4 Bosques Achaparrados	593.9	0.4	558.4	0.3	505.4	0.3	492.8	0.2
4.3 Bosque Mixto								
4.3.1 Bosque Nativo-Plantación	2581.0	1.6	2400.2	1.4	3211.7	1.6	3180.0	1.6
4.3.2 B.Nat.-Exóticas Asilvestradas	1844.9	1.1	1417.8	0.8	1375.7	0.7	1449.4	0.7
	163095.9	**100.0**	**173098.8**	**100.0**	**198767.7**	**100.0**	**203854.3**	**100.0**

e) Humedales, Áreas sin Vegetación y Cuerpos de Agua

La Tabla 4.12.62 presenta el detalle de las superficies ocupadas por el uso “Humedales”, “Áreas Sin Vegetación” y “Cuerpos de Agua” en el año 2014.

Tabla 4.12.62. Balance uso “Humedales”, “Áreas Sin Vegetación” y “Cuerpos de Agua” en 2014

Subusos de la Tierra	Superficie (ha)	%
Humedales		
5.1 Vegetación Herbácea en Orilla	1711.7	29.2
5.2 Marismas Herbáceas	396.5	6.8
5.3 Ñadis Herbáceos y Arbustivos	2853.1	48.7
5.6 Vegas	520.9	8.9
5.7 Otros Terrenos Húmedos	371.0	6.3
Total Uso	**5853.2**	**100.0**
Áreas sin Vegetación		
6.7 Otros Terrenos Sin Vegetación	1.4	3.8
6.8 Cajas de Ríos	35.5	96.2
Total Uso	**36.9**	**100.0**
Cuerpos de Agua		
8.2 Ríos	2870.2	94.5
8.3 Lago-Laguna-Embalse-Tranque	165.5	5.5
Total Uso	**3035.7**	**100.0**

Humedales

El subuso más representativo en la zona de estudio es el de “Ñadis Herbáceos y Arbustivos” (49%), seguido por el “Vegetación Herbácea en Orilla de Río” (29%). Los subusos “Marismas Herbáceas”, “Vegas” y “Otros Terrenos Húmedos” representan más de un 20% de la superficie del uso.

Áreas sin Vegetación

Las áreas sin vegetación son principalmente “Cajas de Ríos” (96%). Los “Otros Terrenos Sin Vegetación” representan menos del 4% restante.

Cuerpos de Agua

Los “Ríos” representan la mayor parte del uso “Cuerpos de Agua” con más del 94% de la superficie mientras que los “Lagos-Laguna-Embalse-Tranque” representan menos del 6%.

Los “Humedales”, “Áreas Sin Vegetación” y “Cuerpos de Agua” están distribuidos en la totalidad de la zona de estudio, en los ríos tributarios y en el humedal. La Figura 4.12.39 muestra la situación de los usos “Humedales”, “Áreas Sin Vegetación” y “Cuerpos de Agua” en la cuenca del humedal.

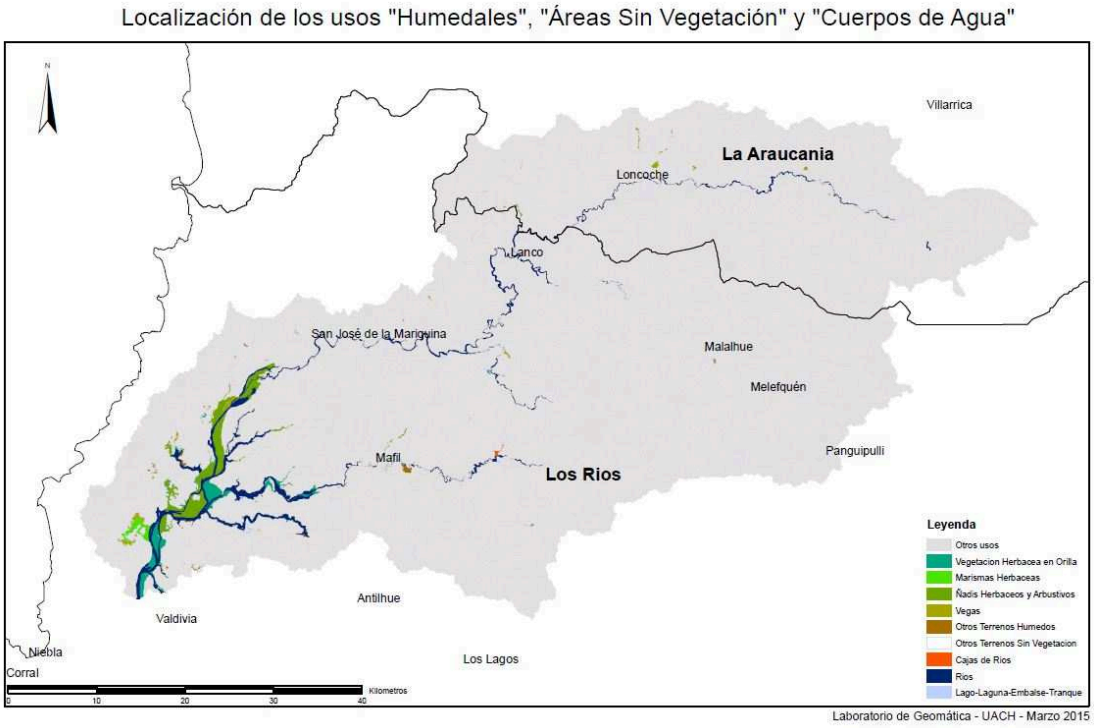


Figura 4.12.39. Ubicación geográfica de los usos “Humedales, Áreas sin Vegetación y Cuerpos de Agua” en 2014.

La Tabla 4.12.63 presenta el detalle de las superficies ocupadas por los usos “Humedales”, “Áreas sin Vegetación” y “Cuerpos de Agua” entre los años 1961 y 2014. En el periodo estudiado, se ha observado poca evolución relacionada con la superficie ocupada por cada subuso.

Tabla 4.12.63. Evolución de los usos “Humedales”, “Áreas sin Vegetación” y “Cuerpos de Agua” entre 1961 y 2014.

Subuso de la tierra	1961		1990		2006		2014	
	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%	Superf. (ha)	%
5.1 Vegetación Herbácea en Orilla	1689.5	31.0	1704.7	28.0	1720.4	29.0	1711.7	29.2
5.2 Marismas Herbáceas	403.9	7.4	404.1	6.6	402.8	6.8	396.5	6.8
5.3 Ñadis Herbáceos y Arbustivos	2827.3	51.9	2983.6	49.0	2892.0	48.7	2853.1	48.7
5.6 Vegas	244.5	4.5	337.5	5.5	547.9	9.2	520.9	8.9
5.7 Otros Terrenos Húmedos	278.7	5.1	661.0	10.9	371.7	6.3	371.0	6.3
	5443.9	**100.0**	**6090.9**	**100.0**	**5934.8**	**100.0**	**5853.2**	**100.0**
6.7 Otros Terrenos Sin Vegetación	7.0	13.2	7.0	44.9	1.4	3.7	1.4	3.8
6.8 Cajas de Ríos	45.9	86.8	8.6	55.1	36.3	96.3	35.5	96.2
	52.9	**100.0**	**15.6**	**100.0**	**37.7**	**100.0**	**36.9**	**100.0**
8.2 Ríos	2836.9	97.7	2881.5	96.2	2870.2	94.6	2870.2	94.5
8.3 Lago-Laguna-Embalse-Tranque	66.8	2.3	115.1	3.8	162.9	5.4	165.5	5.5
	2903.7	**100.0**	**2996.6**	**100.0**	**3033.1**	**100.0**	**3035.7**	**100.0**

4.12.4.3.7. Detalle en la zona de influencia del humedal y sus ríos tributarios

Para estudiar de forma más detallada los usos en la cercanía del humedal y sus ríos tributarios, se generó una cobertura de información que contiene los usos de la tierra ubicados a una distancia de 1 kilómetro de los usos “Humedales” y “Cursos de Agua”. Esta zona de influencia (o zona “Buffer”) representa una superficie total de 65.107,1 ha. La Figura 4.12.40 presenta el área de influencia del HRC.

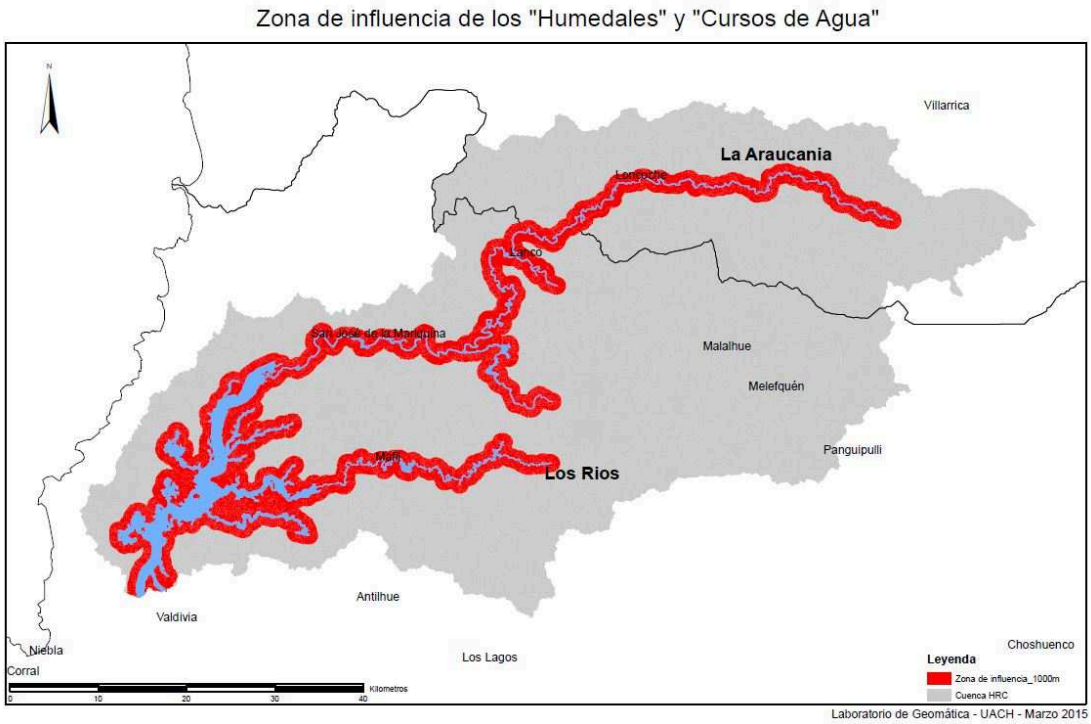


Figura 4.12.40. Ubicación de la zona de influencia del HRC.

a) Superficies actuales

La Tabla 4.12.64 presenta el detalle de las superficies ocupadas por cada uso en el año 2014 en la zona “Buffer”.

Tabla 4.12.64. Balance por usos en 2014 en la zona "Buffer".

Usos y subusos de la Tierra		Superficie (ha) 2014	%
1 Áreas Urbanas-Industriales	1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas.Indus.	1022.7	1.6
	1.2 Minería Industrial	154.0	0.2
Total Uso		**1176.7**	**1.8**
2 Terrenos Agrícolas	2.1 Terrenos de Uso Agrícola	945.1	1.5
	2.2 Rotación Cultivo-Pradera	4641.8	7.1
Total Uso		**5586.9**	**8.6**
3 Praderas y Matorrales	3.1 Praderas		
	3.1.4 Praderas Perennes	21760.5	33.4
	3.2 Matorral-Pradera	855.1	1.3
	3.3 Matorral	750.7	1.2
	3.4 Matorral Arborescente	755.6	1.2
Total Uso		**24121.9**	**37.0**
4 Bosques	4.1 Plantaciones		
	4.1.1 Plantación	6798.3	10.4
	4.1.2 Planta Joven-Recién Cosechada	1657.4	2.5
	4.1.3 Bosques Exóticas Asilvestradas	143.8	0.2
	4.2 Bosque Nativo		
	4.2.1 Bosque Nativo Adulto	421.9	0.6
	4.2.2 Renoval	14093.5	21.6
	4.2.3 Bosque Nativo Adulto-Renoval	1192.2	1.8
	4.2.4 Bosques Achaparrados	270.9	0.4
	4.3 Bosque Mixto		
	4.3.1 Bosque Nativo-Plantación	510.4	0.8
	4.3.2 B.Nat.-Exóticas Asilvestradas	611.1	0.9
Total Uso		**25699.5**	**39.5**
5 Humedales	5.1 Vegetación Herbácea en Orilla	1711.7	2.6
	5.2 Marismas Herbáceas	396.5	0.6
	5.3 Ñadis Herbáceos y Arbustivos	2774.3	4.3
	5.6 Vegas	364.7	0.6
	5.7 Otros Terrenos Húmedos	280.0	0.4
Total Uso		**5527.2**	**8.5**
6 Áreas Sin Vegetación	6.7 Otros Terrenos Sin Vegetación	0.0	0.0
	6.8 Cajas de Ríos	35.5	0.1
Total Uso		**35.5**	**0.1**
8 Cuerpos de Agua	8.2 Ríos	2854.4	4.4
	8.3 Lago-Laguna-Embalse-Tranque	105.0	0.2
Total Uso		**2959.4**	**4.5**
	Total Cuenca	**65107.1**	**100.0**

En la zona de influencia de 1 kilómetro, así como en la cuenca completa del HRC, son los usos “Bosques” y “Praderas y Matorrales” los que predominan con un 40% y un 37% de la superficie respectivamente. En cuanto a los “Terrenos Agrícolas” y “Humedales” figuran con un 8% de la superficie cada uno. Los usos “Cuerpos de Agua”, “Áreas Urbanas-Industriales” y “Áreas Sin Vegetación” tienen porcentajes menores a 7% de la superficie.

b) Comparación de los porcentajes entre cuenca completa y zona de influencia

La Tabla 4.12.65 presenta la comparación entre las superficies ocupadas por cada uso para la zona “Buffer” y la cuenca completa del humedal.

Tabla 4.12.65. Comparación por usos en la zona “Buffer” y la cuenca completa del HRC

Usos y subusos de la Tierra	2014 - Superficie (ha)			
	Zona Buffer	%	Cuenca Completa	%
1 Áreas Urbanas-Industriales	1176.7	1.8	1913.5	0.6
2 Terrenos Agrícolas	5586.9	8.6	10879.6	3.2
3 Praderas y Matorrales	24121.9	37.0	110002.3	32.8
4 Bosques	25699.5	39.5	203854.3	60.7
5 Humedales	5527.2	8.5	5853.2	1.7
6 Áreas Sin Vegetación	35.5	0.1	36.9	0.0
8 Cuerpos de Agua	2959.4	4.5	3035.7	0.9
Total	**65107.1**	**100.0**	**335575.5**	**100.0**

Se puede destacar que el uso “Bosques” predomina en ambas zonas de estudio, sin embargo, proporcionalmente tiene un valor más bajo en la zona Buffer que en la cuenca completa del HRC. Por lo tanto, los otros usos (“Praderas y Matorrales”, “Terrenos Agrícolas”, “Humedales”, “Cuerpos de Agua”, “Áreas Urbanas-Industriales” y “Áreas Sin Vegetación”) tienen valores superiores en la zona “Buffer”. La Tabla 4.12.66 analiza el porcentaje de superficie presente en la zona “Buffer” en relación con las superficies de la cuenca completa del HRC.

Tabla 4.12.66. Relación entre las superficies de la zona "Buffer" y las de la cuenca completa del HRC.

	2014 - Superficie (ha)		
Usos y subusos de la Tierra	**Zona Buffer**	**Cuenca Completa**	**%**
1 Áreas Urbanas-Industriales	1176.7	1913.5	61.5
2 Terrenos Agrícolas	5586.9	10879.6	51.4
3 Praderas y Matorrales	24121.9	110002.3	21.9
4 Bosques	25699.5	203854.3	12.6
5 Humedales	5527.2	5853.2	94.4
6 Áreas Sin Vegetación	35.5	36.9	96.2
8 Cuerpos de Agua	2959.4	3035.7	97.5
Total Cuenca	**65107.1**	**335575.5**	**19.4**

Antes de analizar los porcentajes por usos, se debe mencionar que la zona de influencia representa el 20% de la cuenca del HRC. Al observar los porcentajes por usos, y como es de esperar, casi la totalidad de los usos "Humedales", "Cuerpos de Agua" y "Áreas Sin Vegetación" se encuentran en la zona "Buffer", cada uno representa un 95% o más de la superficie en la zona de influencia. Destacan también los usos "Áreas Urbanas-Industriales" y "Terrenos Agrícolas" que representan respectivamente el 61% y 51% de la superficie del uso a escala de la cuenca. El uso "Praderas y Matorrales" figura con un 22%, lo que significa que está representado de manera similar que en el resto de la cuenca. En relación al uso "Bosques" se puede apreciar que esta menos representado en la zona "Buffer" que en la cuenca del humedal (13%).

c) Ubicación geográfica de los usos

La Figura 4.12.41 presenta los usos de la tierra en el área de influencia en 2014.

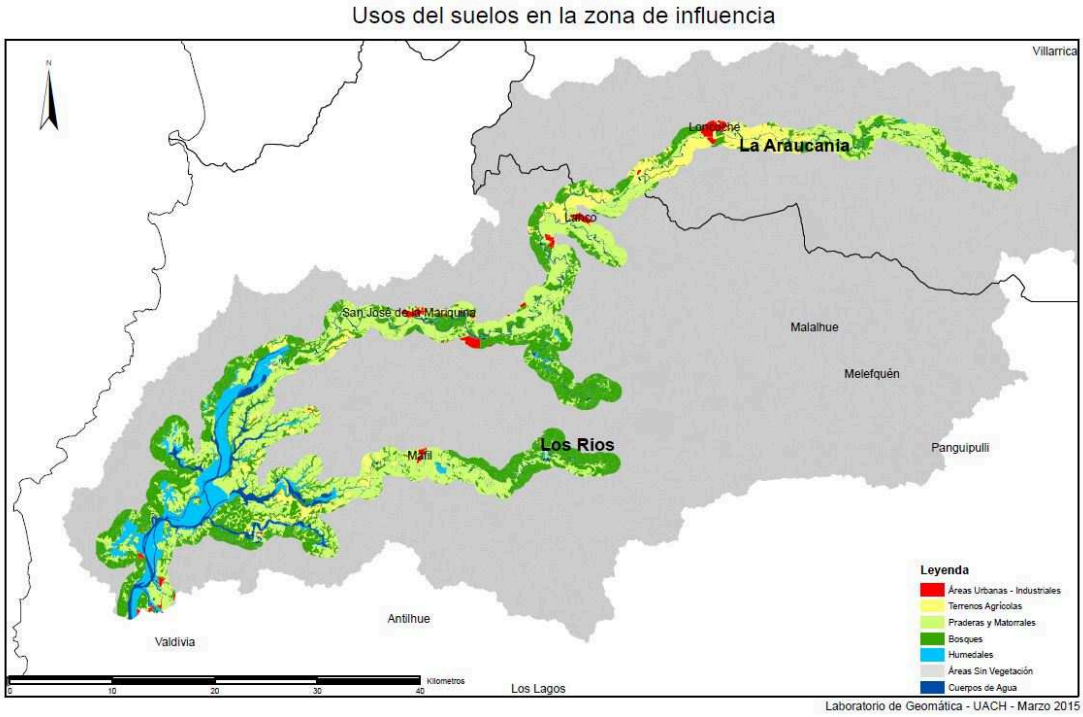


Figura 4.12.41. Ubicación geográfica de los usos de la tierra en el área de influencia del HRC en 2014.

En la ribera del humedal, ubicada en el sector suroeste de la zona Buffer se encuentran mayoritariamente los usos “Bosques” y “Praderas y Matorrales”, mientras que en el sector noreste, en la proximidad de los ríos tributarios del HRC se observa un predominio de los “Terrenos Agrícolas”, por ende, los usos “Bosques” y “Praderas y Matorrales” aparecen en menor cantidad y más dispersos.

d) Superficies históricas 2014-2006-1990-1961

La Tabla 4.12.67 y la Figura 4.12.42 presentan el detalle de las superficies ocupadas por cada uso entre 1961 y 2014 en la zona “Buffer”.

Tabla 4.12.67. Evolución de los usos en la zona "Buffer" entre 1961 y 2014.

Usos y subusos de la Tierra		Superficie (ha)							
		1961		1990		2006		2014	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1 Áreas Urbanas-Industriales	1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas.Indus.	476.4	0.7	562.9	0.9	906.8	1.4	1022.7	1.6
	1.2 Minería Industrial	15.0	0.0	15.0	0.0	110.2	0.2	154.0	0.2
Total Uso		**491.4**	**0.8**	**577.9**	**0.9**	**1017.0**	**1.6**	**1176.7**	**1.8**
2 Terrenos Agrícolas	2.1 Terrenos de Uso Agrícola	603.1	0.9	615.2	0.9	804.9	1.2	945.1	1.5
	2.2 Rotación Cultivo-Pradera	2612.3	4.0	2616.8	4.0	4865.6	7.5	4641.8	7.1
Total Uso		**3215.4**	**4.9**	**3232.0**	**5.0**	**5670.5**	**8.7**	**5586.9**	**8.6**
3 Praderas y Matorrales	3.1 Praderas								
	3.1.4 Praderas Perennes	30917.7	47.5	28429.6	43.7	22278.6	34.2	21760.5	33.4
	3.2 Matorral-Pradera	714.0	1.1	897.2	1.4	891.7	1.4	855.1	1.3
	3.3 Matorral	1132.3	1.7	872.9	1.3	850.3	1.3	750.7	1.2
	3.4 Matorral Arborescente	861.2	1.3	719.1	1.1	741.7	1.1	755.6	1.2
Total Uso		**33625.2**	**51.6**	**30918.8**	**47.5**	**24762.3**	**38.0**	**24121.9**	**37.0**
4 Bosques	4.1 Plantaciones								
	4.1.1 Plantación	193.6	0.3	2320.1	3.6	6248.3	9.6	6798.3	10.4
	4.1.2 Planta Joven-Recién Cosechada	191.0	0.3	1507.2	2.3	1495.0	2.3	1657.4	2.5
	4.1.3 Bosques Exóticas Asilvestradas	74.5	0.1	112.9	0.2	122.3	0.2	143.8	0.2
	4.2 Bosque Nativo								
	4.2.1 Bosque Nativo Adulto	472.0	0.7	441.0	0.7	458.7	0.7	421.9	0.6
	4.2.2 Renoval	16177.4	24.8	14801.0	22.7	14137.6	21.7	14093.5	21.6
	4.2.3 Bosque Nativo Adulto-Renoval	1260.4	1.9	1354.9	2.1	1259.0	1.9	1192.2	1.8
	4.2.4 Bosques Achaparrados	274.4	0.4	274.4	0.4	261.6	0.4	270.9	0.4
	4.3 Bosque Mixto								
	4.3.1 Bosque Nativo-Plantación	551.8	0.8	493.9	0.8	550.8	0.8	510.4	0.8
	4.3.2 B.Nat.-Exóticas Asilvestradas	553.0	0.8	570.8	0.9	527.6	0.8	611.1	0.9
Total Uso		**19748.1**	**30.3**	**21876.2**	**33.6**	**25060.9**	**38.5**	**25699.5**	**39.5**
5 Humedales	5.1 Vegetación Herbácea en Orilla	1689.5	2.6	1704.7	2.6	1720.4	2.6	1711.7	2.6
	5.2 Marismas Herbáceas	403.9	0.6	404.1	0.6	402.8	0.6	396.5	0.6
	5.3 Ñadis Herbáceos y Arbustivos	2786.1	4.3	2898.2	4.5	2813.2	4.3	2774.3	4.3
	5.6 Vegas	112.7	0.2	205.7	0.3	382.6	0.6	364.7	0.6
	5.7 Otros Terrenos Húmedos	119.1	0.2	325.3	0.5	281.7	0.4	280.0	0.4
Total Uso		**5111.3**	**7.9**	**5538.0**	**8.5**	**5600.7**	**8.6**	**5527.2**	**8.5**
6 Áreas Sin Vegetación	6.7 Otros Terrenos Sin Vegetación	5.6	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	6.8 Cajas de Ríos	45.9	0.1	8.6	0.0	36.3	0.1	35.5	0.1
Total Uso		**51.5**	**0.1**	**14.2**	**0.0**	**36.3**	**0.1**	**35.5**	**0.1**
8 Cuerpos de Agua	8.2 Ríos	2821.1	4.3	2865.7	4.4	2854.4	4.4	2854.4	4.4
	8.3 Lago-Laguna-Embalse-Tranque	43.1	0.1	84.3	0.1	105.0	0.2	105.0	0.2
Total Uso		**2864.2**	**4.4**	**2950.0**	**4.5**	**2959.4**	**4.5**	**2959.4**	**4.5**
	Total Zona Buffer	**65107.1**	**100.0**	**65107.1**	**100.0**	**65107.1**	**100.0**	**65107.1**	**100.0**

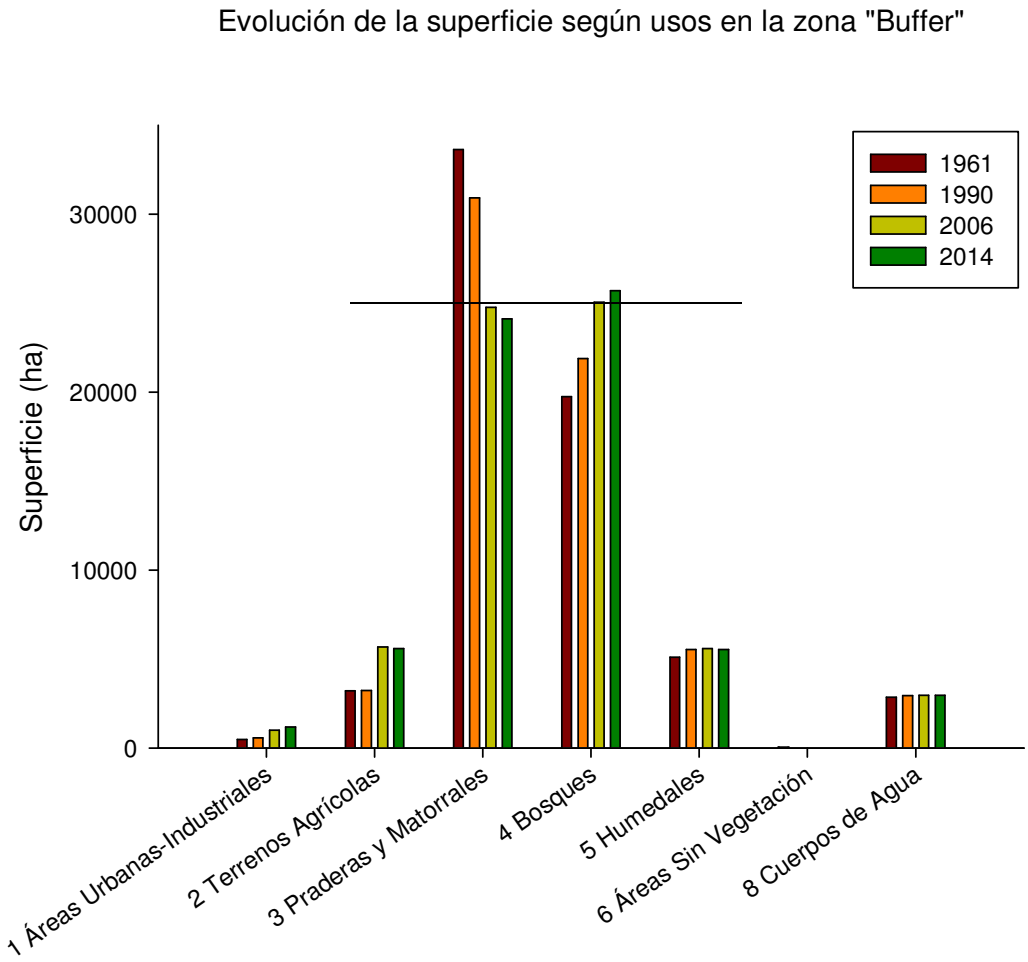


Figura 4.12.42. Superficie según usos entre los años 1961 y 2014 en la zona de influencia.

Los usos representados en la zona de influencia del HRC han seguido las mismas tendencias que en la totalidad de la cuenca. Sin embargo, hay que recalcar el hecho de que si las “Praderas y Matorrales” eran mayoritarias en 1961, desde 1990 se ha observado un cambio de tendencia. En efecto, desde 1990 ha sido el uso “Bosques” que ha representado la mayor superficie en la zona de influencia del humedal.

Al analizar la tabla 4.12.67 se han observado un considerable incremento de las plantaciones en el periodo estudiado. De 460 ha. en 1961 han aumentado a 8.600 ha. en

2014, mientras que los bosques nativos han perdido más de 2.000 ha. en el mismo periodo (de 18.200 ha. a 16.000 ha.).

4.12.4.3.8. Caracterización de la exposición visual de los paisajes

a) Expresión visual del HRC

Esta etapa consistió en identificar puntos de observación del paisaje, los cuales han permitido observar superficies relativamente importantes del HRC. La Figura 4.12.43 presenta los puntos de observación donde fueron tomadas las fotografías del humedal.

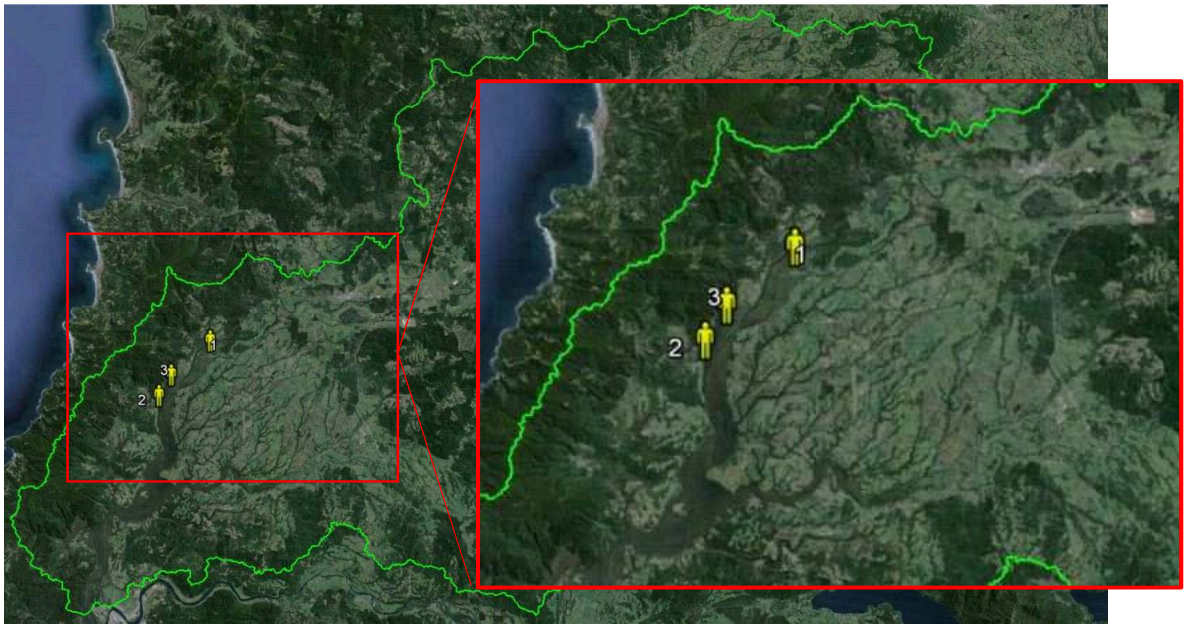


Figura 4.12.43. Puntos de observación del humedal.
Fuente: Imágenes tomadas de Google earth.

A continuación, se ilustran las vistas del HRC desde los puntos de observación (Fig. 4.12. 44 a 4.12.46).



Figura 4.12.44. Sector 1.



Figura 4.12.45. Sector 2.



Figura 4.12.46. Sector 3.

b) Impacto visual en la cuenca del HRC

Los impactos visuales en la cuenca del humedal son las alteraciones del paisaje o cambios que se producen en las vistas del paisaje. Por lo tanto, para ilustrar los impactos visuales en la cuenca, se seleccionaron polígonos de referencia que tenían las siguientes características: cambio de usos de la tierra entre 2006 y 2014, imágenes Google disponibles para los años 2006 y 2014, superficies relativamente importantes, cercanía al humedal y accesibilidad con caminos transitables. Se identificaron 7 sectores que fueron visitados en terreno. La Figura 4.12.47 identifica la selección de puntos en el paisaje en el sector oeste de la cuenca del HRC.

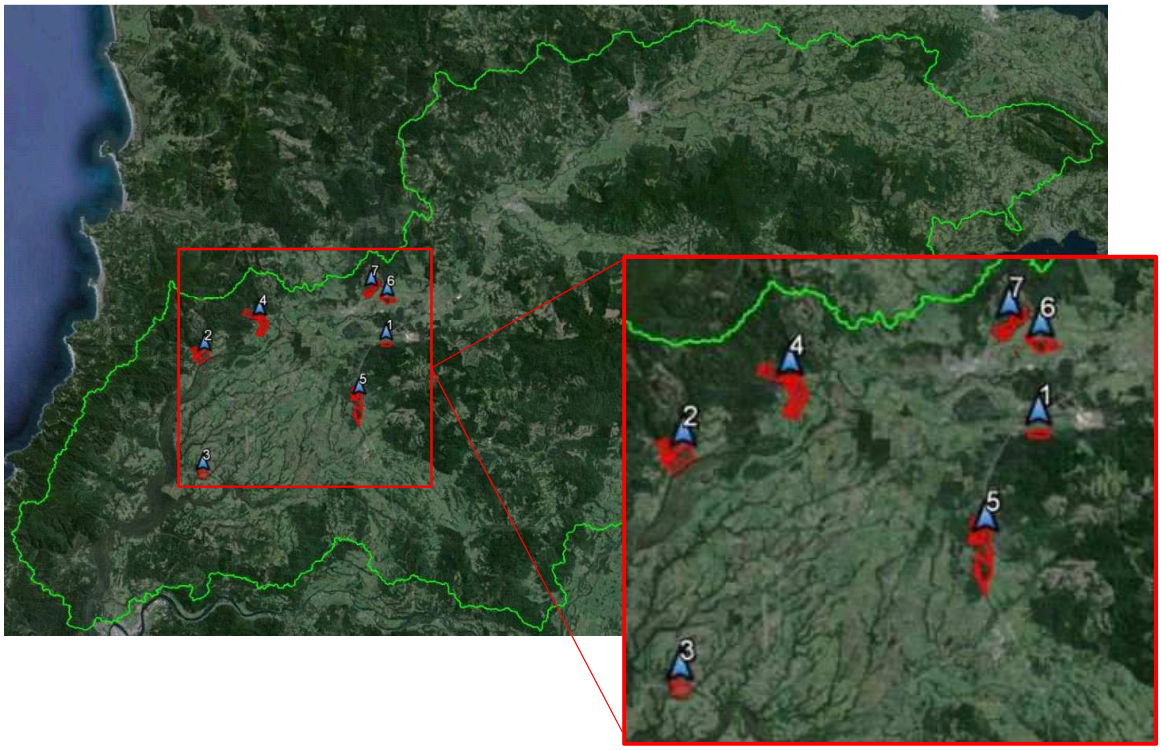


Figura 4.12.47. Puntos donde se produce cambios de usos entre 2006 y 2014.
Fuente: Imágenes tomadas de Google earth.

Se observaron los polígonos en terreno, en los 7 puntos de observación donde hubo un cambio de uso entre el año 2006 y el 2014. La tabla 4.12.68 presenta los 7 sectores y sus cambios de usos de la tierra.

Tabla 4.12.68. Descripción de los sectores visitados en terreno.

Sector	Usos en 2006	Usos en 2014
1	314 - Praderas Perennes	411 - Plantación
2	220 - Rotación Cultivo-Pradera	412 - Plantación Joven-Recién Cosechada
3	421 - Bosque Nativo Adulto	220 - Rotación cultivo-Pradera
4	314 - Praderas Perennes	411 - Plantación
5	314 - Praderas Perennes	411 - Plantación
6	314 - Praderas Perennes	411 - Plantación
7	412 - Plantación Joven-Recién Cosechada	411 - Plantación

Las Figuras 4.12.48 a 4.12.59 ilustran con imágenes las pérdidas de “Praderas Perennes” a favor de “Plantación” de *Eucalyptus globulus* (sectores 1, 4, 5 y 6).



Figura 4.12.48. Sector 1, Imagen Google earth 2006.



Figura 4.12.49. Sector 1, Imagen Google earth actual.



Figura 4.12.50. Sector 1, Fotografías de la plantación tomadas en terreno.

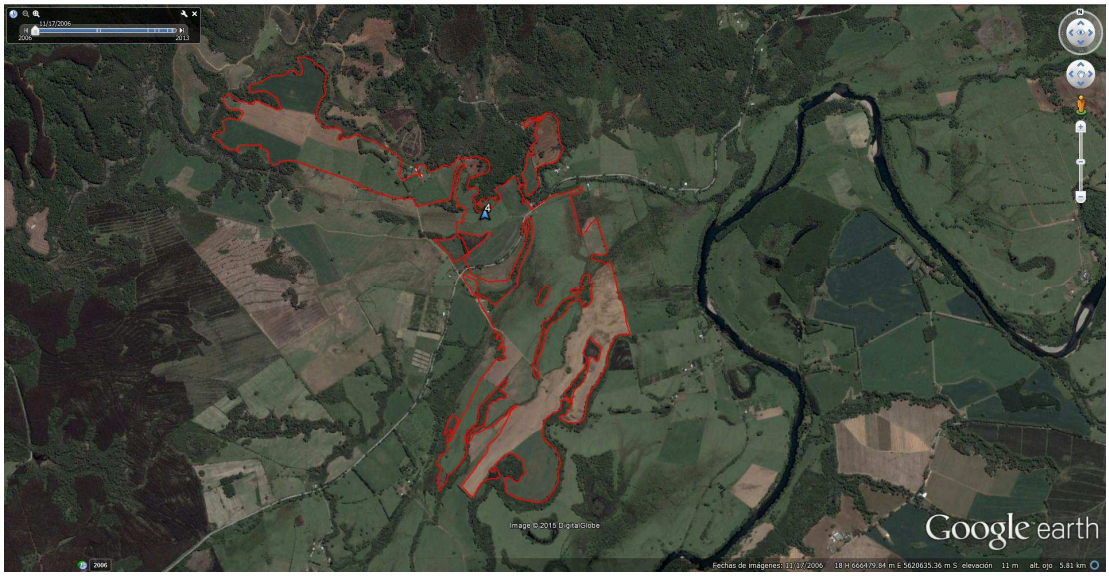


Figura 4.12.51. Sector 4, Imagen Google earth 2006.

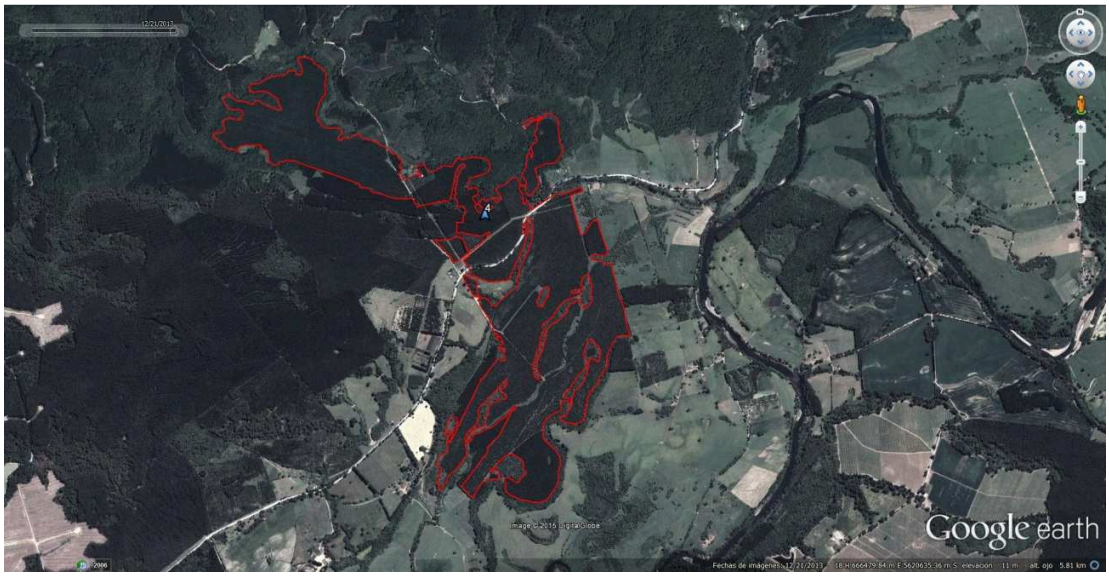


Figura 4.12.52. Sector 4, Imagen Google earth actual.



Figura 4.12.53. Sector 4, Fotografías de la plantación tomadas en terreno.

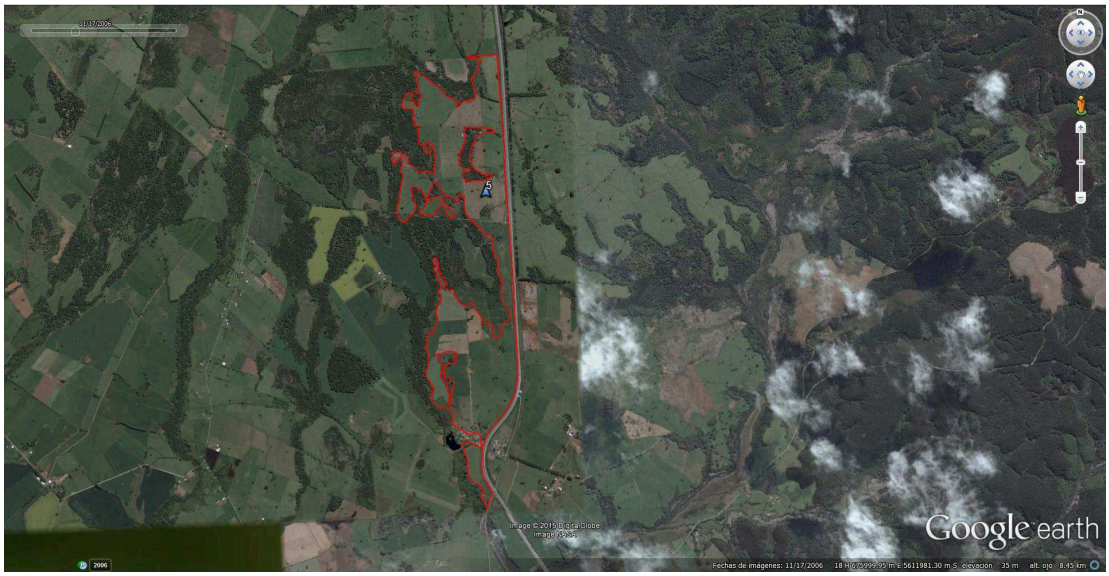


Figura 4.12.54. Sector 5, Imagen Google earth 2006.



Figura 4.12.55. Sector 5, Imagen Google earth actual.



Figura 4.12.56 Sector 5, Fotografías de la plantación tomadas en terreno.



Figura 4.12.57 Sector 6, Imagen Google earth 2006.



Figura 4.12.58 Sector 6, Imagen Google earth actual.



Figura 4.12.59 Sector 6, Fotografías de la plantación tomadas en terreno.

Las Figuras 4.12.60 a 4.12.62 ilustran con imágenes las pérdidas de “Rotación Cultivo-Praderas” a favor de “Plantación Joven-Recién Cosechada” de *Eucalyptus globulus* (sector 2).



Figura 4.12.60. Sector 2, Imagen Google earth 2006.

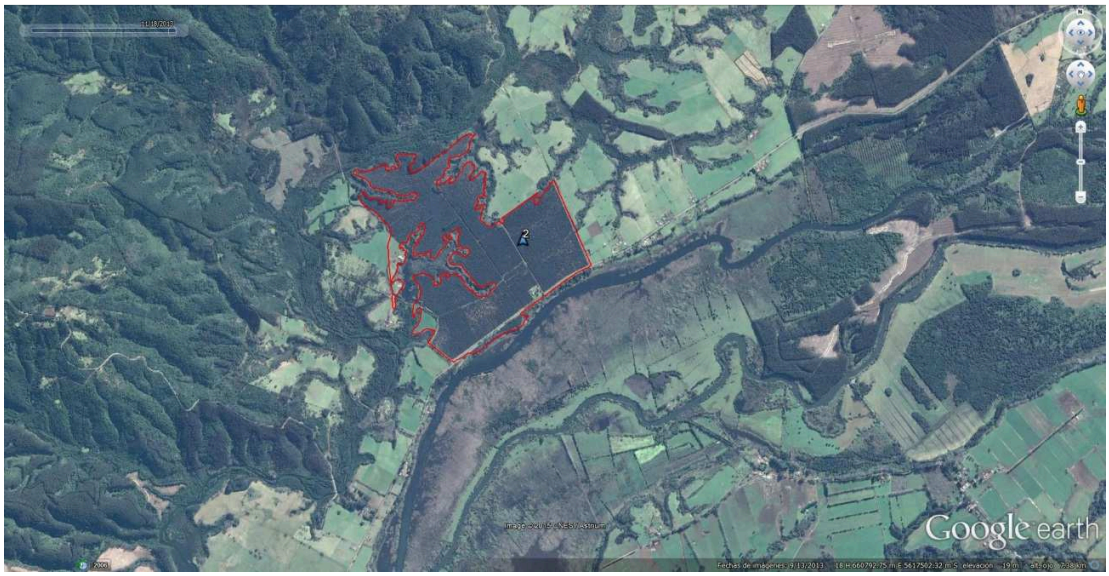


Figura 4.12.61. Sector 2, Imagen Google earth actual.



Figura 4.12.62. Sector 2, Fotografías de la plantación tomadas en terreno.

Las Figuras 4.12.63 y 4.12.64 ilustran con imágenes las pérdidas “Bosque Nativo Adulto” a favor de “Terrenos Agrícolas” (sector 3).



Figura 4.12.63. Sector 3, Imagen Google earth 2006.



Figura 4.12.64. Sector 3, Imagen Google earth actual.

Nota: No se pudo sacar fotografía en este sector debido a que el camino para acceder a la parcela era privado.

Las Figuras 4.12.65 a 4.12.67 ilustran con imágenes la evolución de "Plantación Joven-Recién Cosechada" a favor de "Plantación" de *Pinus radiata* (sector 7).

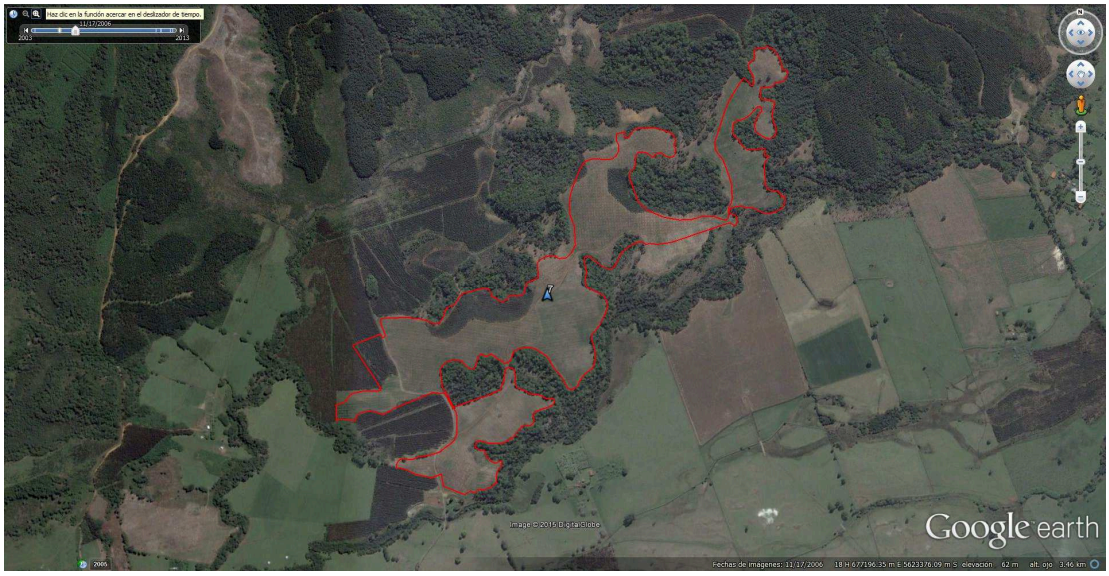


Figura 4.12.65. Sector 7, Imagen Google earth 2006.



Figura 4.12.66. Sector 7, Imagen Google earth actual.



Figura 4.12.67. Sector 7, Fotografías de la plantación tomadas en terreno.

4.12.4.3.9. Conclusiones análisis de dinámicas de cambio

• 61% de la superficie de la cuenca está ocupada actualmente por “Bosques”, lo que favorece el filtraje natural y por ende mejora la calidad del agua. Se observa que 23,5% de la superficie de la cuenca está ocupada por “Plantaciones”, mientras que los “Bosques Nativos” ocupan 36 % de la superficie de la cuenca en 2014.Los “Bosque Nativos” se ubican en los terrenos de mayor altura, mientras que las “Plantaciones” se encuentran a una altura más baja, en los sectores de mejor accesibilidad y más cercanos a los cursos de agua.

• Se observó que como tendencia general el uso “Bosques” está aumentando. Pero en detalle, se notó que es el subuso “Plantación” el que aumenta (más de 55.000 ha. entre 1961 y 2014) y no el “Bosque Nativo”, que disminuye. Tanto las “Plantaciones” como el “Bosque Nativo” ayudan al equilibrio del humedal, pero en el caso de las ”Plantaciones”, el hecho de talar regularmente las zonas forestales, podría generar escurrimiento de sedimentos hacia los cauces.

• Destaca el periodo entre los años 1990 y 2006, durante el cual las Plantaciones aumentaron considerablemente (más de 30.000 ha.), situación que coincide con la ejecución y puesta en marcha de la planta de celulosa.

• Las Praderas y Matorrales perdieron 47.000 ha. entre los años 1961 y 2014, a favor del uso “Bosques”, los cuales corresponden en general al establecimiento de nuevas “Plantaciones”.

• 32% de la superficie de la cuenca está ocupada por “Praderas y Matorrales”, los cuales representan una superficie importante pero que tiende a disminuir. Las actividades asociadas a este uso y al uso “Terrenos Agrícolas” (3% de la superficie de la cuenca) son potencialmente problemáticas (uso de fertilizantes, producción intensiva de animales) para el HRC, por la entrada de elementos en forma difusa.

• Las “Áreas Urbanas-Industriales” aumentan de manera constante, pero la superficie ocupada por este uso aparece muy débil (menos de 1% en 2014). Sin embargo, las actividades humanas que se desarrollan en la cercanía de estos usos, pueden tener un impacto importante para el medioambiente (construcción de

carreteras, zonas industriales) ya que se encuentran en la cercanía de los cursos de agua; en efecto, 61% de las “Áreas Urbanas-Industriales” se encuentran a menos de 1.000 metros del humedal o de sus ríos tributarios más importantes.

• Respecto al paisaje, se observó una fragmentación general de la zona de estudio, lo que implica una mayor dispersión de las actividades en la zona.

• En las cercanías del humedal (en la zona de influencia de 1.000 metros), se relevó la tendencia al cambio del uso de la tierra de “Praderas y Matorrales” al uso “Bosque”, el cual corresponde a la implementación de nuevas “Plantaciones”. Las “Plantaciones” en esta zona pasaron de 460 ha. en 1961 a más de 8.500 ha. en 2014.

4.12.5. Discusión

De forma general, la dinámica territorial observada en la cuenca aportante al HRC parece no ofrecer cambios de envergadura. Sin embargo, estas modificaciones están asociadas a dos usos principales: urbano y silvoagropecuario, los que, a la luz de los antecedentes existentes en la literatura especializada, generan repercusiones sobre el balance hídrico de la cuenca, a la vez que inciden sobre la contaminación tanto de las aguas superficiales, con agroquímicos y sedimentos, sobre todo en el caso de los cultivos anuales, como en las aguas subterráneas. Delgado *et al.* (2014), analizan esta condición de manera específica para el caso del HRC.

Huber *et al.* (2010) hacen referencia a un conjunto de artículos de carácter experimental, que en general concluyen en que los caudales de escorrentía manifiestan una disminución en superficies con plantaciones, sobre todo en la medida en que los árboles van creciendo, debido a un aumento en la tasa de evapotranspiración. Agregan además que una vez realizada la cosecha de la plantación, los caudales se recuperan, pero se incrementa el transporte de sedimentos debido a la desprotección en que queda el suelo, favoreciendo la erosión. Según estos autores esta disminución de los caudales se asocia, a la evapotranspiración y a una mayor pérdida de agua por intercepción del dosel. Un estudio realizado por Oyarzún & Huber (1999) concluyó precisamente que el rápido crecimiento de las plantaciones provocó un descenso en las reservas de agua del suelo durante los periodos estivales, en un ensayo de tres años desarrollado en plantaciones de Pino y Eucaliptus en el sur de Chile.

Little *et al.* (2009) por su parte, concuerdan en que numerosos estudios permiten afirmar que realmente existe un efecto de las plantaciones sobre la reducción del escurrimiento en cuencas de menos de 100 hectáreas. En el estudio desarrollado por estos autores se establece que también en cuencas mayores es posible medir este efecto sobre el escurrimiento, particularmente durante el periodo estival. El estudio realizado en

este caso corresponde a una cuenca en la que se ha observado un fuerte decrecimiento de la cubierta de bosque nativo asociado al incremento de la superficie de plantaciones.

La temática de los efectos de los cambios en las coberturas de la tierra ya fue tempranamente enunciada por la UNESCO en 1973[16] señalando específicamente el hecho de que los cambios en el uso del suelo provocan cambios en los regímenes de escorrentía y en la calidad de las aguas. Esto lo refieren tanto a cambios en las cubiertas vegetales como en el caso de la urbanización, destacando que en este último caso, los cambios son de carácter mucho más marcados.

Estudios como los de Moscoso (2007), Romero &Vásquez (2005) y Norambuena (2009), dan cuenta de modificaciones en las características hidrológicas de diferentes cuencas, en la medida que han sido sometidas a procesos de urbanización. Otro tanto señala Ruberto *et al.,* (2006) en un estudio desarrollado en el norte de Argentina, donde el aumento de las áreas impermeabilizadas por urbanización, que alcanzó un incremento de 24% en el periodo de estudio, provocó incrementos de hasta un 21% en el volumen de la escorrentía.

Diferentes tablas de coeficientes de escorrentía dan valores entre 0.1 y 0.5 para áreas rurales con diferentes coberturas, desde praderas a cultivos en pendiente, mientras las áreas urbanas presentan coeficientes que varían entre 0.4 y 0.95. Por ello el efecto de los cambios de cobertura deben ser tenidos en cuenta en estudios que involucran el comportamiento hidrológico de un territorio.

Por otro lado debe tenerse presente que estos cambios en cobertura de la tierra ocurren en un escenario de cambio climático, por lo que las modificaciones en el monto y el régimen de las precipitaciones, superpuesto al cambio de cobertura, generan escenarios de mucha mayor complejidad y que comprometen el servicio ecosistémico de

[16] http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000049/004929SB.pdf

provisión de agua y control de crecidas, que corresponde a estos sistemas. Esta condición de cambio en precipitaciones ha sido analizada por González & Muñoz (2013), quienes estudiando la evolución de las precipitaciones desde 1953 a 2005, demuestran una disminución de las precipitaciones y un aumento del periodo estival para el caso de Valdivia.

Para analizar los cambios que han ocurrido en la cuenca aportante al HRC, es necesario tener a la vista la evolución de las actividades económicas y las tendencias demográficas, por cuanto ambos factores explican gran parte de la dinámica territorial y por ende las relaciones que terminan afectando, de una u otra manera, al humedal.

Los principales sectores económicos en la cuenca del HRC son las industrias del tipo agroalimentarias y forestales. Asociado a ello se observa que las plantaciones han pasado de un 6% en 1961 a más de un 23% en 2014, de la superficie total de la cuenca del HRC. Estas explotaciones tienen un ciclo de funcionamiento que incluye: la plantación de los árboles, luego dejar la superficie "cultivada" sin intervención durante unos años y finalmente la tala rasa para comercializar y/o transformar la madera. Este ciclo, en especial en el periodo de cosecha, cuando el suelo está sin cobertura vegetal, favorece el aporte de sedimentos en el sistema hidrológico por el incremento en las tasas de erosión.

Si bien la transformación industrial de productos no parecería revestir efectos directos, cabe mencionar que la producción ganadera y cultivos de tipo industrial, sí podrían generar consecuencias para el humedal, afectando al régimen hídrico de la cuenca, ya sea por la necesidad de sistemas de regadío que consumen aguas superficiales o subterráneas, como debido a las aplicaciones de agroquímicos, o los desechos que se derivan de las propias actividades o de sus procesos de transformación.

Como se mencionó en el estudio demográfico, el eje "Valdivia – San José de la Mariquina – Lanco" aparece muy dinámico, resultando ser estas comunas las que

manifiestan el mayor crecimiento demográfico en los últimos años, junto a una relativamente importante expansión del área construida. A escala nacional, las ciudades medias chilenas, entre las cuales se encuentra Valdivia, experimentaron una expansión física promedio de casi un 40%, contrastando con un crecimiento demográfico nulo o negativo entre 1992 y 2002 (Maturana, 2006 y Arenas *et al*., 2009, citados por Osorio 2009). En el caso específico de la ciudad de Valdivia, se reporta una expansión de la superficie urbana desde las 1.227,8 hectáreas que ocupaba en el año 1992, a 2.025 hectáreas en el año 2007, es decir una expansión del 65% (Osorio, 2009).

Este crecimiento de los centros poblados en el sector referido, puede asociarse a los efectos dinamizadores de la instalación de nuevas actividades económicas que han constituido un atractivo para nueva población. Si bien tan sólo el 1% de la superficie de la cuenca aportante al HRC corresponde a uso de suelo urbano, el 61% de esa superficie se encuentra a menos de 1 Km de las riberas del HRC y sus ríos tributarios. La proximidad de estos espacios y la tendencia a la expansión urbana constituye una amenaza para el humedal.

A lo anterior se suma el hecho de que este sector de la cuenca y particularmente Cabo Blanco y el camino Valdivia- San José de la Mariquina, se han transformado en sectores atractivos para nuevos habitantes entre los que se encuentran los calificados de "neo-rurales". Estos desarrollos inmobiliarios se encuentran fuera de las áreas sujetas a instrumentos de ordenamiento, como los Planes Reguladores Comunales y en consecuencia, en espacios donde no existe base normativa que controle o regule los impactos eventuales sobre el humedal y sus cursos de agua tributarios.

La expansión de las áreas urbanas hacia superficies naturales genera una serie de alteraciones en los suelos y en las especies de flora y fauna, generando importantes impactos que en algunos casos como Concepción y Valparaíso han terminado en

desastres [17]ambientales significativos (Strahler y Strahler, 1994; Romero y Vidal, 2012; Romero y Vásquez, 2005; Mardones y Vidal, 2001; Márquez, 2008; Morales, 1987).

4.12.6. Conclusiones

• Se identifica una clara tendencia al incremento de la superficie ocupada por plantaciones de especies exóticas, las que aumentan su participación, desde un 6.3% en 1961, a un 23,4% en 2014. Ello a expensas principalmente de la disminución de las praderas y matorrales. Esto sin lugar a dudas constituye un cambio de relevancia para el área de estudio, si bien puede apreciarse que el ritmo de expansión de las plantaciones marca una tendencia a la disminución, en los últimos años, siendo el periodo de mayor crecimiento el comprendido entre los años 1990 y 2006.

• Se manifiesta una tendencia a la disminución en la actividad del sector industrial, asociado a cambios en las políticas económicas y a dinamismo de los mercados, tanto nacionales como extranjeros. Las industrias de distintos sectores muestran además, una clara tendencia a la concentración en la ciudad de Valdivia, lo que se corresponde con las tendencias a nivel nacional en este rubro de la actividad económica.

• La población por su parte también muestra un lento crecimiento, el que desafortunadamente no puede ser documentado sino hasta el año 2002, fecha del último Censo Nacional de Población y Vivienda. Las cifras que se alcanzaron a conocer antes de que el Censo del año 2012 fuera declarado nulo, indican también este mismo comportamiento de bajo crecimiento demográfico, el que sin embargo se ve acompañado por una importante expansión de las superficies de uso

[17]El Diccionario de la Lengua Española define desastre como “Desgracia grande, suceso infeliz y lamentable” http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae. En ese sentido el término es utilizado ampliamente en la bibliografía especializada y por la Oficina de Naciones Unidas para la Prevención de Riesgo de Desastres, como puede apreciarse en la Declaración de Santiago de Chile Sobre la Reducción de Riesgo de Desastres centrada en la Niñez, la Adolescencia y la Juventud, actividad desarrollada por la Plataforma Regional para la Reducción del Riesgo de Desastres en las Américas.

residencial, tanto en las áreas consolidadas de las ciudades, como en los sectores sub-urbanos, bajo la forma de parcelas agro residenciales, o “parcelas de agrado”, por ejemplo.

- Las comunas de Valdivia, Mariquina y Lanco muestran un mayor dinamismo demográfico y de expansión de las áreas urbanizadas. En el caso de Valdivia se debe tener presente que las cifras oficiales y sus proyecciones, no tienen en debida cuenta el efecto de la nueva condición de capital regional. En todas las regiones del país, las ciudades capitales registran un mayor dinamismo que el resto de su sistema urbano, concentrando población y actividades económicas, lo que Valdivia no tiene porqué ser una excepción a esta tendencia general.
- Si bien las tendencias históricas analizadas no muestran una dinámica territorial de envergadura preocupante, si se debe tener en consideración lo que se puede apreciar en el futuro inmediato a la luz de los proyectos en ejecución o en estudio. El mejoramiento de la carretera actual y la posterior construcción de la doble vía entre Valdivia y San José de la Mariquina, sin lugar a dudas generará un dinamismo en ese eje, el que se debería traducir en un incremento de los desarrollos inmobiliarios, los que de producirse se encontrarán en las áreas próximas al HRC o de los cursos de agua tributarios a él.
- La pavimentación del camino hacia Cabo Blanco, significará un impulso a la ocupación de este sector, que ya tiene un importante dinamismo. En este caso la localización en las riberas mismas, o en sus proximidades, del HRC, constituyen una amenaza por todos los efectos asociados a la construcción de viviendas, nuevos usos de los espacios naturales, incluyendo las propias riberas, disposición de residuos domiciliarios, entre otros, que tienen un potencial efecto no sólo sobre la calidad del humedal, sino en la estabilidad de la fauna silvestre.
- En un escenario de cambio climático que en este caso implica modificaciones en el monto y régimen de las precipitaciones, aumento del periodo de estiaje, con las consecuencias ya mencionadas sobre el sistema hidrológico local, las modificaciones en las cubiertas de la tierra tienen una gran relevancia, toda vez

que ellas terminarán por repercutir en la calidad del agua y en la estabilidad del ecosistema del humedal. Esto hace necesario mantener una observación regular sobre estas variables, de manera de tratar de identificar las relaciones entre los cambios en la dinámica territorial (actividades económicas, población y sistemas de poblamiento) y las condiciones físico – químicas y biológicas del Humedal del Río Cruces.

4.12.7. Referencias

Anuchin, V. A. 1973. Theory of geography. Directions in geography, Methuen, London. 20 pp.

Baldwin, R. 2003. Economic geography and public policy. Princeton University Press. Princeton, UK. 479 pp.

Bennett, R. J., and R. J. Chorley. 1978. Environmental Systems: philosophy, analysis and control. Methuen &co. London. 22 pp.

Boisier, S. 2005.¿Hay espacio para el desarrollo local en la globalización? Revista de la CEPAL 86: 47-62.

Bunge, W. 1966. Theoretical geography. Second Edition. Department of Geography, University of Lund, Gleerup Publishers, Lund, Swedwn. 289 pp.

Delgado, L. E. 2014. El humedal del Río Cruces, Valdivia, Chile: una síntesis ecosistémica. Latin American Journal of Aquatic Research 42: 937-949.

González-Reyes, A. y A. Muñoz. 2013. Cambios en la precipitación de la ciudad de Valdivia (Chile) durante los últimos 150 años. Bosque (Valdivia) 34: 200-213.

Huber, A., A. Iroume, C. Mohr, y C. Frene. 2010. Efecto de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Bio Bio, Chile. Bosque (Valdivia) 31: 219-230.

INE. 1995. Chile. Ciudades, pueblos y aldeas. Censo de 1992. Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago de chile. 203 pp.

INE. 2004. Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo y Edad. País Urbano-Rural Período de Información: 1990-2020 Publicación: Decenal. Instituto Nacional de

Estadísticas Subdirección Técnica Departamento de Demografía Subdepartamento Proyecciones de Población.

Little, C., A. Lara, J. Mcpheed, and R. Urrutia, R. 2009. Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. Journal of Hydrology 374: 162-170

Moscoso, C. 2007. Cambios en los usos y coberturas de suelo y sus efectos sobre la escorrentía urbana. Valparaíso y Viña del Mar, período 1980-2005. Memoria para optar al Título de Geógrafo. Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo Escuela de Geografía. Santiago, Noviembre de 2007. 129 pp.

Osorio, C. 2009. Impacto del crecimiento urbano en el medio ambiente del humedal de Valdivia. 1992 – 2007. Tesis presentada al Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al grado académico de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Arquitectura y Estudios Urbanos Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales. Santiago, Chile. Agosto, 2009. 133 pp.

Oyarzún, C. E., y A. Huber, Anton. 1999. Balance hídrico en plantaciones jóvenes de *eucalyptus globulus* y *pinus radiata* en el sur de Chile. Terra 17: 35-44.

Mardones, M., y C. Vidal. 2001. La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: Un instrumento para la planificación urbana de Concepción. Revista de Estudios Urbano Regionales 27: 97-122.

Márquez, R. 2008. Desastres naturales en Osorno: Inundaciones y anegamientos en el sector urbano de Francke. Espacio Regional 2: 27-53.

Morales, R. 1987. Evaluación de riesgos de inundación por desborde del río Biobío en Hualquie. Boletín Informativo IGM, I Semestre: 67- 81.

Norambuena, P. 2009. Análisis y predicción de los efectos del crecimiento urbano sobre escorrentía e infiltración en la provincia de Chacabuco, Región Metropolitana de Santiago, Chile. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile Programa Interfacultades Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago, Chile. 156 pp.

Romero, H., y A. Vásquez. 2005. Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. Revista de Estudios Urbano Regionales 31: 97-117.

Romero, H. y C. Vidal. 2012. Expansión urbana y vulnerabilidad socioterritorial ante los desastres naturales de la conurbación Concepción – Talcahuano: Inundaciones de Julio

2006 y tsunami de Febrero de 2010. En: Geografía y Sociedad: El Gran Concepción, su origen, su desarrollo y su evolución social. Luis Méndez (Editor). Ediciones Universitarias del Bio Bio. 20 pp.

Ruberto, A. 2006. Impacto hidrológico por incremento de las áreas impermeables en cuencas urbanas Subcuenca Cisterna, Resistencia, Chaco. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. 4 pp.

Santos, M. 2000. La naturaleza del espacio. Edición Ariel Geografía. Barcelona. 348 pp.

Santos, M. 1988. O espaço geográfico como categoría filosófica. Terra Livre 5: 9-20.

Sampedro, J. L. 1983. El reloj, el gato y Madagascar. Revista de Estudios Andaluces 1: 119-126.

Strahler, A., y A. Strahler. 1994. Geografía Física. Edición Omega. Barcelona, España. 550 pp.

ANEXOS

Anexo 1: Listado de Empresas (Personas Jurídicas), Año Tributario 2014, obtenido del Servicio de Impuestos Internos, (SII).

Anexo 2: Anexo de cartografía

Anexo 1 Listado de Empresas (Personas Jurídicas), Año Tributario 2014, obtenido del Servicio de Impuestos Internos, SII.

RAZÓN SOCIAL	ACTIVIDAD ECONOMICA	CALLE	NÚMERO	VILLA/POBLACIÓN	COMUNA
AGRICOLA CUCHAL LIMITADA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	PC 4 KM 16 CAM CALAFQUEN		LAS LOMAS PULMAHUE	LONCOCHE
PRODUCTOS LACTEOS JOSE ALEJANDRO ROMERO GUZMAN E.I.R.L	152020 - ELABORACION DE QUESOS	CAMI LONCOCHE A CALAFQUEN	KM 12	SECTOR EMULPAN	LONCOCHE
EMAN S A	154990 - ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO CLASIFICADOS EN OTRA PARTE	Brasil	650		LONCOCHE
ALIMENTOS Y BEBIDAS DEL SUR LIMITADA	155120 - ELABORACION DE BEBIDAS ALCOHOLICAS Y DE ALCOHOL ETILICO A PARTIR DE SUSTANCIAS FERMENTADAS Y OTROS	PARCELA QUENICURA KM.2	S/N	CAM.EL PARQUE HUISCA	LONCOCHE
CONSTRUCTORA VICTOR EDUARDO GARRIDO RIQUELME E.I.R.L.	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	PC. POCO A POCO	KM 2	CAM LONCOCHE-CALAFQ.	LONCOCHE
ASERRADERO LONCOCHE S.A.	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	LONGITUDINAL SUR	1549		LONCOCHE
SOC RIO CRUCES COMERCIAL LIMITADA	221200 - EDICION DE PERIODICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIODICAS	ARTURO PRAT	5 44	LONCOCHE	LONCOCHE
LETREROS DE PUBLICIDAD VIDALITA ELIZABETH LA REGLA JARA EIRL	289990 - FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL N.C.P.	SAN MARTIN	257		LONCOCHE
MUEBLERIA Y MOBILIARIO R&R LIMITADA	361010 - FABRICACION DE MUEBLES PRINCIPALMENTE DE MADERA	CHORRILLOS	S/N	LA PAZ	LONCOCHE
SOCIEDAD COMERCIAL TECNOMECK Y COMPANIA LIMITADA	369990 - FABRICACION DE ARTICULOS DE OTRAS INDUSTRIAS N.C.P.	BENJAMIN VIEL	818 A		LONCOCHE
AGRICOLA Y FORESTAL NATALHUE LTDA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	FDO EL SOTILLO	S/N	PURULON	LANCO
SOC AGRICOLA GANADERA Y FORESTAL FERNANDEZ Y FERNANDEZ CIA LTDA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	CENTENARIO	171 A		LANCO

AGRICOLA Y FORESTAL CHINURA LTDA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	FDO CHINURA	SN	ROL 188-1	LANCO
SOCIEDAD AGRICOLA Y FORESTAL BREGAR LIMITADA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	FUNDO LAS QUEMAS	LT 2		LANCO
ANGELICA JAQUE NEIRA LIMITADA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	PREDIO SANTA MARIA	KM 13	CAM LANCO PANGUI	LANCO
AGRICOLA FORESTAL Y GANADERA PILFI TRANA LIMITADA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	PILFI TRANA	HJ 2		LANCO
HERBERT ELEAZAR JARA MUNOZ AGRICOLA Y COMERCIAL E.I.R.L.	020020 - RECOLECCION DE PRODUCTOS FORESTALES SILVESTRES	SECTOR HUIPEL	KM6		LANCO
EUNICE ZUNIGA YONES EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	141000 - EXTRACCION DE PIEDRA, ARENA Y ARCILLA	SECTOR CUDICO	S/N		LANCO
SOCIEDAD COMERCIAL E INDUSTRIAL PORTAL DEL SUR LIMITADA	155300 - ELABORACION DE BEBIDAS MALTEADAS, CERVEZAS Y MALTAS	GRAN AVENIDA	070-A		LANCO
OCEAN SPRAY CHILE SPA	155410 - ELABORACION DE BEBIDAS NO ALCOHOLICAS	RUTA 5 SUR	KM 771		LANCO
NOEMI HORTENSIA JIMENEZ PINTO ASERRADERO Y SERVICIOS FORESTALES EMPRESA INDIVIDU	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	COPIHUE	530		LANCO
SOC MADERERA AGRICOLA INDUSTRIAL Y COMERCIAL BURGOS LIMITADA	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	PANAM ERICANA SUR	S/N		LANCO
SOCIEDAD JARA Y JIMENEZ LIMITADA	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	COPIHUE	530		LANCO
COMERCIAL NATTIVO LIMITADA	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	SANTA MARIA LOTE	1B	..	LANCO
CONSTRUCTORA MAJO LIMITADA	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	VALPARAISO	352		LANCO
SOCIEDAD INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA DE PROYECTOS	269510 - ELABORACION DE HORMIGON, ARTICULOS DE HORMIGON Y MORTERO (MEZCLA	RUTA 5 SUR KM 769	S/N		LANCO

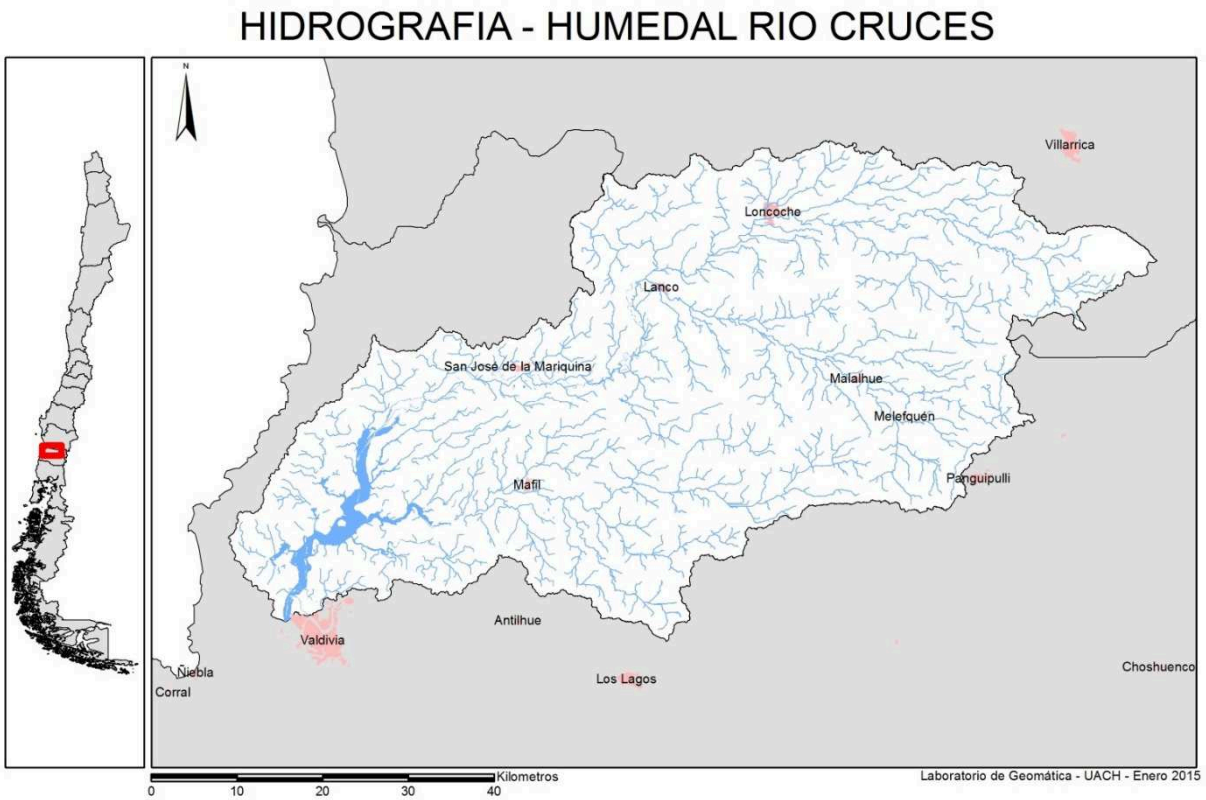
LIMITADA	PARA CONSTRUCCION)				
MANTENCION Y MONTAJES HERRERA Y VALDEZ LTDA	281100 - FABRICACION DE PRODUCTOS METALICOS DE USO ESTRUCTURAL	AIDA HIDALGO	531	LOS EDILES	LANCO
HERRERA JARAMILLO RUDY ORLANDO Y OTRA	281100 - FABRICACION DE PRODUCTOS METALICOS DE USO ESTRUCTURAL	AIDA HIDALGO	531	LOS EDILES	LANCO
MANUFACTURAS ELECTRONICAS CRISTIAN MAURICIO OTAROLA CEBALLOS E.I.R.L.	319010 - FABRICACION DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELECTRICO N.C.P.	PANAMERICANA	353		LANCO
MONTAJES JOSÉ ADALBERTO FUENTEALBA VELOZO EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD	361010 - FABRICACION DE MUEBLES PRINCIPALMENTE DE MADERA	CONDOMINIO ALHUE	170		LANCO
BARO RESIDUOS BORIS ANTONIO RIVAS ORTIZ E.I.R.L.	372090 - RECICLAMIENTO DE OTROS DESPERDICIOS Y DESECHOS N.C.P.	PARCELA 2 EL PARQUE-KM.3	S/N		LANCO
SAEZ Y LARA LTDA	372090 - RECICLAMIENTO DE OTROS DESPERDICIOS Y DESECHOS N.C.P.	GRAN AVENIDA	31		LANCO
NANOGENER SPA	401011 - GENERACION HIDROELECTRICA	FUNDO HUENUYE NORTE	KM23		LANCO
AGRICOLA Y GANADERA QUINEO LIMITADA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	FUNDO QUINEO SUR	S N		MAFIL
SOCIEDAD AGRICOLA PITAMA LTDA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	PARCELA 23 LOTE 2 LA ESME	S/N		MAFIL
FORESTAL, INMOBILIARIA E INVERSIONES LA CUETA LIMITADA	141000 - EXTRACCION DE PIEDRA, ARENA Y ARCILLA	PARCELA	7	PRY. PARC. LO AGUILA	MAFIL
SOCIEDAD LACTEOS RUMENTO LIMITADA	152010 - ELABORACION DE LECHE, MANTEQUILLA, PRODUCTOS LACTEOS Y DERIVADOS	FUNDO RUMENTO	S/N		MAFIL
LACTEOS Y ALIMENTOS RIO CRUCES LIMITADA	152010 - ELABORACION DE LECHE, MANTEQUILLA, PRODUCTOS LACTEOS Y DERIVADOS	LOTE A-2	S/N	INAQUE	MAFIL
SOC MOLINOS SANTA ELENA LIMITADA	153110 - ELABORACION DE HARINAS DE TRIGO	FUNDO STA ELENA	CASI	4	MAFIL
DISENO & COMUNICACION RUBIKA LIMITADA	210900 - FABRICACION DE OTROS ARTICULOS DE PAPEL Y CARTON	Avenida Pedro de Valdivia	299		MAFIL
SOCIEDAD ENDICOF LIMITADA	281100 - FABRICACION DE PRODUCTOS	RUTA 5 SUR KM 803		SECTOR LA TRACA	MAFIL

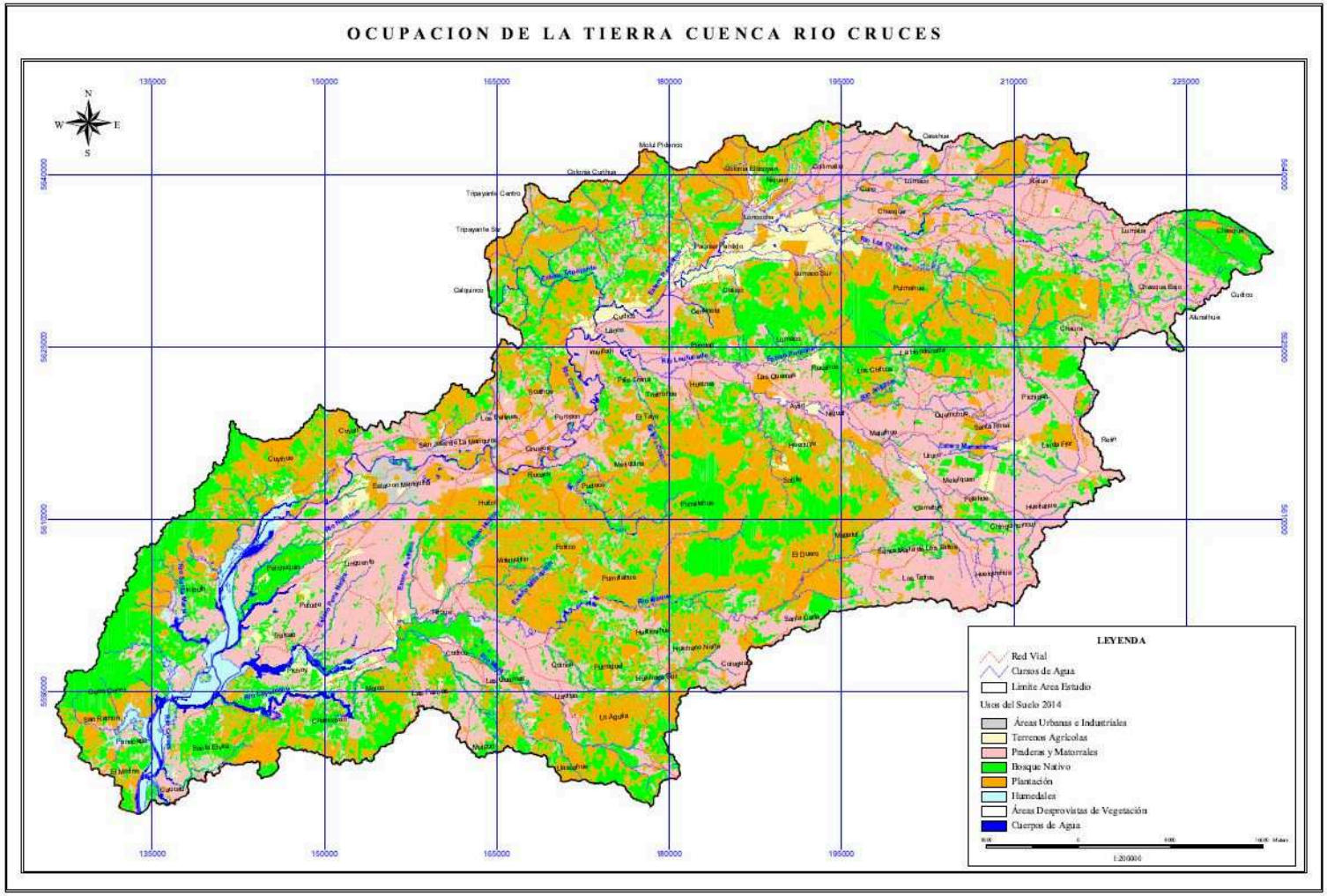
	METALICOS DE USO ESTRUCTURAL				
ROBERTO ORLANDO ARANGUIZ PAREDES SERVICIOS EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD	291280 - REPARACION DE BOMBAS, COMPRESORES, SISTEMAS HIDRAULICOS, VALVULAS Y ARTICULOS DE GRIFERIA	GERMAN FUROHPP	69-B		MAFIL
SOCIEDAD COMERCIAL ACN LIMITADA	351180 - REPARACION DE EMBARCACIONES MENORES	LA TRACA	391		MAFIL
SOC AGRICOLA Y FORESTAL HABERT HABERT LIMITADA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	AVENIDA COLON	1001		MARIQUINA
SOC AGRICOLA Y FORESTAL CIRUELOS LIMITADA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	FDO DOLLIM	SN	CIRUELOS	MARIQUINA
SOC FORESTAL SAN JORGE LIMITADA	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	FUNDO SAN JORGE	SN		MARIQUINA
INVERSIONES Y FORESTAL RIO LINGUE S A	020010 - EXPLOTACION DE BOSQUES	FDO LOS VENADOS KM 13	CAM	MARIQUINA A MEHUIN	MARIQUINA
RESTAURANT Y HOSPEDAJE D&C LIMITADA	141000 - EXTRACCION DE PIEDRA, ARENA Y ARCILLA	MARIQUINA	235		MARIQUINA
LUIS DANIEL ROBLES CORREA	141000 - EXTRACCION DE PIEDRA, ARENA Y ARCILLA	TRAYENCO. SECTOR CIRUELOS	S/N		MARIQUINA
TRANSPORTES Y SERVICIOS EIRL	141000 - EXTRACCION DE PIEDRA, ARENA Y ARCILLA	PARCELA RUCAHUE	S N		MARIQUINA
TRANSPORTES Y ARIDOS SAN JOSE LIMITADA	142900 - EXPLOTACION DE OTRAS MINAS Y CANTERAS N.C.P.	GARCIA REYES	1060	SAN JOSE DE LA MARIQ	MARIQUINA
SOCIEDAD DE INVERSIONES PILOTRARO LIMITAD	151140 - ELABORACION DE CECINAS, EMBUTIDOS Y CARNES EN CONSERVA.	ARTURO PRAT	150		MARIQUINA
FABRICAS DE CECINAS SAN SEBASTIAN S.A.	151300 - ELABORACION Y CONSERVACION DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS	SECTOR COLONIA PAILLACO	S N		MARIQUINA
ELABORACION Y COMERCIALIZACION DE ALIMENTOS Y CONSERVAS LA COLONIA LIMITADA	152010 - ELABORACION DE LECHE, MANTEQUILLA, PRODUCTOS LACTEOS Y DERIVADOS	FUNDO PAILAPIFIL	S/N		MARIQUINA
LACTEOS WESTERMEYER LIMITADA	153300 - ELABORACION DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES	RUTA 5 SUR KM 7 89			MARIQUINA
ANDRES RAU AGRICOLA INDUSTRIAL Y COMERCIAL E.I.R.L.					

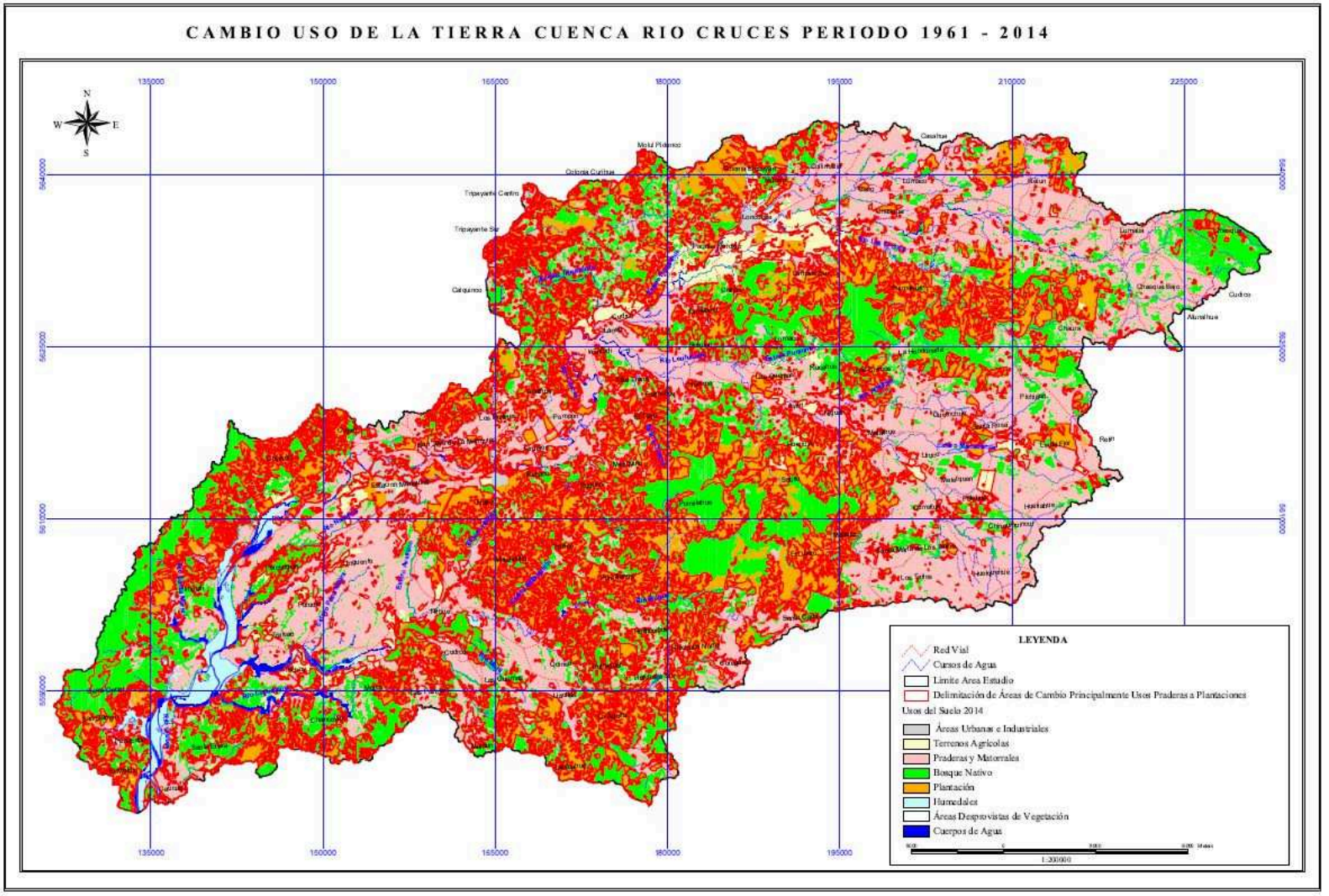
CARILLANCA CARILLANCA EDUARDO JOSE Y OTRO	154110 - FABRICACION DE PAN, PRODUCTOS DE PANADERIA Y PASTELERIA	KM. 780 RUTA 5 SUR	sn		MARIQUINA
AGRICOLA,GANADERA,FORESTAL,COMERCIAL E INDUSTRIAL AGROFENIX LIMITADA	154990 - ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO CLASIFICADOS EN OTRA PARTE	PELCHUQUIN	S/N		MARIQUINA
SOCIEDAD AGRICOLA LEMON APPLE LIMITADA	155300 - ELABORACION DE BEBIDAS MALTEADAS, CERVEZAS Y MALTAS	HIJUELA 3 TRALCAO	SN	TRALCAO	MARIQUINA
TIENDA & BAZAR MARIA ADRIELA ANDRADE LEAL EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD	172100 - FABRICACION DE ARTICULOS CONFECCIONADOS DE MATERIAS TEXTILES, EXCEPTO PRENDAS DE VESTIR	MARIQUINA	1407		MARIQUINA
SEGOVIA OBANDO ALEX Y OTRO	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	SECTOR LOCUCHE	S N		MARIQUINA
SOCIEDAD COMERCIAL GATICA Y SANCHEZ LIMITADA	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	21 DE MAYO	S/N		MARIQUINA
SOCIEDAD MADERERA ASERRADEROS COLLICO LIMITADA	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	PUFUDI PARCELAS	9 Y 10		MARIQUINA
SOC MADERERA E INDUSTRIAL LOS COIGUES LIMITADA	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	RUTA 5 SUR KM 781	781	SAN JOSE	MARIQUINA
SOCIEDAD AGRICOLA GANADERA Y FORESTAL RUCACO LIMITADA	201000 - ASERRADO Y ACEPILLADURA DE MADERAS	MARIQUINA	1310		MARIQUINA
FABRICACION, CONSTRUCCION Y MONTAJES CIRUELOS LIMITADA	281100 - FABRICACION DE PRODUCTOS METALICOS DE USO ESTRUCTURAL	SECTOR CIRUELOS	SN	CIRUELOS	MARIQUINA
MAESTRANZA Y MANTENCION DE MAQUINARIA INDUSTRIAL AMMI LIMITADA	281100 - FABRICACION DE PRODUCTOS METALICOS DE USO ESTRUCTURAL	SECTOR SANTA ROSA LOTEJ-1	S/N		MARIQUINA
SERVICIOS DE INGENIERIA LIMITADA	291980 - REPARACION OTROS TIPOS DE MAQUINARIA Y EQUIPOS DE USO GENERAL	DIOGENES ANGULO	40	PADRE MAMERTO	MARIQUINA
COMERCIAL DE VENTA DE MUEBLES ELIZABETH DEL CARMEN RETAMAL ALVAREZ EMPRESA INDIV	361010 - FABRICACION DE MUEBLES PRINCIPALMENTE DE MADERA	MARIQUINA	183		MARIQUINA

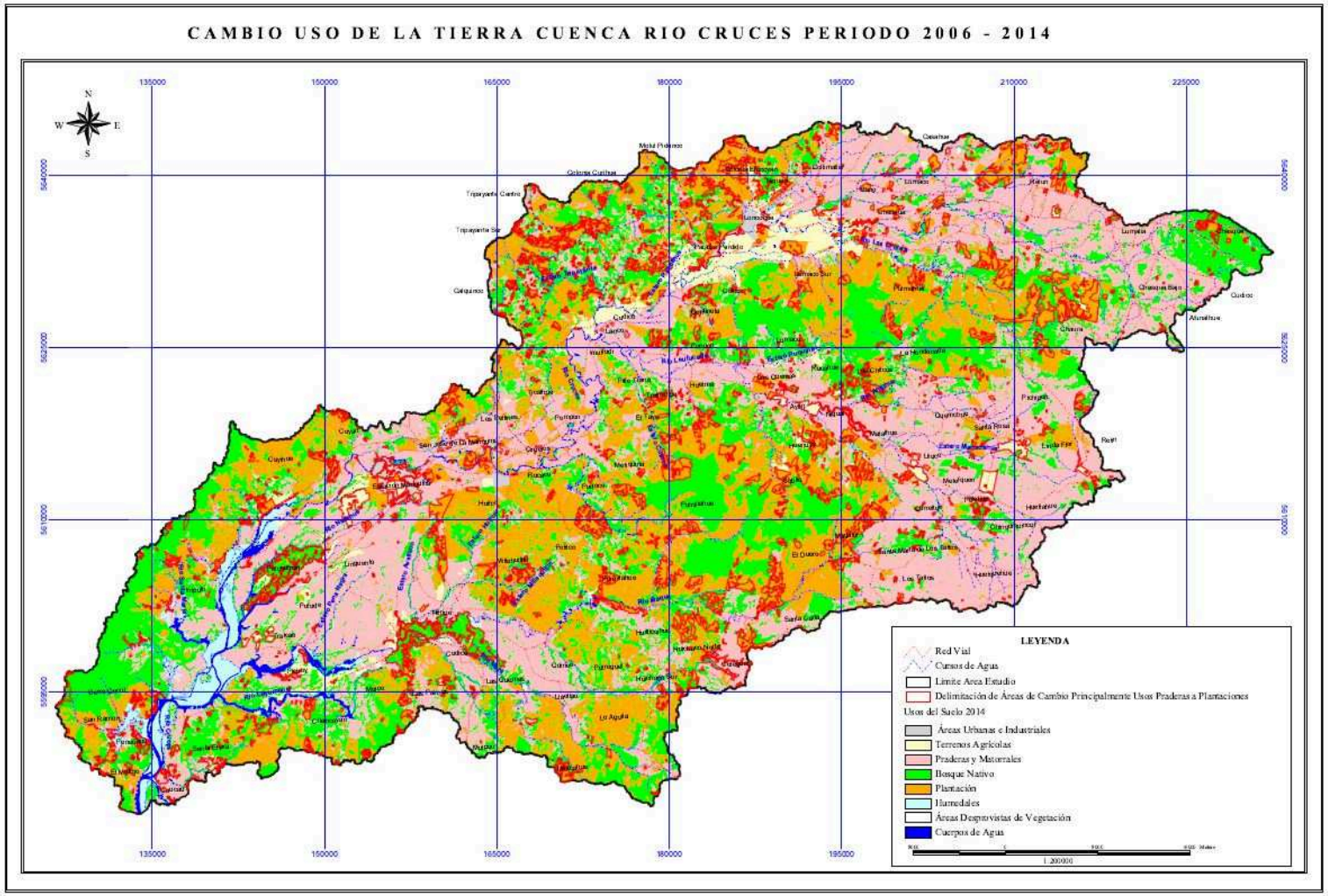
COMERCIALIZADORA Y SERVICIOS FORESTALES PEDRO MARCELO MANRIQUEZ FUENTES EMPRESA	361010 - FABRICACION DE MUEBLES PRINCIPALMENTE DE MADERA	GARCIA REYES	1150	MARIQUINA

Anexo 2 Cartografía del Humedal Río Cruces




OCUPACION DE LA TIERRA CUENCA RIO CRUCES
N
W
E
S
135000
150000
165000
180000
195000
210000
225000
5640000
5625000
5610000
5595000
LEYENDA
Red Vial
Cursos de Agua
Límite Area Estudio
Usos del Suelo 2014
Áreas Urbanas e Industriales
Terrenos Agrícolas
Praderas y Matorrales
Bosque Nativo
Plantación
Humedales
Áreas Desprovistas de Vegetación
Cuerpos de Agua
1:200000


CAMBIO USO DE LA TIERRA CUENCA RIO CRUCES PERIODO 1961 - 2014
N
W
E
S
135000
150000
165000
180000
195000
210000
225000
5640000
5625000
5610000
5595000
LEYENDA
Red Vial
Cursos de Agua
Limite Area Estudio
Delimitación de Áreas de Cambio Principalmente Usos Praderas a Plantaciones
Usos del Suelo 2014
Áreas Urbanas e Industriales
Terrenos Agrícolas
Praderas y Matorrales
Bosque Nativo
Plantación
Humedales
Áreas Desprovistas de Vegetación
Cuerpos de Agua
1:200000


CAMBIO USO DE LA TIERRA CUENCA RIO CRUCES PERIODO 2006 - 2014
N
W
E
S
135000
150000
165000
180000
195000
210000
225000
5640000
5625000
5610000
5595000
LEYENDA
Red Vial
Cursos de Agua
Limite Area Estudio
Delimitación de Áreas de Cambio Principalmente Usos Praderas a Plantaciones
Usos del Suelo 2014
Áreas Urbanas e Industriales
Terrenos Agrícolas
Praderas y Matorrales
Bosque Nativo
Plantación
Humedales
Áreas Desprovistas de Vegetación
Cuerpos de Agua
1: 200000

4. 13. Uso de análisis de riesgo ecológico para identificación de amenazas (Estudio 13):

4.13.1. Antecedentes

Una de las orientaciones del CCS en cuanto a aspectos metodológicos para el diseño del Diagnóstico Ambiental del humedal del río Cruces fue *"Considerar metodología de Evaluación de Riesgos Ecológico"*. En este estudio se contrastan los resultados del estudio de calidad de agua llevado a cabo como parte de ese Diagnóstico, con valores referenciales señalados en estudios de Riesgo Ecológico, realizados en el humedal del río Cruces (HRC) por Encina *et al*. (2009, 2010, 2011), mediante un análisis teórico aplicado.

Encina *et al.* (2009), caracterizaron parte de la estructura comunitaria del ensamble faunístico y florístico del humedal del río Cruces, confeccionando un listado de 34 especies. Dentro de éstas, un Panel de Expertos categorizó los taxa de mayor relevancia ecológica, las especies claves y aquellas de mayor representatividad en el sistema. Sobre la base de esta selección, se realizó la evaluación de riesgo ecológico de tipo teórico considerando los "end point" ecotoxicológicos (obtenidos de bases de datos nacionales e internacionales) de géneros y familias similares a las registradas en el HRC.

Con el objetivo de contar con antecedentes que describieran las condiciones propias del ecosistema del humedal y como un medio de evitar la generación de información basada en especies que no son propias del área de estudio, Encina *et al*. (2009), realizaron una Evaluación de Riesgo Ecológico sobre la base de bioensayos agudos llevados a cabo en las especies categorizadas de relevancia ecológica y sindicadas como tales en el estudio anteriormente descrito (Encina *et al*., 2010). En estos estudios se evaluó el efecto de Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre y Zinc.

El objetivo de estos estudios - pioneros en Chile - fue incorporar criterios biológicos (además de parámetros físico-químicos del agua), a la generación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental como herramienta regulatoria, estimando

empíricamente los niveles máximos de tolerancia de las especies claves a escala local y/o de importancia funcional en el ecosistema del humedal.

Debido a lo reciente de las aproximaciones analíticas anteriormente mencionadas, es que surgió la necesidad de realizar un proceso de validación, por lo cual se realizó un tercer estudio (Encina *et al.,* 2011) el que consistió en ejecutar bioensayos de toxicidad crónica en especies locales de relevancia ecológica (*i.e*., representantes de diferentes niveles tróficos) para comparaciones posteriores de índices de exposición a Hierro, Aluminio y Manganeso.

En este contexto y con el objetivo de evaluar las condiciones químicas del agua del área de estudio en cuanto a las concentraciones de los metales disueltos encontrados en mayor proporción (Hierro, Aluminio y Manganeso), se realizaron análisis comparativos entre esas concentraciones con las estudiadas por Encina *et al*. (2011) en sus estudios de riesgo ecológico.

4.13.2. Objetivos

- Realizar una comparación entre las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso registradas en este Programa de Diagnóstico, con las concentraciones de efectos no observados (NOEC) obtenidas para siete especies locales de importancia ecológica (Encina *et al*., 2011).

- Evaluar el Riesgo Ecológico Potencial de las siete especies locales utilizadas, en base a los resultados derivados de los análisis de las comparaciones contempladas en el objetivo anterior.

4.13.3. Material y métodos

Basados en los resultados obtenidos por el estudio realizado por Encina *et al*. (2011), cuyo segundo objetivo general fue determinar los niveles de sensibilidad crónica (efectos subletales) a determinados xenobióticos (Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos) sobre siete especies locales de mayor relevancia ecológica del HRC; se utilizaron los valores de NOEC ("No Observed Effect Concentration") y LC_{50} (Lethal Concentration 50%) para evaluar y comparar las concentraciones de tres metales objeto de estudio dentro del Capítulo 4.1. (Calidad de agua y sedimentos) de este Programa de Diagnóstico.

El fundamento teórico de la estimación de estos dos valores de protección ecológica, contempla la exposición de una concentración alta que no causa efecto (*e.g.* mortalidad, alteraciones reproductivas, cambios en comportamientos, alimentación, etc.) en la población estudiada al ser comparada con un efecto control (NOEC) y la dosis capaz de causar la muerte de la mitad de la población a prueba (LC_{50}). Por lo general, estos valores son usados con frecuencia como un indicador general de la toxicidad aguda de alguna sustancia específica presente en el medio acuático (Newman & Unger, 2003).

Teniendo en cuenta estos valores de concentraciones, se trabajó en base a un esquema conceptual, representado por un gráfico X-Y, donde el eje "X" incluye las concentraciones de un elemento determinado en el medio (*e.g*., Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos) y el eje "Y" representa el riesgo ecológico potencial de ese elemento al sistema o especie modelo objetivo (Fig. 4.13.1).

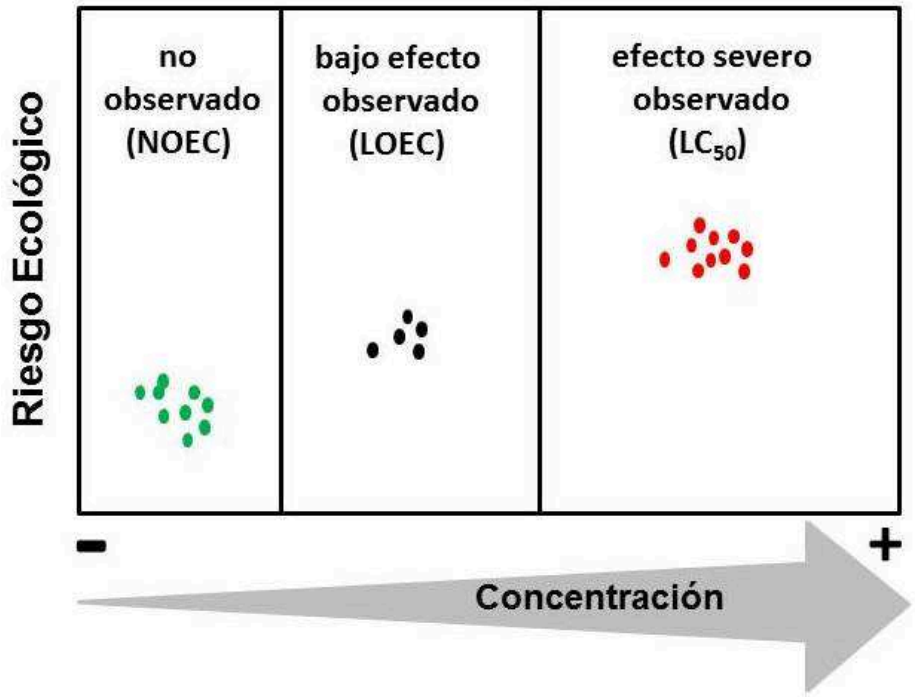


Figura 4.13.1. Esquema conceptual para evaluar los valores de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso basados en la bibliografía *versus* los valores de estos parámetros obtenidos en las estaciones establecidas en el Programa de Diagnóstico del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. NOEC: No Observed Effect Concentration; LOEC: Lowest Observed Effect Concentration y LC_{50}: Median Lethal Concentration.

Por lo tanto y teniendo el esquema conceptual de evaluación y los valores de las concentraciones recopilados de los bioensayos toxicológicos (Tabla 4.13.1) y de los análisis llevados a cabo en las 14 estaciones de muestreo de este Programa de Diagnóstico (Tabla 4.13.2), la metodología final utilizada para la comparación fue la siguiente:

- Mediante un programa de diseño de gráficos (SigmaPlot 11.0), se confeccionaron gráficos "X-Y", donde en el eje "X" se representaron las 14 estaciones utilizadas para el Programa de Diagnóstico del HRC y en el eje "Y" las concentraciones registradas para Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos de las tres campañas realizadas (abril, mayo y julio 2014) (Fig. 4.13.2 a 4.13.4).

- Una vez confeccionados los gráficos anteriores, se marcó mediante una línea paralela al eje "X" los valores NOEC para cada una de los siete taxa utilizados en los bioensayos de toxicología realizados por Encina *et al.* (2011) (Fig.4.13.2 a 4.13.4).
- Posteriormente se evaluó la proximidad de los valores de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos obtenidas en el agua superficial de las 14 estaciones del área de estudio de este Programa de Diagnóstico a la línea referencial representada por los valores NOEC obtenidos por Encina *et al*. (2011). Esto permitió establecer el Riesgo Ecológico Potencial (REP) para cada una de los taxa utilizados en este análisis según las concentraciones registradas para cada una de las tres campañas de este Programa de Diagnostico.

4.13.4. Resultados

Los valores de NOEC (µg / L) obtenidos por Encina *et al.* (2011), muestran que las especies más sensibles (*i.e.,* con valores de NOEC más bajos) fueron el copépodo (*Mesocyclops* sp.) y un insecto de la familia Leptophlebiidae (Tabla 4.3.1). A su vez, el organismo más resistente (*i.e*., valor más alto de NOEC) fue un representante del fitoplancton (la microalga *Scenedesmus quadricauda*) (Tabla 4.3.1).

Las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua del área de estudio durante los meses de abril, mayo y julio de 2014, presentaron valores extremos de 12,0-136,1 (µg / L) para el Hierro; 4,5-54,9 (µg / L) para Aluminio y 0,6-34,7 (µg / L) para el Manganeso (Tabla 4.13.2). En general, las concentraciones de Hierro fueron más altas durante los meses de abril y mayo, a la vez que las de Aluminio fueron más altas durante julio.

Tabla 4.13.1. Resumen de las concentraciones (µg/L) obtenidas para tres diferentes metales utilizados en Bioensayos de Toxicidad para NOEC y LC_{50} en siete especies locales del humedal del río Cruces. Los datos fueron extraídos de Encina *et al.* (2011).

Especies	grupo	metal	NOEC	LC_{50}
Microalga *Scenedesmus quadricauda*	Fitoplancton	Fe	1200	6300
	Clase Chlorophyceae	Al	4600	9700
		Mn	5100	9400
Microalga *del género Chlorella*	Fitoplancton	Fe	600	1200
	Clase Chlorophyceae	Al	1500	7200
		Mn	900	1400
Cladócero del género *Simocephalus*	Zooplancton	Fe	750	1500
	Clase Branchiopoda	Al	1000	5500
	Orden Cladocera	Mn	2200	7300
Rotífero del género *Brachionus*.	Zooplancton	Fe	1250	4340
	Clase Rotífera	Al	4750	5500
		Mn	800	1080
Copépodo del género *Mesocyclops*	Zooplancton	Fe	600	1800
	Clase Crustacea	Al	800	1600
	Orden Copepoda	Mn	400	800
Insecto de la familia Leptophlebiidae	Macrobentos	Fe	500	4300
	Clase Insecta	Al	800	3000
	Orden Ephemeroptera	Mn	500	7500
Insecto de la familia Chironomidae	Macroinvertebrado	Fe	5500	9100
	Clase Insecta	Al	5500	24700
	Orden Diptera	Mn	5800	36000

Tabla 4.13.2. Concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua superficial de las 14 estaciones del área de estudio correspondiente al Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del río Cruces y sus Ríos Tributarios: 2014-2015. Los valores son promedios con su desviación estándar en paréntesis para las tres campañas realizadas en el año. Las 14 estaciones pueden ser agrupadas dentro de cuatro sectores como: límnico (L), eje central río Cruces (EE), ríos tributarios (T) y fuera del humedal río Cruces (F).

Estaciones	**Hierro (µg / L)**			**Aluminio (µg / L)**			**Manganeso (µg / L)**		
Porción superior del río Cruces (sector límnico = L)	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**	**abril**	**mayo**	**julio**
1 (sector Ciruelos)	111,2 (31,0)	47,2 (5,6)	45,6 (4,3)	9,9 (2,0)	8,2 (1,1)	20,4 (1,4)	17,7 (0,28)	4,7 (0,17)	1,4 (0,16)
2 (sector Rucaco)	10,7 (3,7)	47,8 (7,9)	46,6 (12,4)	6,3 (0,6)	11,2 (0,9)	23,4 (7,0)	24,4 (0,52)	5,5 (0,51)	1,6 (0,35)
Eje central del río Cruces (sector Estuarial = EE)									
3 (sector Fuerte San Luís)	65,2 (13,6)	46,8 (0,7)	40,0 (6,2)	7,6 (1,5)	11,6 (0,3)	11,9 (1,2)	26,5 (1,47)	10,0 (0,12)	2,2 (0,02)
4 (sector Santa Clara)	57,2 (7,4)	100,3 (1,7)	53,9 (12,0)	12,9 (1,4)	14,8 (1,2)	17,9 (2,1)	0,9 (0,05)	9,2 (5,49)	2,0 (0,03)
5 (sector Tres Bocas)	53,9 (2,2)	74,8 (13,0)	58,1 (22,0)	10,9 (0,5)	13,2 (1,7)	17,2 (4,9)	1,7 (0,04)	1,1 (0,29)	4,1 (0,08)
6 (sector Punucapa)	44,0 (2,1)	64,8 (6,7)	52,7 (15,3)	9,0 (0,5)	11,8 (0,8)	13,5 (3,2)	1,4 (0,16)	0,8 (0,02)	2,5 (0,33)
7 (sector Cruces – Cau Cau)	31,4 (1,0)	56,6 (9,8)	41,4 (4,8)	6,7 (0,2)	11,3 (1,4)	13,8 (1,6)	1,9 (0,04)	1,1 (0,02)	2,2 (0,03)
Ríos tributarios del río Cruces (sector Estuarial = T)									
8 (río Pichoy interior)	117,5 (38,1)	136,1 (53,8)	63,9 (4,9)	12,6 (1,8)	21,0 (5,3)	28,3 (1,0)	27,0 (0,31)	19,1 (0,45)	22,6 (0,87)
9 (desembocadura río Pichoy)	167,4 (7,1)	89,9 (6,3)	65,2 (4,1)	19,5 (1,1)	15,5 (0,8)	25,9 (1,9)	3,9 (0,32)	2,6 (0,21)	34,7 (0,66)
10 (río Cayumapu interior)	93,0 (1,2)	112,0 (24,3)	66,5 (1,2)	6,6 (0,5)	19,2 (2,8)	38,5 (1,6)	22,4 (0,19)	4,9 (0,46)	5,4 (0,12)
11 (desembocadura río Cayumapu)	79,9 (1,9)	74,7 (13,0)	73,9 (37,4)	14,0 (0,0)	13,2 (1,1)	54,9 (36,9)	0,9 (0,04)	1,6 (0,11)	4,9 (0,02)
Fuera del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios = F									
12 (río Calle Calle)	23,7 (0,2)	33,2 (0,0)	23,7 (0,2)	5,3 (0,6)	20,0 (1,1)	10,5 (1,7)	3,5 (0,07)	0,9 (0,07)	1,8 (0,25)
13 (río Valdivia)	26,6 (1,4)	66,7 (4,3)	26,6 (1,4)	6,0 (0,0)	15,4 (0,9)	15,8 (4,9)	3,5 (0,24)	0,6 (0,02)	1,7 (0,15)
14 (río Angachilla)	12,0 (0,1)	71,9 (5,1)	12,0 (0,1)	4,5 (0,6)	17,8 (2,7)	17,5 (0,5)	11,3 (0,12)	1,8 (0,12)	2,0 (0,03)

La integración de los resultados de Encina *et al.* (2011) con las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua de las 14 estaciones del Programa de Diagnóstico, se presenta en las Figuras 4.13.2 - 4.13.4. Debido a las grandes diferencias en las magnitudes de los valores representados en los ejes "Y" de los gráficos (concentraciones de metales), fue necesario utilizar escalas logarítmicas para reducir esas diferencias a rangos más cercanos y obtener así una representación más apropiada para una mejor comprensión gráfica de los resultados.

Ninguna de las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua del área de estudio alcanzó valores similares a los indicados por Encina *et al.* (2011) como productores de efectos en las especies por ellos estudiadas. Por el contrario, las concentraciones de Fe, Al y Mn en el agua están muy por debajo de las concentraciones de ese estudio ecotoxicológico (ver Fig. 4.13.2 a 4.13.4).

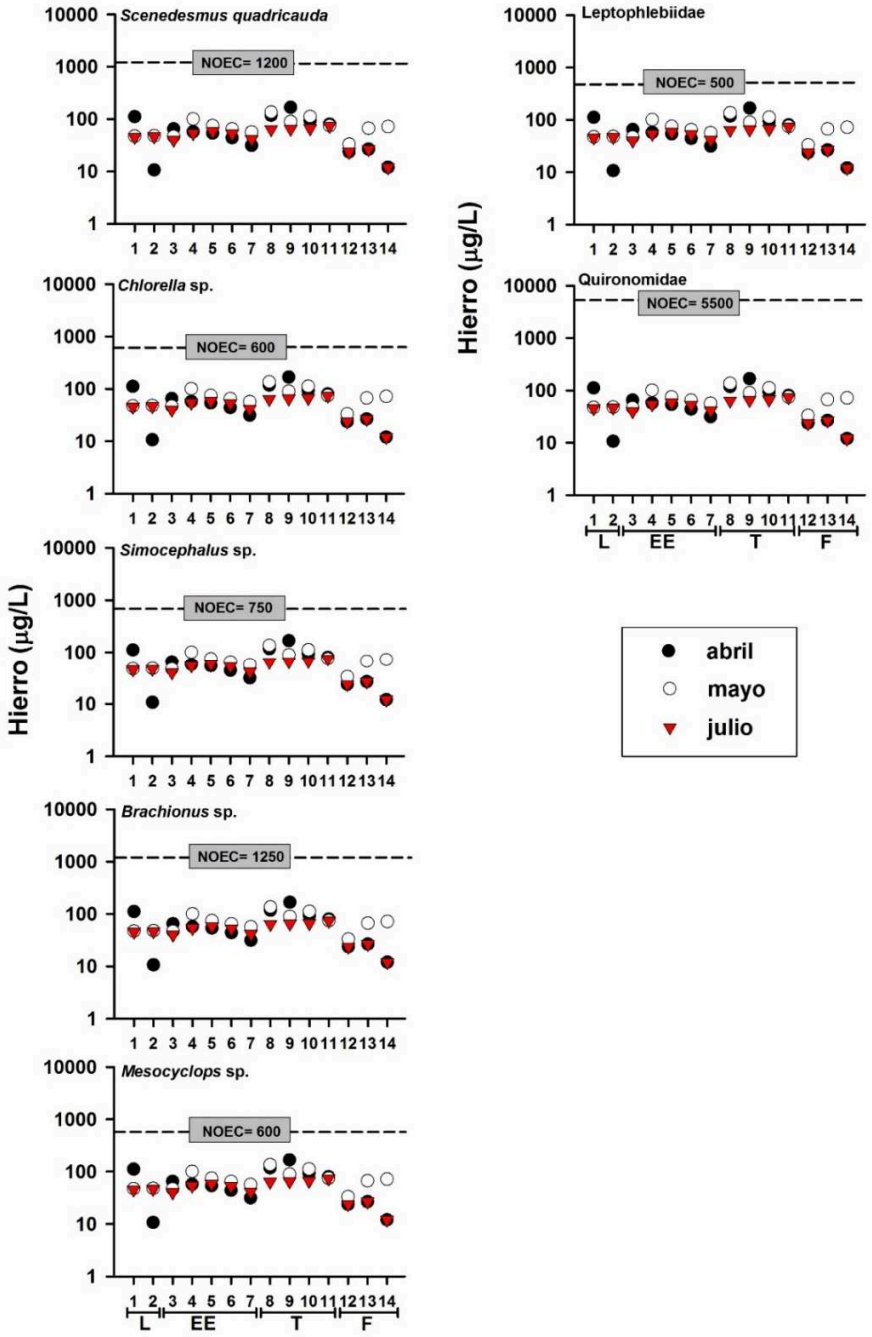


Figura 4.13.2. Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC (No Observed Effect Concentration) para Hierro disuelto en las siete especies sometidas a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Hierro disuelto en el agua superficial de las 14 estaciones del Programa de Diagnóstico Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos Tributarios: 2014-2015. Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

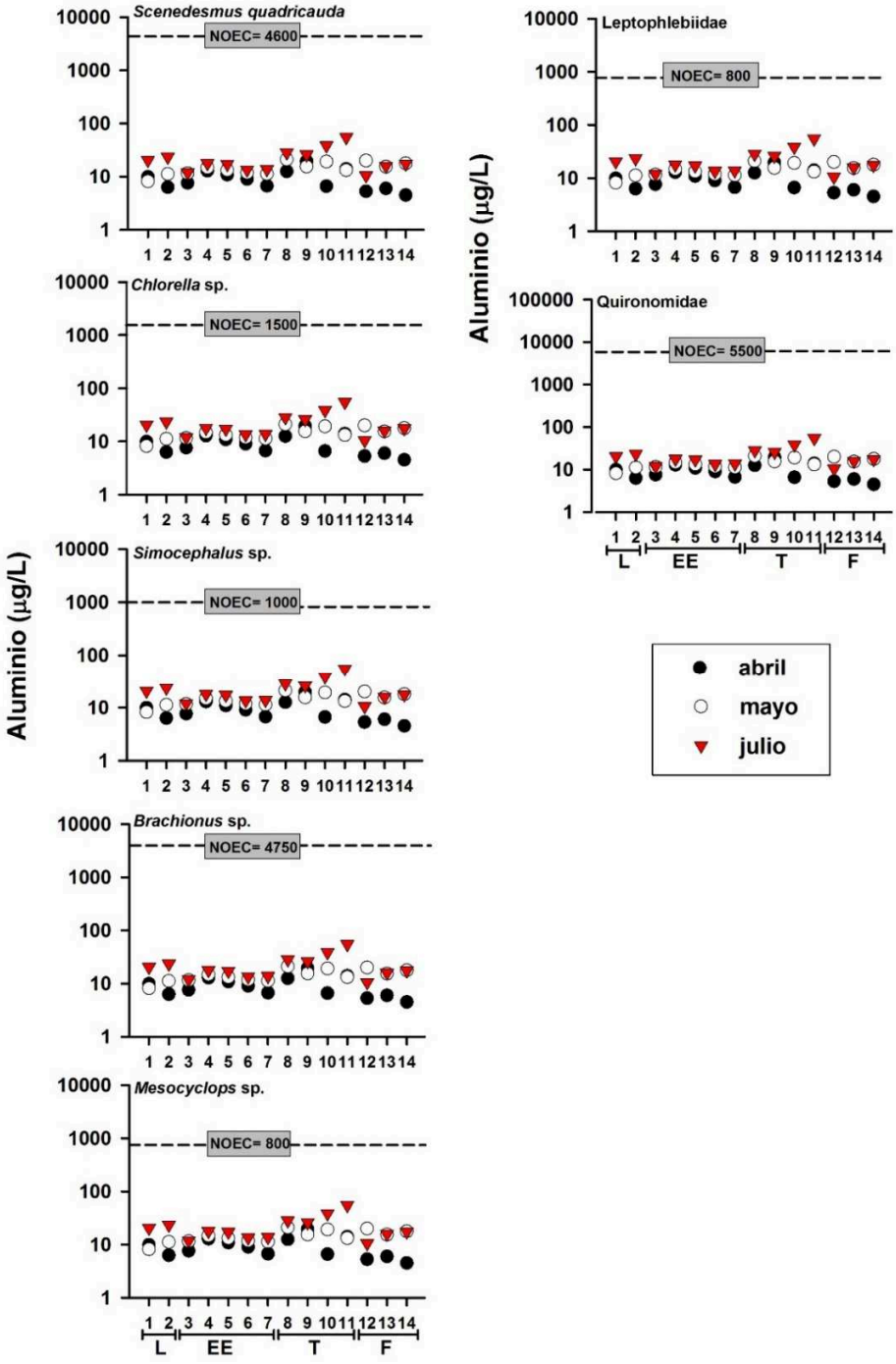


Figura 4.13.3. Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC (No Observed Effect Concentration) para Aluminio disuelto en las siete especies sometidas a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Aluminio disuelto en el agua superficial de las 14 estaciones del Programa de Diagnóstico Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos Tributarios: 2014-2015. Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

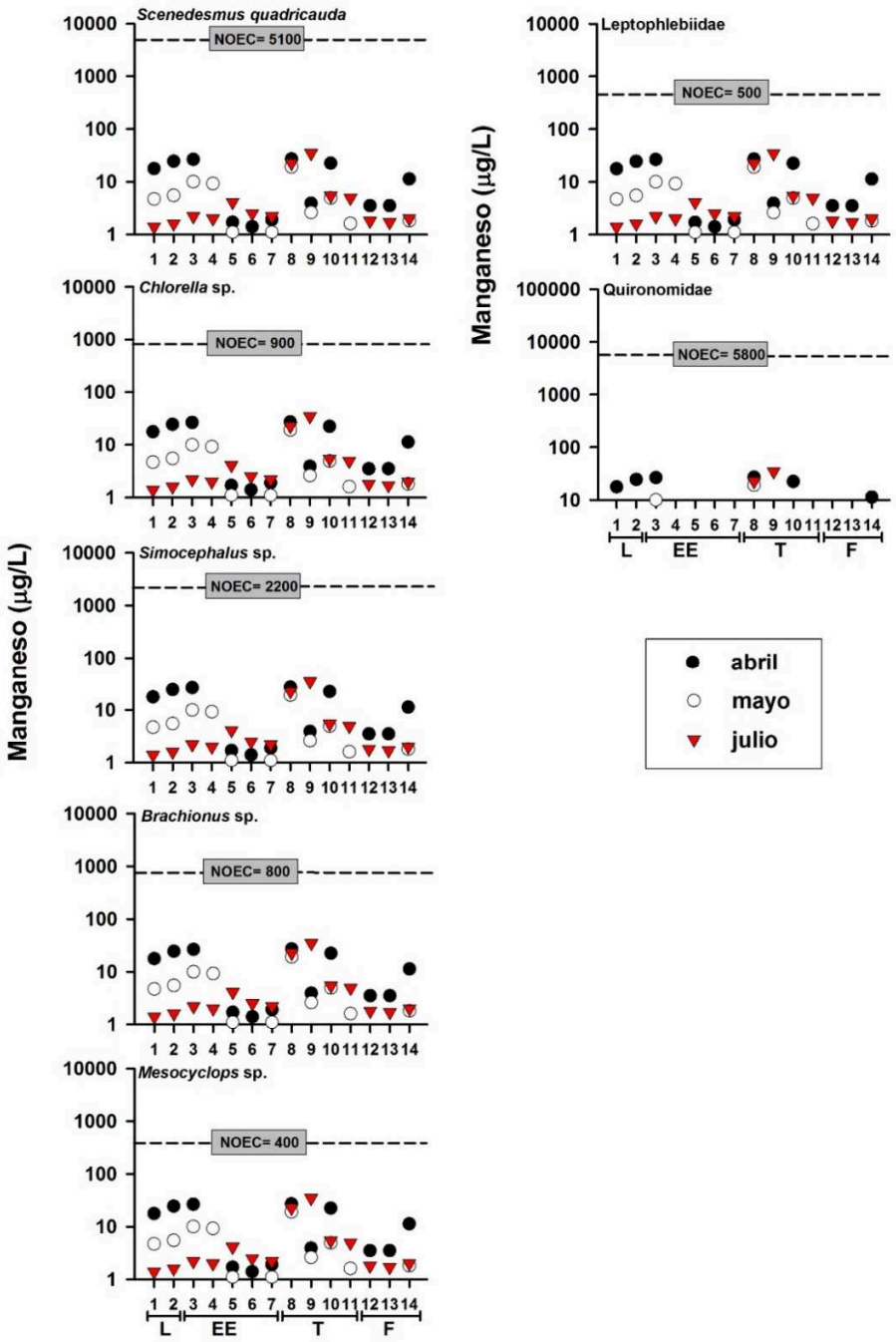


Figura 4.13.4. Resumen gráfico de la comparación de valores NOEC (No Observed Effect Concentration) para Manganeso disuelto en las siete especies sometidas a bioensayos toxicológicos por Encina *et al.* (2011) y concentraciones de Manganeso disuelto en el agua superficial de las 14 estaciones del Programa de Diagnóstico Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos Tributarios: 2014-2015. Nótese que la escala del eje Y es logarítmica.

4.13.5. Discusión

Para analizar el Riesgo Ecológico Potencial de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua del área de estudio, se compararon las concentraciones de estos elementos con los valores referenciales NOEC obtenidos para siete especies características de hábitat tipo ribereños y palustres con influencia estuarial, como es el caso del humedal del río Cruces (Encina *et al*., 2011). Los datos utilizados para estas comparaciones están incluídos dentro de una serie de estudios con aproximaciones analíticas y metodologías estandarizadas y enfocadas en validar los protocolos de bioensayos realizados (Encina *et al*., 2009, 2010, 2011).

Los análisis comparativos realizados en este estudio, muestran que de mantenerse las concentraciones medidas de Hierro, Aluminio y Manganeso disueltos en el agua del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, el conjunto de especies seleccionadas por Encina *et al.* (2011) no se vería afectada por las mismas. De manera individual, las concentraciones de Hierro disuelto en el agua registradas durante las tres campañas realizadas en este Programa de Diagnóstico, son similares a la concentración NOEC más baja obtenida para el insecto de la familia Leptophlebiidae (macrobentos). Este valor fue aproximadamente tres veces más alto que la concentración más alta medida en este estudio durante el período de menor caudal hídrico (abril) (NOEC=500 µg/L *versus* 167,4 µg/L medido en el agua superficial de la desembocadura del río Pichoy) (Fig. 4.13.2). Para el Aluminio disuelto, la concentración más alta medida en el Programa de Diagnóstico ocurrió durante el período de mayor caudal hídrico (julio) y en el agua superficial del sector de la desembocadura del río Cayumapu (54,9 µg/L). El valor más bajo de la concentración NOEC para Aluminio disuelto encontrada por Encina *et al*. (2011) se detectó en el Copépodo del genero *Mesocyclops* y en el insecto de la familia Leptophlebiidae; ese valor fue aproximadamente 15 veces más alto que al valor obtenido en el agua de la desembocadura del río Cayumapu (800 µg/L versus 54,9 µg/L; respectivamente). Durante el periodo de mayor caudal hídrico y en el sector de la desembocadura del río Pichoy, se registró la mayor concentración de Manganeso disuelto (34,7 µg/L); la comparación de

este valor con el NOEC más cercano a este registro (400 µg/L para el Copépodo del género *Mesocyclops*), entrega una relación aproximada de 12 en favor del NOEC.

Otras especies de relevancia ecológica - como por ejemplo representantes de las macrófitas acuáticas que pueden ser consideradas como bio ingenieros ecosistémicos - podrían ser indicadores más adecuados en este tipo de estudios. Sin embargo, el tamaño corporal de las mismas las hace de manipulación más difícil en condiciones de mesocosmos y protocolos estandarizados, lo que puede explicar el que no hayan sido utilizados en este tipo de análisis. Consecuentemente, los resultados de análisis ecotoxicológicos con especies que no tienen necesariamente roles claves dentro de los ecosistemas deben analizarse con cautela.

4.13.6. Conclusiones

• Durante abril, mayo y julio de 2014, las concentraciones de Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto en el agua del área de estudio alcanzaron valores extremos de 12,0-136,1, 4,5-54,9 y 0,6-34,7 µg / L respectivamente.

• Esas concentraciones estuvieron muy por debajo de las concentraciones que según Encina *et al.* (2011) producen efectos no observados (NOEC) en siete especies de microalgas y macroinvertebrados, seleccionados por un Panel de Expertos como especies clave. De mayor relevancia ecológica y de mayor representatividad en el ecosistema del humedal.

• Por lo tanto y en base a esos estudios, puede concluirse que las actuales condiciones de calidad de agua en el área de estudio y sólo referidas a Hierro, Aluminio y Manganeso disuelto, no presentan un riesgo ecológico para las especies locales estudiadas por Encina *et al.* (2011).

4.13.7. Referencias

Encina, F. 2009. Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico teórico en apoyo a la elaboración del Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia. 185 pp.

Encina, F. 2010. Evaluación de Riesgo Ecológico para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como Apoyo a la Elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas de la Cuenca del rio Valdivia. 144 pp.

Encina, F. 2011. Evaluación de Riesgo Ecológico (Crónico) para el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter como apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia. 74 pp.

Newman, M. C., and M. A. Unger. 2003. Fundamentals of ecotoxicology. Second Edition. Lewis Publishers, CRC Press. Boca Raton, USA. 458 pp.

4.14. Conocimiento ecológico local (Estudio 14):

4.14.1. Antecedentes

Una de las orientaciones del Consejo Científico Social (CCS) para el diseño del Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río Cruces (HRC) fue "considerar la participación de la comunidad y su conocimiento ecológico local en el diseño y la implementación del diagnóstico". Dado que la etapa de diagnóstico se desarrolló en forma paralela a este estudio, se espera que los resultados permitan aportar información principalmente respecto del programa de monitoreo. Esta orientación metodológica del CCS refleja la preocupación por un importante recurso, como es el conocimiento de actores locales, para la recuperación del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, asunto que es abordado por este estudio.

La importancia del conocimiento tradicional en el estudio de las relaciones ecológicas tiene sus primeros antecedentes en la década de 1950 a través del desarrollo de la etnoecología (Reyes-García 2008). Sin embargo, el conocimiento local y su aplicación al manejo de recursos naturales y, luego, al estudio de los ecosistemas, adquirió nueva vigencia a partir de la segunda mitad de la década de 1980 (Blaikie *et al.,* 1997; Gómez-Baggethun, 2009). Un aspecto distintivo entre las primeras aproximaciones al conocimiento ecológico local (en adelante CEL) y las miradas contemporáneas es que no se centra en la colección de datos o conocimiento *factual* de modo aislado, sino en los procesos que permiten situar ese conocimiento en los campos de prácticas y medios de vida de las comunidades que le dan sentido (Blaikie *et al.,* 1997; Warburton & Martin, 1999), así como también a la identificación de interfaces de conocimiento, entendidas como la articulación dinámica entre conocimiento científico, experto y experiencial/local (Long, 2001). A este cambio paradigmático se le ha denominado de "pluriversidad epistémica" (Escobar, 2000) o "diálogo de saberes" (Leff, 2006) y supone adoptar transformaciones en las formas como se desarrollan las investigaciones, proyectos, programas y políticas sobre desarrollo para incluir activamente la experiencia y conocimiento de los actores locales y comunitarios.

En tal sentido y para los objetivos de este estudio, cabe en primer lugar una definición amplia del conocimiento local como la planteada por Warburton & Martin:

> "El conocimiento es mucho más que una colección de hechos: se refiere a todo el sistema de conceptos, creencias y percepciones que las personas tienen sobre el mundo que les rodea. Esto incluye la forma en que las personas observan y miden lo que está alrededor de ellos, cómo resuelven los problemas, y la forma en que validan la información nueva. También incluye el proceso mediante el cual el conocimiento es generado, almacenado, aplicado y se transmite a los demás" (Warburton & Martin 1999:13).

El conocimiento es una categoría conceptual asociada a las acciones y experiencias desplegadas por las personas en el proceso de habitar el mundo (Ingold, 2000) y comprende tanto las formas en las que exploramos el entorno, interpretando y dando significados, así como los modos de organización de los mismos en sistemas culturales complejos. En la vida cotidiana muchos de estas experiencias y aprendizajes son inseparables unos de otros y, la dimensión ecológica, si bien puede asociarse a aspectos específicos del conocimiento, es solo analíticamente separada de otras dimensiones de la vida social durante el ejercicio de la investigación. Como señala Reyes-García (2009:41), "Al igual que el conocimiento científico, el conocimiento ecológico tradicional es producto de un proceso acumulativo y dinámico de experiencias prácticas y adaptación al cambio. A diferencia del conocimiento científico, el conocimiento ecológico tradicional es local, holístico y portador de una cosmovisión que integra aspectos físicos y espirituales". Dada esta aclaración sobre el carácter holístico del conocimiento ecológico tradicional, se adoptará la siguiente definición operacional del CEL:

> "un cuerpo acumulativo de conocimientos, prácticas y creencias que evoluciona a través de procesos adaptativos y es transmitido mediante formas culturales de una

generación a otra acerca de las relaciones entre seres vivos, incluyendo los seres humanos, y de los seres vivos con su medio ambiente" (Berkes *et al.,* 2000:1252).

Otro aspecto que requiere una clarificación conceptual es la relación entre percepción y experiencia. Las percepciones en este trabajo se entienden desde una perspectiva fenomenológica de la acción social (Noë, 2004), y por lo tanto constituyen una dimensión de la experiencia. Desde esta perspectiva "percibir es una forma de actuar: La percepción no es algo que nos pasa o está en nosotros. Es algo que hacemos" (Noë, 2004:1). En este sentido toda percepción es intrínsecamente activa, la experiencia perceptual adquiere contenido gracias a las destrezas y la corporalidad desplegada en las actividades del perceptor.

Finalmente, en relación con los conceptos de trabajo de este estudio es posible, también para fines operacionales, distinguir entre tres tipos de conocimientos que se encuentran presentes en muchas situaciones de desarrollo y se manifiestan en prácticas sociales diferenciadas de acuerdo a la adscripción a comunidades de prácticas.

• **Conocimiento científico**: formal, validado a través del método científico y en relación a un ejercicio evaluativo basado en pares externos. Aspira a establecer relaciones causales y generar formulaciones universales.

• **Conocimiento experto**: inserto en comunidades de profesionales y validado por adscripción institucional. Orientado a la intervención y evaluación de procesos y por lo tanto con una clara orientación normativa e instrumental.

• **Conocimiento local**, informal o con reglas específicamente situadas de organización, basado en las experiencias de vida y la validación cultural de esas experiencias. Es holístico pero no tiene una pretensión universalista.

Especialmente en situaciones de crisis, la activación del conocimiento local es un medio de empoderamiento de las comunidades para poder ejercitar sus propias

habilidades de interpretación y gestión, abriendo espacios potenciales para una mayor autonomía en los procesos de desarrollo. Esto implica internalizar procesos metodológicos que faciliten la co-construcción de conocimiento; en otras palabras, la creación de oportunidades para generar conocimiento en interface entre los distintos tipos de conocimiento y de los actores que los generan (Long, 2000).

4.14.2. Objetivos

- Identificar aspectos relevantes del conocimiento ecológico local de comunidades asentadas en el área de influencia del humedal.
- Generar parámetros que contribuyan a las futuras acciones de monitoreo con el propósito general de conservar el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

4.14.3. Material y métodos

El estudio está basado en una aproximación cualitativa de la investigación social que releva la importancia del conocimiento ecológico a partir de los discursos y las prácticas de actores sociales situados en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Basado en las teorías de la acción social (Joas, 1996), las prácticas sociales (Schatzki, 1996; Schatzki, 2002) y los discursos para el cambio social (Fairclough, 1992), el estudio confiere importancia y credibilidad a las expresiones, percepciones y experiencias de estos actores, pues asume que, independiente de su verificabilidad científica, ellas se constituyen en motivos legítimos para la acción individual y colectiva de los grupos humanos asentados en el área de influencia y que, además, estas acciones se encuentran enraizadas en formas culturales cuyo valor intrínseco debe ser respetado y valorado.

La metodología empleada en el estudio se basó en una estrategia flexible de aproximación y registro etnográfico propia del Enfoque Orientado al Actor (EOA) (Long, 2000), lo que requirió de: **a)** la identificación de contactos y la selección de informantes claves; **b)** el establecimiento gradual de confianza entre el equipo de investigación y los informantes claves, así como disposición explícita de estos últimos a participar del estudio,

y; **c)** visitas periódicas para establecer espacios de observación y conversación que permitieran indagar sobre los parámetros del estudio.

Las técnicas utilizadas para levantar información son de dos tipos, las que a su vez son listadas de menor a mayor grado de complejidad:

- Técnicas de observación (observación, observación participante, caminatas y navegaciones de transecto)
- Técnicas dialógicas y conversacionales (entrevistas informales, entrevistas semi-estructuradas, entrevistas grupales, entrevistas en profundidad).

Las entrevistas tuvieron un carácter abierto en la primera etapa, con el propósito de no inducir o limitar las respuestas de los informantes sobre los temas en estudio. En la segunda fase las entrevistas semi-estructuradas consideraban preguntas y temas sobre los cuales se requería profundizar y obtener una mayor elaboración en las respuestas. Esta estrategia de gradualidad es concordante con los resguardos metodológicos sugeridos por Warburton & Martin (1999) para evitar sesgos en el estudio del CEL.

4.14.3.1. Etapas de la investigación

El estudio estuvo dividido en tres etapas de investigación:

• **Fase exploratoria** (mayo a primera quincena de septiembre de 2014): consideró el período de identificación de contactos así como la familiarización con las localidades del área de estudio. Durante esta etapa se identificaron 45 informantes potenciales (ver el detalle en la Figura 4.14.2), y se estableció contacto directo con 28 de ellos a través de 12 visitas a terreno (que incluyeron 2 transectos fluviales), 10 entrevistas formales y 2 reuniones lo que permitió ajustar las categorías analíticas de acuerdo a los hallazgos iniciales del trabajo de campo e interpretar los primeros datos para afinar los instrumentos de levantamiento y registro de información de la siguiente fase;

• **Fase de profundización** (segunda quincena de septiembre a primera quincena de diciembre de 2014): en esta etapa se trabajó en la profundización de la información a través de 9 visitas a terreno (incluyó 4 transectos terrestres y 3 transectos fluviales) y 24 entrevistas formales, ampliando el número de contactos establecidos a 50 y seleccionando de este universo a 14 informantes claves escogidos por su aporte al CEL y en función de lograr representatividad en la distribución espacial y en el tipo de informante.

• **Fase de interpretación de datos** (segunda quincena de diciembre 2014 y enero de 2015): etapa de transcripción de los registros de audio, codificación del material con uso de software Atlas TI versión 7.5.2 e interpretación de la información textual y documental registrada a través de sesiones de hermenéutica colectiva del equipo de trabajo (Molitor, 2008).

4.14.3.2. Operacionalización de parámetros.

A continuación se detallan los criterios teórico-metodológicos utilizados en la operacionalización de los parámetros investigados:

a) Interpretación de percepciones y experiencias. Para operacionalizar este parámetro se determinó levantar y organizar la información alrededor de ciertos ***hitos*** de experiencias compartidas por los habitantes del humedal. Estos hitos no constituyen objetos de investigación propiamente tal, sino que tiene un valor heurístico para ordenar temporalmente las ***experiencias*** y ***percepciones*** de los actores locales. En el transcurso de la etapa exploratoria estos hitos se indagaron a través de dos fuentes: información secundaria (para el período 2004-2014), e información primaria en torno a la memoria del humedal (abierta a otros períodos). Esta última decisión metodológica responde al hallazgo de que varios informantes declaran otros hitos que anteceden el período en estudio como de importancia para entender el estado actual del humedal.

b) Identificación de transformaciones. Un parámetro central para establecer las transformaciones detectadas por los actores locales en el HRC son los ***socio-bio-indicadores***, que se refieren a dos posibles tipos de cambios registrados por la percepción y experiencia de los actores locales durante el período 2004-2014:

- Cambios en aspectos cualitativos o cuantitativos (en distintas unidades de magnitud) de agentes bióticos y abióticos.
- Cambios en el comportamiento de los habitantes del humedal en relación a actividades previamente desarrolladas.

c) Identificación de amenazas. Son transformaciones asociadas a aspectos negativos identificados por los actores para la mantención y mejoramiento de la vida social y la calidad ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios en el futuro inmediato o a largo plazo. Las amenazas surgen desde las experiencias y percepciones cotidianas en torno al humedal, descritas en parámetro **(a)** de esta sección, pero están siempre asociadas a un deterioro o empobrecimiento de dicha experiencia o a una valoración negativa de la misma.

d) Indicaciones para el monitoreo. En este parámetro se registraron todas las indicaciones que tanto en la fase exploratoria como en la fase de profundización, surgieron desde los contactos e informantes claves y que pudieran ser de utilidad o interés de seguimiento para el monitoreo en el conjunto de estudios. Asimismo, tanto para la categoría de contactos como de informantes claves, se registró la disposición de participar de acciones de seguimiento y monitoreo local a partir de 2015.

4.14.3.3. Caracterización de las Zonas de investigación

Para fines estrictamente metodológicos y de organización de la información se dividió el área de estudio en cuatro zonas: Norponiente; Nororiente; Surponiente y Suroriente. Cada zona está integrada por un número de localidades y asentamientos cuyo detalle se puede observar en la Figura 4.14.1.

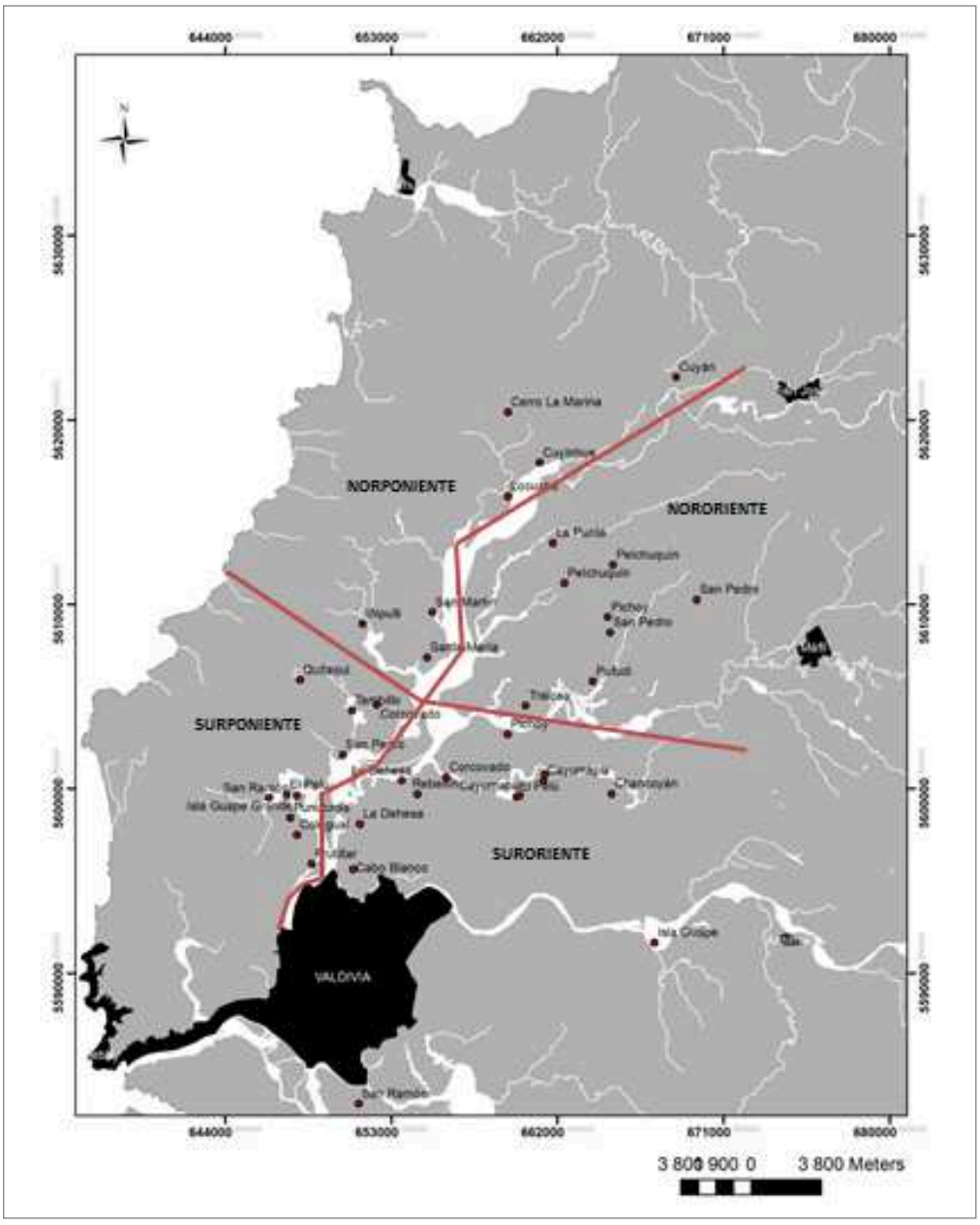


Figura 4.14.1. Mapa de las cuatro zonas de investigación del estudio del CEL.

Este arreglo metodológico se basa en el principio de *situacionalidad*, el cual asume que los individuos tienen un conocimiento diferenciado por su experiencia de habitar un determinado lugar y formas de organización social distintivas en base al mismo factor

(Ingold, 2000; Escobar, 2000). Por lo tanto, los habitantes de cada localidad observan, exploran y se relacionan con el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios desde una perspectiva distinta, y si bien se mantuvieron las especificidades de información cuando ellas aportaron datos espacialmente referenciados, la información general se presenta en relación a estas 4 grandes zonas. Esta división no supone desconocer relaciones que se dan entre diferentes zonas ya que se trata de delimitaciones que si bien tienen asidero empírico en hitos geográficos locales (ríos y esteros) son principalmente metodológicas. A continuación se presenta la delimitación operacional y una breve caracterización geográfica y sociocultural de las zonas del estudio. Los aspectos demográficos se abordaron en el Estudio 12 de este Diagnóstico.

a) Caracterización Zona Nororiente. La zona nororiente del humedal limita al sur con el río Pichoy y al oeste con el río Cruces. Para los fines de esta investigación se consideraron en esta zona los asentamientos de Tralcao, Pufudi, Pelchuquín, La Punta y Plaza de Armas, las cuales administrativamente forman parte de la comuna de Mariquina. Corresponde a un área inundable de tierras bajas donde es posible encontrar principalmente fundos de lecherías, pastoreo y viveros hortícolas y forestales. La zona también destaca por la presencia de pequeños productores frutícolas.

De las localidades de la zona nororiente, la más poblada es Pelchuquín, cuya historia se encuentra marcada por la instalación de la misión capuchina en 1863 como consecuencia de los procesos de incorporación del sur al territorio nacional. De esta manera, las características identitarias de Pelchuquín se fundan en el sincretismo entre las culturas williche-mapuche, española y – aunque con posterioridad – alemana, las cuales se encuentran en torno a la influyente labor religiosa en la zona (Villanueva, 2014). Actualmente, el legado religioso se expresa en la masiva fiesta de la Inmaculada Concepción cuando cada 8 de diciembre las/os habitantes de comunidades como Tralcao, La Punta y Pufudi peregrinan a la iglesia de San Antonio de Padua en Pelchuquín (Villanueva 2014).

Las/los habitantes de esta zona se encuentran organizados en juntas de vecinos (Tralcao, Pelchuquín y La Punta), Comités de adelanto (Pufudi), Comités de agua potable rural (Tralcao y Pufudi), Agrupación de mujeres (Tralcao), Comité de Hortofrutícolas y Agrupación de Cereceros. Asimismo, dada la alta población indígena mapuche en esta zona, se han constituido la Comunidad Indígena de Tralcao, la Asociación Indígena de Tralcao y la Comunidad Mapuche La Punta.

La localidad de Tralcao cuenta con una escuela rural básica a la cual asisten 6 estudiantes. En Pufudi hay un colegio que recibe a 227 estudiantes de diferentes sectores y comunidades aledañas. La Punta cuenta con una escuela particular a la que asisten 40 estudiantes, mientras que en Pelchuquín hay 2 escuelas que, en conjunto, reciben a 269 estudiantes.

Tanto Pelchuquín como Pufudi se ubican próximos a la Ruta 5 Sur, mientras que las/os habitantes de Tralcao deben caminar alrededor de 40 minutos para acceder a ella. En el caso de Plaza de Armas y La Punta, el acceso sólo es posible en vehículo particular desde Pelchuquín.

b) Caracterización Zona Norponiente. La zona norponiente del humedal limita al sur con el estero Santa María y al este con el río Cruces. Los principales asentamientos humanos que se ubican en esta zona son Iñipulli, Santa María, San Martín, Locuche, Cerro La Marina, Cuyinhue y Cuyán, a los cuales se accede por la Ruta T-248 que une Iñipulli con San José de la Mariquina y que se encuentra pavimentada hasta el sector de Cuyan.

La historia de esta zona del humedal se encuentra fuertemente marcada por la construcción del Fuerte San Luis de Alba en 1649 a orillas del río Cuyinhue, que al ser navegable por cualquier embarcación durante todo el año permitía mantener la conectividad entre Valdivia y Concepción ofreciendo seguridad y fácil tránsito a los

viajeros (Saldivia, 2011). La instalación de una fortificación hispana en Mariquina respondía, por una parte, a la intención de controlar a la población *williche* del Valle de Mariquina, pero también a que el territorio ofrecía amplias praderas para alimento del ganado y tierras fértiles para la cosecha de maíz y cereales (Saldivia, 2011).

Más tarde, en el marco del proceso de colonización, Pedersen (1992) señala que en 1849 Guillermo Frick realizó la mensura de los terrenos fiscales del Valle de Mariquina, comprobando que en los ríos Cruces, Pichoy y Cuyinhue hasta San José de la Mariquina, los terrenos estaban ocupados por chilenos o mapuches. No obstante, un reducido número de alemanes lograron adquirir tierras. En Santa María, a orillas del río Cruces, se formó la primera sociedad de alemanes compuesta por setenta personas para dedicarse al cultivo de lino, sin embargo debido a desacuerdos terminan por dispersarse a otros lugares (Saldivia, 2011).

Las/los habitantes de esta zona se encuentran organizados en juntas de vecinos (Iñipulli, Locuche, Cuyán), Comité de Adelanto (Cerro La Marina), Comité de Agua Potable (Cuyinhue-Cerro La Marina) y dos comunidades indígenas (Comunidad Indígena de Iñipulli y Comunidad Indígena Cuyin Mapu de Cuyinhue y Cerro La Marina). En términos productivos, destaca la Agrupación de Turismo La Ruta del Castillo cuyos integrantes pertenecen a diferentes localidades de esta zona.

En la zona norponiente existen cuatro establecimientos educacionales que imparten educación básica: la Escuela Rural de Iñipulli (7 alumnos), la Escuela Rural Jorge Roberto Fontannaz Bluas de Cuyán (7 alumnos), la Escuela Rural San Sebastián de Cuyinhue (3 alumnos) y la Escuela Rural de Locuche (MINEDUC, 2014).

La zona cuenta con suelos fértiles aptos para cultivos agrícolas y para la actividad ganadera, coexistiendo medianos productores agrícolas y agricultura familiar campesina.

Destacan además en la zona la presencia del Fundo San Martín de la Universidad Austral de Chile y el Fundo Santa María.

En el caso de la producción forestal, en la zona hay producción de madera nativa de pequeña escala y grandes fundos forestales con escasa integración de mano de obra local debido a la mecanización de las faenas forestales.

La actividad turística tuvo en las décadas anteriores un mayor auge ya que se desarrollaba en torno al Santuario de la Naturaleza y al Castillo San Luis de Alba. Hoy el Castillo San Luis de Alba está en proceso de restauración por lo que se están diseñando iniciativas para crear una oferta integrada de productos turísticos y mejorando la asociatividad y conectividad.

c) Caracterización Zona Suroriente. La zona suroriente limita al norte con el río Pichoy y al sur con el río Calle Calle, por lo que administrativamente corresponde a la comuna de Valdivia. Los principales asentamientos humanos de esta zona son Cayumapu, Chancoyán, La Dehesa, Rebellín y Cabo Blanco. En el caso de Cayumapu, Chancoyán, La Dehesa, Rebellín, el acceso es a través de la Ruta 205 que une Valdivia con la Ruta 5, y en el caso de Cabo Blanco se debe tomar el camino Cabo Blanco-Las Marías que está actualmente en proceso de pavimentación.

La Villa Cayumapu, se formó hace más de 20 años, a partir de un grupo de empleados de la empresa lechera COVAL que deciden comprar el terreno para hacer sus casas (Barrientos s/f). En ese entonces llegaron 43 familias, las que contaban con servicios básicos de agua, luz y alcantarillado. Con el tiempo la comunidad ha crecido rápidamente, asociado a procesos de parcelación de las propiedades agrícolas, lo que ha implicado que durante los últimos años el Estado haya debido invertir recursos en el desarrollo urbanístico de la localidad, financiando proyectos de dotación de agua potable, ampliación del sistema de alcantarillado y la construcción de una planta de tratamiento de las aguas servidas.

En el caso de Cabo Blanco, hasta mediados de la década de los noventa se trataba de una localidad donde habitaban familias de colonos que se asentaron en esa zona para dedicarse a la agricultura y la pequeña ganadería. A partir de esta fecha la comunidad comenzó a crecer, debido al loteo de varias hijuelas para parcelas de agrado, configurando de esta forma su imagen actual de sector residencial del área periurbana de la ciudad de Valdivia (Barrientos s/f).

Las/los habitantes de la zona suroriente se encuentran organizados en juntas de vecinos (Villa Cayumapu, Camino Real, Chancoyán y Cabo Blanco), comités de agua potable rural (Cayumapu y Cabo Blanco) y comité de salud (Cayumapu).

En la zona suroriente existen dos escuelas que imparten educación básica: Escuela Rural Cayumapu (21 alumnos) y la Escuela Particular San Sebastián de Chancoyan (29 alumnos), no obstante la mayoría de los estudiantes de la zona asisten al colegio en Valdivia dada la cercanía con este centro urbano.

En cuanto a las características económicas y productivas de la zona, en el caso de Cayumapu hasta el cierre de la planta Lácteos Valdivia (Quesos Las Parcelas) a comienzos del año 2013 una parte importante de su población se empleaba en otras empresas del sector, como Sone S.A, Víveros BOPAR, Alessandrini, Celulosa Arauco y Viveros Araucano (Barrientos s/f). En el caso de Cabo Blanco, la gran mayoría de sus habitantes vive del trabajo asalariado realizado en Valdivia y existe un grupo minoritario de personas que se emplean como obreros agrícolas o de forma particular en el trabajo en el campo, ya que actualmente sólo subsisten dos lecherías de tamaño mediano y muy pocos predios agrícolas.

d) Caracterización Zona Surponiente. Esta zona de investigación limita al norte con el estero Santa María, al este con el río Cruces y al oeste con el Cerro Oncol (cordillera de

la costa). Las principales localidades y fundos considerados en esta zona fueron Corcovado, Quitaqui, Tambillo, San Pedro, Isla Guape Grande, Isla Guape Chica, San Ramón, El Pelú, El Potrero, Punucapa, Colegual y Frutillar.

Entre los pequeños valles que se forman, el asentamiento más poblado es Punucapa, pueblo de existencia previa a la invasión española y cuyos antiguos habitantes de origen williche-mapuche fueron desplazados hacia la costa (Barrientos s/f). Durante el siglo XVIII, la zona se caracterizó por su producción agrícola especialmente de frutillas, legumbres, hortalizas, flores y chicha de manzana, otorgando particularmente a esta localidad un importante rol económico como proveedor de la ciudad de Valdivia a través del río y la feria fluvial.

Desde esa época la religión fue concebida como una importante vía de homogenización cultural para la población mapuche. En 1879 comenzó la construcción del santuario de la Virgen de la Candelaria y el 2 de febrero de 1882 se realizó por primera vez su celebración (Bahamonde & Carstens 2012), transformando a Punucapa en un centro social y religioso de alta importancia para Valdivia y sus comunidades aledañas, lo que contribuyó a fomentar el dinamismo del transporte fluvial.

Las/los habitantes de esta zona se encuentran organizados en cinco juntas de vecinos (Punucapa, Chabelita, El Potrero, Colegual, y Quitaqui y alrededores), además de diversas organizaciones sociales comunitarias (Comité de adelanto, Comité de artesanos, Comité Luz Eléctrica, Agrupación de artesanos, Agrupación de la Iglesia Católica, Club deportivo, Comités de agua potable, Comité de Salud, Comité del Adulto Mayor).

La única escuela del sector surponiente corresponde a la Escuela Rural de Punucapa, a la cual asisten actualmente 3 estudiantes, quedando en evidencia la tendencia al despoblamiento de los espacios rurales así como el envejecimiento de la población local.

Las/los habitantes permanentes de los sectores de Quitaqui y Tambillo son los únicos que actualmente mantienen una relación cotidiana directa con el humedal, puesto que la vía fluvial sigue siendo el único acceso para el transporte público a través de una lancha subsidiada que realiza 1 ó 2 recorridos diarios. Si bien el acceso a Quitaqui también es posible mediante vía terrestre desde el Parque Oncol, el camino se encuentra en condiciones deficientes que permiten el paso únicamente a caballo o con vehículos de doble tracción. El sector de Punucapa, por su parte, hasta 1987 tenía como única vía de acceso el río Cruces, pero actualmente es posible acceder a través del camino costero que va desde Valdivia a Curiñanco, donde existen dos bajadas hacia el pueblo (Punucapa bajo y el Potrero), así como también a través de una calzada que bordea la ribera poniente del río (Bahamonde & Carstens 2012), esto es pasando por el sector de Frutillar.

En términos generales, en la zona surponiente se encuentra la mayor diversidad biológica del área de estudio, correspondiente al Parque Oncol, de propiedad de Arauco, y ubicado en la ladera oriental de la cordillera de la costa, donde colinda con paños de plantaciones forestales, también de propiedad privada.

4.14.3.4. Caracterización de informantes

Como se explicó anteriormente, la fase exploratoria del estudio contempló un período de identificación de 45 “contactos” locales, y la fase de profundización la identificación de otros 22 contactos así como la selección definitiva de 14 “informantes” claves. El esquema de identificación de contactos y selección de informantes se presenta en la Figura 4.14.2.

En el proceso de identificación de actores locales para cada una de las cuatro zonas en que fue dividida el área de estudio, fue posible distinguir dos tipos de contactos: aquellas/os con los que se estableció comunicación de manera efectiva a través de entrevistas y explicitaron su disposición a participar en el estudio (50 en total entre ambas

fases); y aquellos que surgen a partir de la metodología bola de nieve, que fueron sugeridos por los contactos establecidos dado el potencial interés para los propósitos de la investigación y que fueron contactados de modo preliminar por vía telefónica o a través de una entrevista informal. Una parte importante de estos contactos potenciales fueron entrevistados formalmente en la fase de profundización.

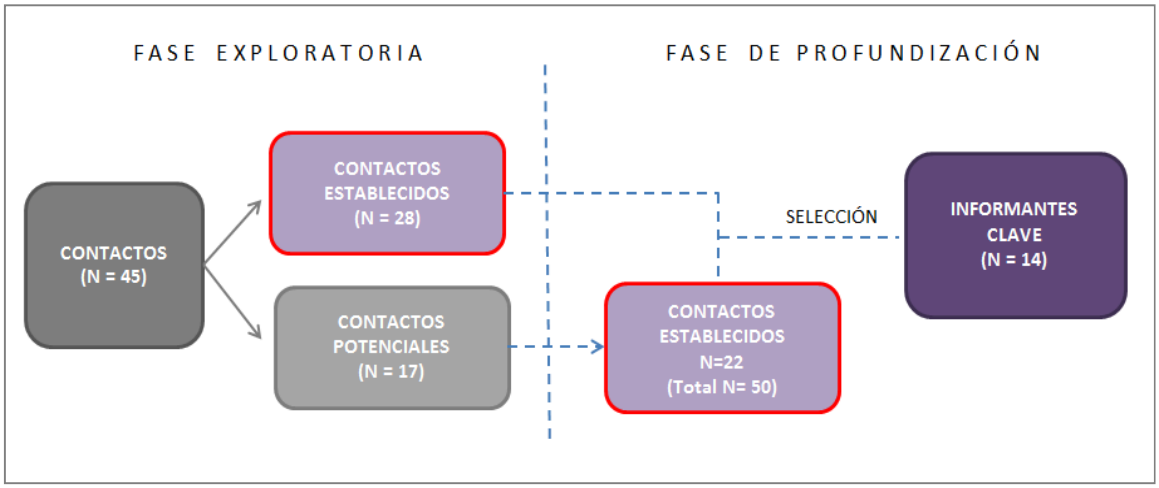


Figura 4.14.2. Esquema de proceso de selección de informantes clave.

Los contactos establecidos se ordenaron en categorías analíticas de tipos de actores de acuerdo a los hallazgos preliminares del trabajo de terreno realizado en la fase exploratoria. Estas categorías fueron definidas a partir de la vinculación de los actores identificados con el humedal y/o con el sector en el cual habitan, como se describe a continuación:

- Dirigentes: aquellas personas que fueron contactadas en la fase exploratoria de la investigación dado que ejercen una función o cargo directivo en alguna organización social o vecinal con actividad en el territorio.
- Agricultoras/es: aquellas personas que fueron contactadas debido a que realizan alguna actividad productiva (comercial o de autosustento) en el ámbito

silvoagropecuario y que por este motivo mantienen una relación de contacto estrecha con el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

• Profesionales: aquellas personas que fueron contactadas debido a que realizan alguna actividad profesional en el territorio de estudio vinculada directa o indirectamente al humedal.

• Oficio: aquellas personas que fueron contactadas debido a que desempeñan un oficio que está vinculado estrechamente al humedal y su ecosistema.

• Habitantes o pobladores: aquellas personas que fueron contactadas debido a que han habitado por largo tiempo en el área de influencia directa del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios.

En la Tabla 4.14.1 se presenta la información sobre los contactos establecidos para ambas fases y los informantes seleccionados en la fase de profundización diferenciados por sector, localidad y categoría que representan.

Tabla 4.14.1. Categorías y tipos de contactos e informantes por localidad y sector.

Sector	Localidad	Contacto según categoría 1ª fase	Contacto según categoría 2ª fase	Informantes claves según categoría
Nororiente	Tralcao	1 Dirigente 2 Habitantes 1 Profesional	2 Dirigentes 1 Agricultor/a	1 Agricultor/a
	Pelchuquín	2 Profesional	1 Habitante	1 Habitante
	La Punta	1 Profesional	1 Agricultor/a	1 Agricultor/a
	Pufudi	1 Profesional		
Subtotal		**8**	**5**	**3**
Norponiente	Iñipulli	1 Dirigente		1 Dirigente
	Santa María	1 Profesional		1 Profesional
	San Martín	1 Oficio		1 Oficio
	Locuche	3 Dirigentes	1 Agricultor/a	1 Agricultor/a
	Cuyinhue	1 Oficio		
	Cerro La Marina	1 Dirigente		
	Cuyán	1 Dirigente	1 Agricultor/a	1 Dirigente
Subtotal		**9**	**2**	**5**
Suroriente	Cabo Blanco	1 Dirigente	1 Agricultor/a	1 Agricultor/a
	Rebellín	1 Profesional	1 Habitante	
	Cayumapu	1 Dirigente	2 Habitantes	1 Habitante
		1 Profesional	2 Agricultores/as	
Subtotal		**4**	**6**	**2**
Surponiente	Punucapa	3 Habitantes 2 Oficio	3 Habitantes 1 Oficio	1 Habitante 1 Oficio
	Frutillar	1 Profesional 1 Dirigente	1 Dirigente 1 Agricultor/a 1 Habitante	1 Agricultor/a
	Quitaqui		1 Habitante 1 Dirigente	1 Habitante
Subtotal		**7**	**9**	**4**
Total		**28**	**22**	**14**

Por otra parte, en la Tabla 4.14.2 se resumen las salidas a terreno efectuadas por el equipo de trabajo, las que se componen de trabajo de reconocimiento del territorio de estudio por vía terrestre y fluvial, además de entrevistas y reuniones con los contactos establecidos e informantes seleccionados.

Tabla 4.14.2. Fechas de reuniones, entrevistas y salidas a terreno

Sector	Localidad	Fechas de salida	Tipo de salida
Nororiente	Pelchuquín, San Antonio, Plaza de Armas, La Punta, Tralcao	30 mayo, 2014	Terreno, Reunión
	Tralcao	06 agosto, 2014	Terreno
	Pelchuquín, Pufudi	05 septiembre, 2014	Terreno
	Pufudi	11 septiembre, 2014	Terreno
	Pelchuquín	15 septiembre, 2014	Terreno
	Pelchuquín, La Punta[18]	16 septiembre, 2014	Entrevista, Terreno
	Tralcao	24 septiembre, 2014	Entrevista, Terreno
	La Punta[19]	26 septiembre, 2014	Entrevista, Terreno
	Tralcao	12 noviembre, 2014	Entrevista
	Tralcao[20]	18 noviembre, 2014	Entrevista, Terreno
Norponiente	Cuyán, Cuyinhue, Cerro La Marina, Santa María	5 junio, 2014	Terreno, Entrevista
	Iñipulli	18 junio, 2014	Entrevista
	Cuyinhue[21]	20 junio, 2014	Terreno
	Locuche	25 junio, 2014	Entrevista
	Cuyán	4 septiembre, 2014	Entrevista
	Locuche, Iñipulli	14 octubre, 2014	Entrevista, terreno
	Cuyán	21 octubre, 2014	Entrevista
	Fundo San Martín	23 octubre, 2014	Entrevista
	Locuche	31 noviembre, 2014	Entrevista
	Santa María[22]	11 de diciembre	Entrevista
Suroriente	Valdivia	30 mayo, 2013	Reunión
	Cabo Blanco, Rebellín, Cayumapu, Valdivia	14 junio, 2014	Terreno
	Cayumapu	18 junio, 2014	Entrevista
	Valdivia[23]	08 junio, 2014	Terreno

[18] Transecto terrestre en parcela del sector Callejón Estrada, La Punta
[19] Transecto fluvial por el humedal: La Punta - Isla Rialejo – La Punta
[20] Transecto terrestre en parcela y localidad de Tralcao
[21] Transecto fluvial por el humedal: Cuyinhue – Estero San Antonio - Cuyinhue
[22] Transecto fluvial por el humedal: Valdivia – Santa María

Sector	Localidad	Fechas de salida	Tipo de salida
	Valdivia	06 agosto, 2014	Entrevista
	Cayumapu	15 agosto, 2014	Entrevista
	Cayumapu	21 agosto, 2014	Entrevista
	Cayumapu	11 septiembre, 2014	Entrevista
	Cayumapu	23 septiembre, 2014	Entrevista
	Cabo Blanco	9 octubre, 2014	Entrevista
	Cabo Blanco	30 octubre, 2014	Entrevista
	Cayumapu	8 noviembre, 2014	Entrevista
	Rebellín	29 noviembre, 2014	Entrevista
Surponiente	Punucapa	18 julio, 2014	Terreno
	Punucapa	22 agosto, 2014	Entrevista, Terreno
	Punucapa	11 septiembre, 2014	Terreno
	Quitaqui	12 septiembre, 2014	Terreno
	Quitaqui[24]	28 y 29 septiembre, 2014	Entrevista, Terreno
	Punucapa	17 noviembre, 2014	Entrevistas (2)
	Punucapa	21 noviembre, 2014	Entrevistas (3)
Surponiente	Quitaqui	24 noviembre, 2014	Entrevista
	Punucapa[25]	25 noviembre, 2014	Entrevista; Terreno
	Punucapa[26]	28 noviembre, 2014	Entrevista, Terreno

4.14.4. Resultados

Esta sección presenta resultados generales para los cuatro parámetros estudiados y resultados de síntesis por zona para dos de los cuatro parámetros (transformaciones y amenazas). La sección incluye además cuadros sinópticos con la esquematización de los principales factores y sus relaciones en tres de los cuatro parámetros: i) percepciones y experiencias (hitos); ii) transformaciones (socio-bioindicadores) y; iii) amenazas.

[23] Transecto fluvial por el humedal: Valdivia-Locuche (con dirigentes del Consejo Asesor del Programa de Desarrollo Comunitario).
[24] Transecto terrestre en parcelas y localidad de Quitaqui
[25] Transecto terrestre en parcela sector Colegual
[26] Transecto fluvial por el humedal: Punucapa – Tres Bocas - Punucapa

4.14.4.1. Percepciones y experiencias

La temporalidad es un elemento central en la organización de las percepciones y experiencias por parte de los actores locales, sin embargo, dada la subjetividad de la experiencia y en muchos casos la fragilidad de la memoria para precisar fechas, se identificaron hitos históricos transversales expresados y compartidos en varios relatos de informantes de distintas zonas del HRC como una forma práctica de organizar este parámetro. Tras la presentación de **hitos generales** se identifican **hitos zonales** y luego se describen experiencias y percepciones agrupadas en cinco **dimensiones** que aparecieron recurrentemente en los relatos y entrevistas.

4.14.4.2. Hitos generales

Los hitos históricos comunes para el HRC y sus ríos tributarios se detallan en la Tabla 4.14.3 y pueden ser visualizados como línea de tiempo en la Figura 4.14.3 junto a la representación de hitos más locales diferenciados por zona. Los hitos surgen desde los relatos de los actores y, por lo tanto, el equipo investigador sólo incluyó en esta cronología aquellos eventos históricos locales mencionados por los informantes y que se evidenciaron como determinantes para la comprensión temporalmente situada de las experiencias y percepciones en relación a la ecología del humedal y sus transformaciones. Por lo tanto, este esquema de organización no pretende en ningún caso sintetizar la rica historia del HRC y sus asentamientos, algo que escapa a los objetivos de este estudio.

En la Tabla 4.14.3 se identifica un número reducido de hitos generales que son comunes para todas las localidades del área de estudio o compartidos en varias de ellas y que cruzan los relatos en torno a las experiencias y percepciones de sus habitantes. De particular relevancia para todos las/os informantes son el terremoto de 1960, el fin de la circulación de los vapores asociado al término del recorrido del Collico y el desastre ambiental provocado por la operación de la Planta de Arauco que comienza en 2004. También fueron muy mencionadas las reuniones sostenidas para la implementación del Programa de Desarrollo Comunitario, realizadas en el marco de la implementación de la

Medida Reparatoria 5 definida por la sentencia judicial contra Celulosa Arauco y Constitución S.A. Su recurrencia se debe, probablemente, a que es el hito más cercano en el horizonte temporal de las experiencias colectivas en torno a este tema.

Tabla 4.14.3. Hitos generales relevantes para organizar las experiencias locales en torno al HRC

Año	Hito
1960	Terremoto y maremoto que origina el HRC – cambios significativos en la geografía, la avifauna y en la propiedad de la tierra
1981	Declaración Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter y denominación Sitio RAMSAR
1985	Fin de la circulación de Vapor Collico, asociado a fin circulación de vapores
2004	Comienza a operar Planta Valdivia de Celulosa Arauco Desastre ecológico del río Cruces con muerte masiva de flora y fauna del humedal por contaminación
2013	Sentencia judicial contra Arauco
2014	Actividades de diseño del programa de Desarrollo (Medida 5 de la sentencia)

4.14.4.3. Hitos zonales

Además de los hitos generales, de gran recurrencia en los relatos, se encontraron algunas diferencias o variaciones en la importancia de los hitos o bien presencia de hitos particulares de acuerdo a las cuatro zonas en las que se dividió el estudio. A continuación, se presenta una breve caracterización de los hitos zonales representados en la Figura 4.14.3.

En la **Zona Nororiente** del área de estudio existe consenso entre las/os informantes en reconocer el desastre ecológico de 2004 como un punto de inflexión en la historia local dado el impacto que tuvo en términos sociales y económicos para las/os habitantes locales. En los años previos al desastre, se recuerda la aparición de autoridades municipales y eclesiásticas que buscaban convencer a las/os habitantes locales de las oportunidades laborales que la empresa ofrecería para las comunidades durante los meses previos a la puesta en marcha de la planta.

Asimismo, las/os habitantes de Tralcao recuerdan que el agua potable del pozo construido en el año 2002 comenzó a salir turbia y con altos niveles de magnesio y hierro, tras haber funcionado alrededor de un año en condiciones normales. De esta manera, poco tiempo después del inicio de operaciones de la planta, las/os pobladoras/es comenzaron a percibir negativamente sus impactos sociales, económicos y ecológicos y a organizarse para la defensa del territorio.

En el ámbito económico, y para el caso puntual de Tralcao, a inicios de la década del 2000, algunos dirigentes habían comenzado a capacitarse para desarrollar proyectos de turismo rural en la localidad que contemplaban la remodelación del muelle, la construcción de un mirador hacia el río y algunos senderos interpretativos que si bien alcanzaron a materializarse, nunca pudieron ser utilizados, obligando a los dirigentes locales a repensar el rumbo del proyecto turístico comunitario. Así nace en 2008 la primera Fiesta de la Cereza con el objetivo de mostrar y vender productos de la zona elaborados de manera artesanal por las/os habitantes.

Con respecto a los hitos de la **Zona Norponiente**, en abril de 1966, la Municipalidad de San José de la Mariquina y el Centro de Estudios Históricos y Antropológicos de la Universidad Austral de Chile, dirigidos por Maurice van de Maele, iniciaron los trabajos de recuperación del Castillo San Luis de Alba del Cruces. En este trabajo, que duró hasta el año 1970, los agricultores de la zona colaboraron con mano de obra y alimentación para los campamentos. El emplazamiento del Castillo frente al río Cruces permitió configurar, en conjunto con el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, un circuito turístico dinamizador de la economía local y articulado por el sistema fluvial. Sin embargo, con el tiempo las visitas turísticas se fueron interrumpiendo tanto por el deterioro de las construcciones de la fortificación como por la crisis ambiental que afectó al humedal en 2004.

Por este motivo, la declaración del Castillo San Luis de Alba como Monumento Nacional el año 2009, representa un acontecimiento importante para los habitantes de la zona norponiente puesto que con este decreto fue posible acceder a fondos públicos para completar su restauración, recursos que fueron aprobados el año 2011 por el Consejo Regional de Los Ríos y que comenzaron a ejecutarse el año 2012 con los estudios de diseño arquitectónico que anteceden al proyecto de restauración.

En las **Zona Suroriente**, hasta la década de los noventa el sector de Cabo Blanco era una zona ocupada por pequeños y medianos productores agropecuarios dedicados principalmente a la producción de leche, además del cultivo de hortalizas, frutales y crianza de animales para autoconsumo, además de los fundos La Dehesa y Santa Rosa, éste último de propiedad de la Universidad Austral de Chile.

Uno de los informantes de esta zona señala como un hito el proceso de sub-urbanización de Cabo Blanco que se inicia con la subdivisión predial de una hijuela de 33 hectáreas que pertenecía a un colono alemán que trabajaba en las industrias Collico, quien vendió la propiedad a un grupo de compradores que parcelaron posteriormente el predio. La ocupación de algunas de estas parcelas para uso habitacional implicó que gradualmente se comenzara a mejorar el camino Cabo Blanco – Las Marías, que hasta ese momento era prácticamente intransitable ya que era un camino forestal alternativo además de un gran basural clandestino, y a electrificar el sector. La incipiente urbanización, junto con el cambio de uso de la tierra a parcelas de agrado, provocó una revalorización del suelo y el inicio de una mayor actividad inmobiliaria.

La historia de la zona suroriente del HRC está también marcada por los hitos de la industria láctea. A mediados de la década de 1970 nace en Valdivia la Cooperativa Agrícola y Lechera de Valdivia Ltda. (COVAL), que elaboraba una amplia gama de productos lácteos. Progresivamente, a partir de 1988, la empresa sufre una serie de cambios en su propiedad perdiendo el carácter cooperativo y siendo adquirida finalmente por Watts

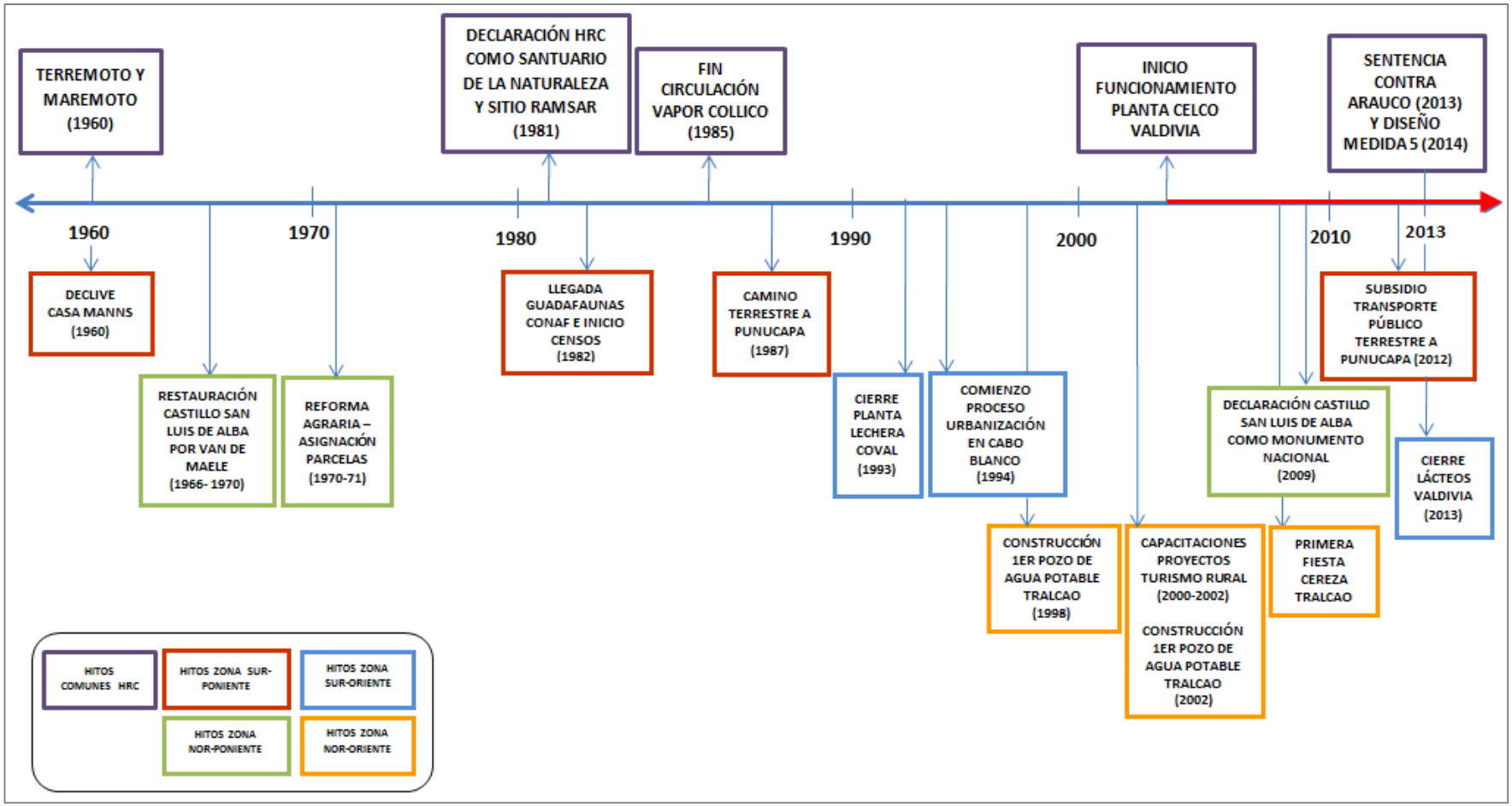
para ser cerrada definitivamente en 2013, dejando a más de 180 personas sin trabajo y a muchos productores de leche de la zona sin un poder comprador.

En los relatos de la **Zona Surponiente** del HRC hay coincidencia sobre la gravedad de los efectos del terremoto en términos productivos, dado que parte importante de las tierras inundadas eran cultivables. Uno de los casos emblemáticos en este sentido lo constituye el fundo de la familia Manns, familia de colonos alemanes asentados en las cercanías del río Pichoy desde 1853. En 1920 Pablo Manns hereda de su abuelo el fundo San Ramón y construye la casa, el galpón y la lechería que albergarán a más de 60 inquilinos para abocarse a la producción agrícola, ganadera y forestal. El terremoto de 1960 inundó las vegas cultivables de San Ramón provocando la quiebra de la empresa familiar, la migración de los inquilinos y el regreso de los colonos a Alemania. En 1985 Forestal Arauco compra el Fundo San Ramón para dedicarlo a la explotación forestal.

En 1982, un año después de la Declaración del humedal como Santuario de la Naturaleza llega el primer guardafauna de CONAF. A partir de entonces, aunque al principio sólo con un bote a remo y sin binoculares, comenzaron a realizarse diariamente patrullajes por el humedal para impedir la caza de Coipos y la pesca así como censos mensuales de aves.

La apertura del camino terrestre para acceder a Punucapa en 1987 incide en el hasta entonces importante tráfico fluvial de la zona sur del humedal. No obstante, aún persiste el transporte público subsidiado por vía fluvial hasta el año 2012, cuando es reemplazado por un microbus que realiza dos viajes diarios. A partir de entonces, sólo se mantiene como transporte público en el humedal la lancha que viaja hacia Quitaqui por el estero Tambillo.

Figura 4.14.3. Cuadro Sinóptico de Hitos del HRC



4.14.4.4. Dimensiones de la experiencia en el HRC

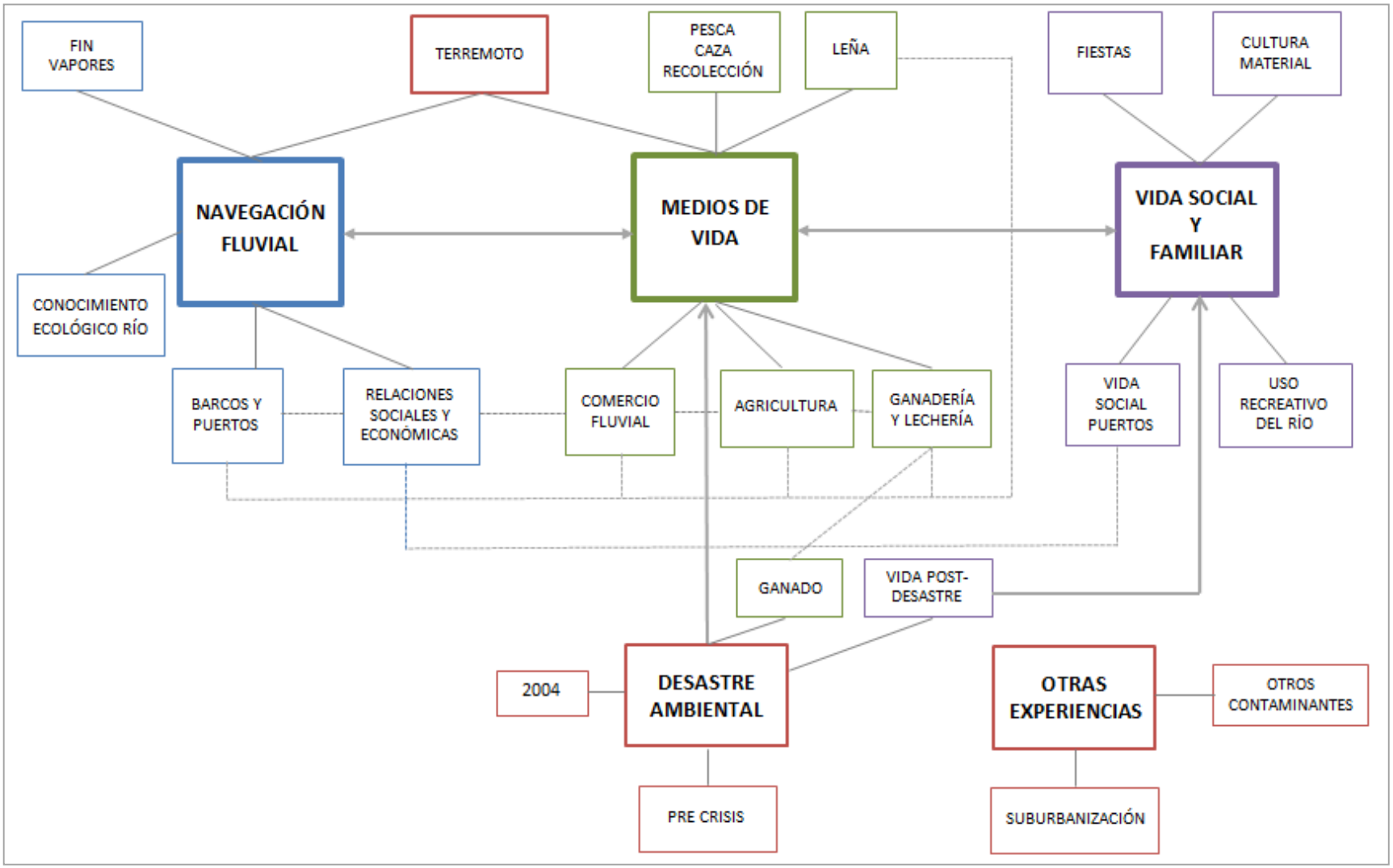
Definidos los hitos que constituyen parte de la memoria colectiva de los habitantes del HRC se analizaron el conjunto de expresiones codificadas como percepciones y experiencias, determinándose que ellas se pueden agrupar en cuatro grandes dimensiones bien definidas y una quinta que concentra experiencias y percepciones particulares de algunas zonas y que no fueron posibles de agrupar en las anteriores, a saber:

- Experiencias en torno a la navegación fluvial;
- Experiencias en torno a los medios de vida;
- Experiencias cotidianas y familiares en torno al río;
- Experiencias en torno al desastre ambiental;
- Otras experiencias.

A su vez, en cada una de estas dimensiones de la experiencia se encontraron relatos vinculados a algunos ámbitos de acción específicos, lo que para fines de organización del parámetro se despliegan de acuerdo al esquema de la Figura 4.14.4, donde además se establecen algunas relaciones cruzadas.

A continuación de la Figura 4.14.4 se presentan los relatos de experiencias y percepciones organizadas de acuerdo a las dimensiones propuestas.

Figura 4.14.4. Esquema dimensiones de las experiencias en el HRC



4.14.4.5. Experiencias en torno a la navegación fluvial

Esta dimensión surge por la gran cantidad de relatos que coinciden en los cambios acaecidos en las localidades entre el período de auge de la navegación fluvial por el río Cruces y sus ríos tributarios y el gradual fin en la circulación de los vapores, junto a la decadencia, deterioro y cierre de los distintos puertos fluviales. Sin duda que los informantes expresan cierta añoranza por la actividad económica y la vida social que ocurría alrededor de la navegación fluvial de los vapores y alrededor de los muelles y puertos.

Por ejemplo las/os informantes de la zona nororiente recuerdan que antes del mejoramiento en los caminos y el transporte terrestre, los barcos a vapor y las embarcaciones a remo y a motor otorgaban un importante dinamismo al tráfico fluvial de la zona: "*Antes uno se encontraba con botes pa allá, pa acá, pa todos lados*" (Agricultor/a 1 La Punta, septiembre 2014).

Se constata a través de los relatos que el término de esta experiencia vital de contacto con el río, posteriormente humedal, a través de la navegación también modificó el grado de familiaridad y conocimiento ecológico que sobre él tienen sus habitantes.

a) Los efectos del terremoto

El primer gran hito en el tiempo presente se da con el terremoto ya que cambia significativamente la configuración del río y la zona inundada haciendo más difícil las maniobras y más especializada la navegación: *"Antes del terremoto al río entraba el vapor no más, quedaba un espacio muy chico, lo demás eran puros terrenos que se sembraban, se hacían los huertos y para el terremoto se perdió eso, todo, todo"* (Habitante 1 Cayumapu, septiembre 2014).

En algunos localidades, como Quitaqui, estos cambios fueron tan drásticos que los barcos dejaron de pasar: *"Y antiguamente era un canal que había, me contaba mi abuelo,*

que era un canal, ahí bajaban en bote. Pero después cuando vino el terremoto, se inundaron todas esas vegas y nunca bajaron más" (Dirigente 1 Quitaqui, noviembre 2014).

b) Barcos, recorridos y puertos

Otra esfera de experiencias se relaciona con el conocimiento de los distintos vapores, sus recorridos y puertos, de los cuales las personas, sobretodo mayores, conservan memorias vívidas en torno a sus dinámicas de funcionamiento. Como describen las/os informantes:

"*Yo como estudié ahí en Locuche había ahí un vapor que se llamaba Collico. Y ese vapor pasaba me recuerdo, porque nosotros con los niños corríamos y decíamos: "¡el vapor, el vapor!" y todos corríamos a ver cuando empezaba a tirar su humo. Eso yo lo alcancé a ver. Llegaba al puerto de Cuyinhue, al puerto de Locuche lo alcancé a ver yo, porque nosotros estábamos en el colegio arriba y el puerto estaba en la parte de abajo*" (Dirigente 1 Cuyán, octubre 2014).

"Toda esa gente, solamente lancha, no había camino. Y ahí nosotros cuando llegaba esa gente, cargaban animales, todo eso, todos mirando ahí en el muelle, nos juntábamos todos los cabros chicos ahí a mirar. Era bonito. Pura gente de acá no más. Las tiradas de caballos, que llegaban ahí a buscar su gente, carretas en las tardes. En la mañana el Collico pasaba como a las 11 pa acá, en la tarde volvía como a las 4 para acá. Dependía de la gente que tenga porque pasaba a Santa María arriba, Corcovado, todas esas partes, haciendo escala. Y el día domingo le ponían una lancha al lado, esa lancha está hundida parece, está allá en fundo El Molino se hundió (…), un lanchón de fierro se lo amarraban al lado, y ahí echaban gente igual si no alcanzaba el Collico pa todos (…) El domingo, cuando venía toda la gente de vuelta. Tiene que haber traslado unas… yo creo que más de repente tiene que haber sido… el Collico tiene que haber sido pa unas 25 personas, 30 personas debe haber sido… no tenía mucha capacidad atrás po, tenía una cabina chiquitita" (Habitante 4 Punucapa, noviembre 2014).

Sobre la frecuencia e itinerario de los recorridos los informantes indican: *"Nosotros éramos dueños del vapor Collico. Entonces nosotros hacíamos el recorrido con mi padre hasta Cuyinhue (…). Así que era… todos los días prácticamente dentro del acá… en ese tiempo todavía no era humedal"* (Oficio 2 Punucapa, julio 2014).

"Me parece que pasaba los lunes, miércoles, los viernes y el sábado y domingo parece que era. Se pegaba varias vueltas a la semana" (Habitante 4 Punucapa, noviembre 2014).

"(Y el recorrido era) Valdivia, Punucapa, todo el río Cruces, después alguna gente a Tambillo, después viene Rialejo, San Martín, Santa María, San Martín… hay otro nombre que no me acuerdo ahora… después viene Cruces, Lucuche, Cuyinhue. Y a Cuyinhue no se iba todas las veces, solamente cuando había gente se llegaba hasta Lucuche no más. Ese era como el recorrido… Chunimpa, el otro que está entremedio entre San Martín y Cruces, que es un terreno bajo ahí, eso. Y eso es lo que hacía el Collico y hacía todo ese recorrido. Como te digo, el horario era salida diez de la mañana de Valdivia, pero es relativo… y la llegada siempre era como seis-siete, pero había de repente marea, o las leñas malas, muy verde, entonces el barco funcionaba más lento" (Oficio 3 Punucapa, noviembre 2014).

"En la mañana salía de allá de Valdivia a las nueve de la mañana, llegábamos acá como a la una, después regresaba el barco, iba a Cuyinhue, regresaba, en el muelle de nosotros que es Locuche pasaba como a las tres y media cuatro y regresábamos para Valdivia, llegábamos como a las siete, ocho de la tarde allá a Valdivia" (Agricultor 1 Locuche, noviembre 2014).

"El (puerto) menos concurrido era el del Castillo, o sea pa turistas sí, pero así como para ir ahí… de pasadita, de repente dejaba una persona y si no pasaba de largo" (Agricultor/a 1 Locuche, noviembre 2014).

Durante la época de los vapores la gente que vivía aledaña al humedal en la zona norponiente y también en la zona costera de la comuna, iba muy poco a la ciudad de San José de la Mariquina ya que todos sus trámites los hacían en Valdivia: *"La gente que vivía pa la costa salían acá a estos puertos y tomaban, claro demoraban dos días porque la gente que bajaba de la costa se quedaban, por ejemplo en Cuyinhue a alojar, pa tomar el vapor al otro día en la mañana. Y en la tarde volvían pa allá, tenían que alojar otra vez ahí, y irse en carreta pa arriba"* (Oficio 1 Punucapa, julio 2014).

"Desde el sector de Tralcao, por ejemplo, el viaje en vapor hacia Valdivia comenzaba en los puertos Vigas, Tralcao y Chamiza, alrededor de las siete de la mañana y llegando a Valdivia alrededor de las 10 de la mañana" (Agricultor/a 1 Tralcao, noviembre 2014).

Embarcaciones como el Collico y la Emilia llegaban al sector de La Punta, internándose por el estero San Antonio, viaje que demoraba prácticamente todo el día puesto que el vapor viajaba con un lanchón amarrado (falucho) que transportaba leña y animales.

c) Relaciones sociales y actividades económicas

Los/as habitantes de las localidades aledañas al río se trasladaban habitualmente en los vapores para comprar o vender sus productos en Valdivia, para estudiar o para acceder a servicios urbanos. Los largos tiempos de viaje favorecían la estrechez de los vínculos sociales y comunitarios.

"*Todos viajaban y todos compartían, todos llevaban su alimentación, entonces llevaban mate, llevaban pan, llevaban queso, y se compartían y se conversaba, se conversaba de historia… se conversaban diferentes temas, entonces lo pasaban bien… y en vez en cuando también unos bajativos después de eso, y al regreso con mayor razón, porque venía algo bueno de la ciudad*" (Agricultor/a 1 Tralcao, noviembre 2014).

"Todos los días cuando llegaba el barco, más o menos, la gente empezaba a llegar a las doce del día y ahí se iba a las tres, las cuatro. Y algunos se quedaban ahí un grupo hasta la noche porque traían vino en garrafa y se quedaban ahí tomando" (Agricultor/a 1 Locuche, noviembre 2014).

"Mi papá trabajaba en la compra y venta de animales y llevaba la carne en el vapor a Valdivia, así que en el mismo vapor se hacían asados, ahí tomaban vino y comían otras cosas porque eran todos conocidos. Mi papá a veces vendía carne en el vapor y que ahí mismo se hacía un asado… yo veía harto eso porque siempre andaba con mi papá y porque él me pedía que le cuidara la carne. Nos iban a buscar y a dejar al vapor en caballo y en carreta para llevar las cosas, que todo eso hacía que los viajes fueran muy lindos" Habitante 1 Iñipulli, octubre 2014i).

Algunas de estas experiencias de viaje eran negativas o atemorizantes, sobretodo en condiciones complicadas de navegación y para quienes durante esa época eran niños:

"*…y cuando los pillaban los temporales, los temporales, dios mío, la gente lloraba en el barco, todos llorando… porque los vapores tienen abajo, como la… la Polox… que queda como bien abajo uno... entonces todos los niños y las señoras se echaban abajo, y los hombres quedaban arriba, y empezaban los temporales por ahí por el faro, por ahí se ponía malo. Sabe cómo volaban los tarros (lecheros) con el viento… y se los llevaba el río, vacíos, flotaban… como iban vacíos (…) imagínate si el temporal lo pillaba en bote, era peor"* (Agricultor/a 1 Punucapa, noviembre 2014).

"Yo me acuerdo cuando éramos chicos, cuando iba mi mami… pero ellos casi siempre, tenían botes entonces eran pocas las veces que… me acuerdo que ahí en Punucapa subían unas vacas al vapor, oh y uno un miedo… porque el vapor empezaba, pa ambos lados, la vaca empezaba a patear y el vapor empezaba a moverse…" (Agricultor/a 1 La Punta, septiembre 2014).

d) Conocimiento de flora y fauna del río

De acuerdo a los relatos, los largos viajes eran una oportunidad para conocer el río y su biodiversidad, ya que durante la navegación observaban la flora y fauna, principalmente las aves.

"Sí pues, nosotros el río lo conocimos… nosotros incluso cuando estudiábamos íbamos en el barco y nos íbamos estudiando en el barco, porque el barco era grande y atrás era como un reservado para nosotros porque la familia (…) se iba toda atrás. O sea, como éramos cinco ocupábamos esa partecita más privada y nos íbamos estudiando y llegábamos y mi mamá nos hacía el pan, llevábamos la fruta para la semana, toda la cuestión… y ahí íbamos mirando, por ejemplo ahí pasaban las taguas, los patitos con sus familias, yo me acuerdo parece que los estoy viendo que iba la pata y los pichoncitos en la cola" (Agricultor/a 1 Locuche, noviembre 2014).

"Solamente la navegación era mirar… bueno, uno se aburría, porque… de ver todo el tiempo lo mismo, muchos pájaros sí, muchas pollollas, muchísimas pollollas. Cisnes en ese tiempo no andaban, los cisnes empezaron a llegar, no sé… después del… ¿90 sería? No sé, algo así, pero no había cisnes antes. Taguas también se veían…" (Habitante 3 Punucapa, noviembre 2014).

En 1975 los familiares de una de las informantes ya vivían en Punucapa, pero comenzaron a viajar más seguido a Valdivia con el vapor Collico. *"Ella viajaba de chica en él; junto a su marido recuerdan que en los viajes veía muchos Cisnes, Pidenes, Taguas, Hualas, Coipos en la orilla del Cau Cau que estaba llena de Totoras. Las aves en general se veían "más calmaditas", acostumbradas al ser humano. El Collico traía un falucho al lado (bote o embarcación grande de fierro) y don Hernán (el capitán del barco) acarreaba así pasajeros, animales, madera. Después del Collico hubo una lancha a petróleo; cuando murió don Hernán, murió el Collico (…) Ellos se conocieron en el barco; cuando ella venía*

de vacaciones él se escondía en el barco para seguirla y se arrancaban al monte" (Bitácora 7, agosto 2014).

e) Fin de los vapores y situación actual

Los relatos coinciden en que el servicio de vapores comenzó a suspenderse cuando se inició la construcción de caminos y a mejorar el transporte terrestre, aunque en la memoria de los distintos informantes el rango de fechas en que esto ocurre resulta difuso o no completamente coincidente. No obstante lo anterior, sí hay coincidencia en que el hito que marca el fin de los vapores es el término del recorrido del Collico, hito que hemos fechado en 1985 gracias al relato del hijo de su último capitán.

"Antes íbamos a Valdivia en vapores, pero hace 15 o 20 años más o menos ya no hay. Cuando mejoraron el transporte a Valdivia y San José fueron muriendo porque el viaje en barco era muy lento" (Dirigente 2 Locuche, junio 2014).

"Ese barco (el Collico) hace más o menos treinta y cinco años atrás que dejó todo el recorrido fluvial, se suspendió porque ya empezaron las carreteras, a mejorar las carreteras. Pusieron los transportes, las micros que le llamaban que fueron los transportes rurales, entonces la gente como novedad que viajaba en los transportes terrestres, ya como que estábamos aburrido en el barco" (Dirigente 1 Cuyán, octubre 2014).

La dimensión temporal del fin de los vapores puede resultar confusa en algunos casos pues hay informantes que se refieren a las incursiones que durante la década de los noventa realizaron barcos a petróleo con fines turísticos: *"Yo creo que deben de haber funcionado más o menos hasta el 95….96 tal vez, porque yo tenía una compañera que trabajaba en esos barcos, que venía de allá y que traía a los turistas ahí. Puede haber sido un año más, porque ella trabajaba todos los años en eso y a lo mejor ya no era un atractivo turístico venir acá, porque los puertos estaban abandonados de mucho antes, porque, ¿qué venían a ver?"* (Dirigente 1 Cuyán, octubre 2014).

Finalmente, a la construcción y mejora de los caminos y la regularidad de tránsito del transporte público terrestre, se sumaron las razones económicas: *"Llegan… ahora llegan micros ahí mismo. Es más fácil irse en la micro, anda más rápido (…) Nooo, las lanchas deben estar cobrando como 4 mil pesos. Y más encima es ida y vuelta, o sea no te llevan, tú dices no pero yo me voy a ir… tiene que pagar los 4 mil pesos. Antes eran 3 mil, pero no sé cuántos años. Y la idea es que uno vaya y vuelva en el mismo barco"* (Agricultor/a 1 La Punta, septiembre 2014).

4.14.4.6. Experiencias en torno a los Medios de vida

Se agrupan en esta sub-sección relatos de experiencias en torno a los cambios en los medios de vida, es decir, en el conjunto de actividades, recursos y estrategias que permiten el sustento de las comunidades. Esta dimensión de la experiencia es fundamental pues los cambios en el socio-ecosistema expresado en los hitos generales (Tabla 4.14.3), en la mayoría de los casos, han deteriorado la capacidad de sostener la economía familiar y comunitaria. Si bien ello ha implicado el desarrollo de estrategias adaptativas, en el largo plazo los/as informantes manifiestan que la respuesta final es la migración, proceso percibido como una amenaza transversal para las comunidades.

a) Los efectos del terremoto

La inundación de terrenos cultivables con el terremoto y las drásticas transformaciones en el paisaje implicaron cambios en las actividades productivas y en la organización de los medios de vida de las familias que habitaban en el humedal. Las/os informantes recuerdan por sus propias experiencias y por los relatos de sus padres y abuelos que previo al terremoto y la formación del humedal era muy común que se hicieran huertas donde se sembraban papas y hortalizas que posteriormente se vendían en Valdivia. El terremoto modificó considerablemente esta situación puesto que al inundarse los terrenos cultivables muchas familias perdieron una importante fuente productiva.

"En el campo yo creo que (el terremoto) se notó más que en la ciudad, porque uno miraba los montes y los árboles se hacían así, llegaban al suelo y volvían. Y bajó el terreno, por eso quedó todo bajo de agua, todo lo que se sembraba quedó bajo de agua, lo mejor de los campos, las vegas" (Habitante 1 Cayumapu, septiembre 2014).

"*En esas vegas sembraban papas, la gente sembraba papas (…) Y cuando vino el terremoto las papas quedaron debajo del agua y la gente así, ¡debajo del agua sacando papas!*" (Habitante 1 Pelchuquín, septiembre 2014).

"Aquí había siembras de papa aquí abajo. Sembraban papas ahí. Todo eso era siembra de papas, era muy buena esa tierra aquí abajo pa sembrar papas. Acá al otro lado también se sembraba papas. Ahora no po, no se puede" (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

Además de la actividad agrícola, modificada por la inundación de las vegas, la actividad ganadera también perdió zonas importantes de pastoreo, tal como se manifiesta en los siguientes relatos:

"El paisaje después del terremoto del año 1960 cambió mucho, porque hay sectores que eran vegas, que eran cultivables, o eran algunos pantanos, algunas… como zaguanes, que si bien es cierto no eran cultivables pero eran tierra firme para… en época de verano, y después del terremoto todo eso se inundó, más una isla que está frente donde está el Frutillar, eh… mis padres y todos los vecinos del sector de Frutillar tenían crianza de animales, una buena cantidad, y los… como los campos del lado del continente eran puro monte, no había mucha pradera, los dejaban, los hacían… los trasladábamos a la isla para… porque tenían grandes empastadas, grandes pastizales, y lo permitía, esa isla era de la… es todavía de la Compañía Cervecerías Unidas, porque aparece todavía como rol de la CCU. Pero ellos no intervenían, así que dejaban que los vecinos utilizaran los campos para pastoreo de los animales. Y había un cuidador que también criaba animales y ahí él voluntariamente se dedicaba a cuidar los animales de los vecinos, entonces era una tierra

bastante fecunda, muy productiva, y obviamente que también vecinos iban a… hacían sus huertos ahí, bien cercados para que los animales no los estropeen y producían bastante hortalizas, verduras, productos que ellos venían a vender acá a la ciudad de Valdivia" (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

Algunas/os informantes también dan cuenta de la gradual desaparición de algunos cultivos tradicionales que fueron muy importantes para la economía fluvial previa al terremoto: "*Antes los abuelos plantaban… trigo, avena*" (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

b) Cambios en la producción agrícola

Los/las informantes, además de la centralidad del terremoto y sus efectos, manifiestan añoranzas por la dinámica economía fluvial de antaño. Las zonas se fueron especializando en distintos productos agrícolas que, en la mayoría de los casos, eran comercializados en Valdivia. Por ejemplo, las hortalizas, flores y chicha de Punucapa y las localidades del sur poniente:

"Antes del 60, estoy hablando del 40, 50, Punucapa abastecía de hortalizas a Valdivia, ¿ya? Y entre las más que eran conocidas eran las flores y las frutillas, más que las hortalizas y más que la chicha, porque eran las frutillas chiquititas pero aromáticas, sabrosa, y que nacían silvestres, cachai, era silvestre, si tú de repente habían pampas acá, estaba más limpio, y habían pampas y habían frutillas, y tú donde caminabas era así un olor como la murta, ya, entonces cuando hay harta murta y está en flor, tú vas caminando por el sector y tú sientes el olor a murta" (Oficio 3 Punucapa, noviembre 2014).

"Era muy sacrificado antes, incluso había gente que venía de allá de El Potrero (…) donde está el puente, de ahí salían con su carga, con murtas, con flores, se pegaban el pique de repente se demoraban como tres, casi cuatro horas a Valdivia. Y también de repente los pillaba la contramarea. Estaba la familia Casas, los Lovera, los Anwandter…

todas esas familias, puro bote no más (…) la chicha de Punucapa era bien comentada (…) los botes cargados de pipas pa Valdivia (…) Y toda la gente trasladaba sus pipas en bote, a remo" (Habitante 4 Punucapa, noviembre 2014).

"Antes se hacían tremendas huertas, comían, tenían para el invierno y lo que estaba verde lo vendían en la actual feria fluvial (porotos, hortalizas, flores). Ella recuerda que cuando era niña los montes estaban llenos de cultivos de frutillas, y que todos eran de apellido Aros. Recuerda cuando iban al monte a caballo con su tío a ver los cultivos de frutillas. Donde está la casa ahora antes era pura pampa, llena de frutillas y papas. La gente antigua era trabajadora y vivía de sus huertas. Ahora el valdiviano viene, echa los árboles abajo y pone cabañas. Los niños jugaban con juguetes hechos de palos: autos, escopetas, el luche, etc. (…) "Nos íbamos muy temprano con el negocio de flores y hortalizas a Valdivia; comprábamos abarrotes con la plata ganada y nos volvíamos". Lo hacían todos los fines de semana, salvo con lluvia. Una de las vecinas ahora lleva sus flores para vender en la feria en sacos porque tiene que ir en bus y en la micro no la dejan llevarlas sueltas porque se ensucia. Antes era muy lindo ver a las señoras yendo a vender a Valdivia en los botes, cargados de flores, tomando mate. Ahora hay que llevar el negocio escondido" (Bitácora 7, agosto 2014).

"La actividad de Punucapa era toda a través del humedal porque la gente antigua iban a vender sus verduras al muelle, y eso ya se perdió (…) todo era en el bote, tenían sus botes. Cultivaban… flores, hortalizas, frutillas, la manzana para la chicha. Todos tenían su bote. Se ven cerca del cementerio los botes abandonados. Con la micro se abandonó totalmente el río" (Dirigente 1 Punucapa, noviembre 2014).

En la zona norte del humedal también hay relatos sobre los medios de vida alrededor de la economía fluvial, que evidencian la gran actividad que ocurría también en los ríos tributarios al Cruces. Por ejemplo una de las habitantes de la zona nororiente recuerda que al internarse por el estero San Antonio en tiempos de cosecha los vapores se

detenían en uno de los puertos de La Punta hacia donde la gente llegaba con sus carretas cargadas de trigo para llevarlos al molino Collico en Valdivia, así como con animales y leche de los fundos para ser comercializados en la ciudad: "*La gente con carreta bajaba esa cuesta, subía por acá, con las carretas con trigo y hacían las montañas de trigo allá abajo donde está mi casa, y ahí embarcaban a los lanchones… dos, tres vapores especiales de carga, y se iban las lanchas llenas de trigo para Valdivia y si no animales de vacuno (…) además los vapores acarreaban la leche de los fundos. Había unos tarros especiales (…) los lecheros de 60 litros, de aluminio (…) esos venían con carretas de allá de Pailapifil que le llaman, sus cuatro carretas con tarros así de leche, y los embarcaban aquí también para Valdivia*" (Habitante 1 Pelchuquín, septiembre 2014).

c) Ganadería y lechería

La referencia precedente nos relata la importancia de la actividad ganadera en la zona de Pelchuquín, algo que se replica en casi todas las zonas, y al mismo tiempo nos indica la centralidad del río como medio de transporte de los productos pecuarios, ya sea con el traslado de la leche en tarros, o de ganado vacuno en pie.

"Antes del 60´este río era la carretera, esto era lo que llevaba cosas y traía cosas hacia Valdivia. Las lecheras, había barcos exclusivamente para – igual que los camiones que van a buscar la leche en esos tarros – igual había barquitos que subían e iban a buscar solamente la leche" (Oficio 3 Punucapa, noviembre 2014).

"Igual había una manga que le llamábamos nosotros ahí el… el muelle grande tenía, al lado por ejemplo tenía así, todavía están los palos ahí se ven abajo y aquí abajo había un muellecito chico... o el torín, y en ese torín cargaban los animales, traían de Pilolcura, traían animales de aquí de Punucapa que compraba don Mario Garrido, todos los cargaban ahí, en lanchones. El vapor Collico ese tiraba, el Venus… tiraban esos lanchones con animales pa Valdivia. No había camino así que la única manera de salir era en puras embarcaciones" (Habitante 4 Punucapa, noviembre 2014).

Parte de la actividad lechera, al menos en los relatos recogidos, parece girar alrededor de grandes predios y en particular de algunas familias como lo fue, en el caso de Punucapa, el fundo Manns: *"Los Manns eran los que traían los barcos, de todo, los barcos llenos de fardos… como que le creaban mayor movimiento. Y Punucapa era como un villorrio que era de paso"* (Oficio 3 Punucapa, noviembre 2014).

"El gringo Manns mandaba su leche como… cuántos iría… unos 30, 40 tarros de esos grandes de aluminio, en la mañana los llevaba el vapor y en la tarde los traía (…) Se sacaba leche en Valdivia entonces el vapor le traía todos los tarros para la leche…" (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

Aunque también se desprende que pequeños y medianos agricultores enviaban su leche en tarros, por ejemplo en las localidades de Tambillo y Quitaqui: *"Ahí está la entrada de Tambillo, ¿te fijas unos palos que están como ordenaditos? Ya, ese era el muelle de la leche de Tambillo y Quitaqui; la gente tenía que salir con sus tarros y los dejaba montados en ese muelle; y pasaba el vaporcito y los pasaba a buscar"* (Oficio 3 Punucapa, noviembre 2014).

d) Producción y venta de leña

Otro de los productos que aparece en los relatos de la zona norponiente es la leña. Los agricultores de la zona cargaban leña en los faluchos que eran remolcados por los vapores, algunos de los cuales circulaban de noche según lo expresado por un informante, y la vendían en Valdivia.

"Yo hacía leña acá adentro en el bosque y mantenía los caminos abiertos adentro, hacía senderos. Y cortaba también la murra en verano y tiraba la leña que hacía pa venderla y ellos la vendían. Y la tiraban por el río en ese tiempo en lancha, en los vapores por la noche" (Oficio 1 San Martín, octubre 2014).

"(Los Faluchos) son unas embarcaciones así, unos botes grandes, a esas les llamaban falucho, entonces la gente arriba de Chancoyán, Cayumapu, todo eso, vendían leña y ellos cargaban su leña en esos faluchos y la venían a vender a Valdivia, traían sus productos así" (Habitante 1 Cayumapu, septiembre 2014).

"Cuando andaban los vapores, claro iban vapores por ejemplo… iba hoy día un vapor hacia arriba y bajaban, iban con faluchos, bajaban con leña, la gente en esos años no había tanta locomoción entonces viajaban en los vapores para venir a comprar sus cosas a Valdivia" (Habitante 1 Cayumapu, septiembre 2014).

e) Comercio y feria fluvial

Aquí se presentan agrupados relatos sobre experiencias en torno al comercio fluvial, que si bien era importante en todos los sectores, como hemos visto en la descripción sobre el transporte de productos en los vapores, se volvió particularmente relevante en las localidades de la zona sur poniente. En esta zona las familias tenían botes a remos con los que transportaban sus productos y fueron, a través de esta práctica, constituyendo la famosa feria fluvial en el ex muelle Schuster.

En Punucapa todos los vecinos tenían su bote y vendían sus productos en la feria fluvial: manzanas, cerezas, hortalizas, papas, flores, quesos, chicha.

"Mi papá llenaba su bote de repollos y a las 4 de la mañana salía de San Ramón y se iba remando hasta Valdivia. Para el día de los muertos llevaba flores porque mi mamá tenía tremendos almácigos de reina luisa, ilusión blanca, iban haciendo atados con ñocha, los montones (…) y vendía todo en la feria fluvial. Así nos criaron (…). Punucapa famoso por sus frutillas, mi papá llenaba los canastos y los iba a vender a Valdivia" (Agricultor/a 1, Punucapa, nov. 2014).

"Esa feria (fluvial de Valdivia) fue en el fondo creada por la gente de ahí de Punucapa que iba a Valdivia a vender sus productos, y nació esa necesidad, esa costumbre

de todos los sábados, la gente iba a comprar sus verduras, sus frutas… y claro, todos venían en bote ahí en donde están los lobos ahora, eso se llenaba de embarcaciones, de botes, botes a motor y botes a remo que provenían no solamente de Punucapa, sino que de Cabo Blanco, de Cayumapu, del Tambillo, de Potrero, de Frutillar mucha gente, y todos llevaban sus productos a vender. Era una atracción todos los sábados" (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

"Todos los parceleros que vivíamos ahí en el sector del Frutillar, que somos aproximadamente como seis familias, ellos todos venían a Valdivia con la misma actividad, trayendo sus productos a Valdivia, y ahí nos juntábamos bueno, adultos y vecinos, adultos y niños compartíamos el fin de semana acá en el muelle en Valdivia, todos nos reuníamos, era como aparte del lugar donde venían a vender sus productos, era como un centro de eventos, de conversación, de comunicación de todas las cosas que sucedían, de intercambio de productos, de plantas, de semillas y todo. Y ellos también, bueno, siguieron viajando también en la misma forma, pero a medida que pasó… fue pasando el tiempo, ya los vecinos empezaron -los hijos digamos, tal como me sucedió a mí- empezaron a emigrar a la ciudad y no a retornar tan rápido ni tanto al sector, claro. Entonces empezaron a hacer sus actividades ya en Valdivia, porque también había que ser realista, el campo -las actividades que se podían desarrollar ahí- no tenían… no te ofrecían una buena… un futuro para poder progresar, para tener una vida más cómoda, y mucha gente que venía acá a Valdivia se daba cuenta de que acá la gente tenía otro tipo de vida, otro estándar, otras comodidades y obviamente para la gente de allá se acomodaba mucho más a ello, la vida menos sacrificada, menos agotadora, porque allá en el campo obviamente te levantas a la mañana y tienes que empezar a trabajar inmediatamente, a buscar leña, a cultivar la tierra, a buscar los animales, a cosechar, y no tienes descanso, no tienes fin de semana, no tienes sábado ni domingo, entonces es así" (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

Los viajes a Valdivia con motivos de vender los productos hortofrutícolas tenían como contraparte y a cuenta de lo ganado, viajes de abastecimiento de lo que se requería

para la vida familiar en las localidades. Algunos relatos revelan esta dimensión del comercio fluvial:

"Para ir a buscar mercadería… ir a vender mercadería y comprar los víveres que le hacían falta (…) De eso… todos esos lugares, del Tambillo, de Quitaqui, de San Pedro, de Santa María, de Cuyinhue, de un montón de otros lugares más, toda esa gente iba a Valdivia a vender sus productos, y producto de la venta ellos compraban sus víveres, qué sé yo, la harina, el arroz, los fideos…" (Habitante 3 Punucapa, noviembre 2014).

"Y así el humedal fue una fuente, un contacto directo, porque todos los días o cada dos veces a la semana, una vez a la semana a lo menos, se venía a Valdivia, porque mis padres dependían de la venta de sus productos, que eran la producción de flores, muchas flores, frutos en la época de los frutales, también leña, para poder tener y… poder provisionarse de los víveres para pasar el… sobre todo el invierno. Por tanto… nos desplazábamos, normalmente era un… como aquí tomar la micro o irse al colegio o irse a la universidad, era nosotros tomar el bote y venirnos a Valdivia para hacer nuestros trámites también" (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

Una dimensión particular de las zonas más alejadas, en particular en la zona norponiente, era el comercio de productos agropecuarios y marinos que se daba en los puertos fluviales. Por ejemplo se menciona el caso de Locuche: *"Aquí se juntaban como treinta, cuarenta personas. Iban a vender quesos, gallinas, huevos, pescados porque bajaba la gente de arriba de Chan Chan a vender mariscos, pajas, papas, animales, ovejas de repente. Entonces de repente mi papá decía "anda a comprarte un queso", una cosa así, lo que se necesitara se iba a comprar ahí"* (Agricultor/a 1 Locuche, noviembre 2014).

f) Pesca, caza y recolección

La declaración del HRC como Santuario de la Naturaleza en 1981 generó la repentina prohibición de pesca y caza en la zona. Sin embargo, ello no erradicó

inmediatamente prácticas culturales de pesca, caza y recolección arraigadas entre los habitantes ribereños del humedal. Los relatos que se presentan a continuación expresan esas experiencias, la mayoría en referencia a períodos anteriores a la década de 1980.

En relación a la pesca, declaran: *"Yo me acuerdo que mi mamá salía a pescar con nosotros, teníamos bote y decía mi mami 'ya, vamos a pescar, uno que reme y yo voy a llevar el anzuelo'. Y pescábamos salmones en el estero San Ramón, pescábamos unos salmoncitos así, dos, tres salmoncitos en el estero San Ramón, llegábamos casi hasta frente donde los Manns, y de ahí nos devolvíamos hacia arriba con el bote"* (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

"Nosotros pescábamos con mis hijos salmones de 2 kilos, 2 kilos y medio…3 kilos. Y ahora después no…nada, nada de eso. Pejerreyes! Pero bandadas de…¡o sea cardúmenes de pejerreyes!" (Agricultor/a 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

La pesca no era una actividad recreativa, sino un recurso para los medios de vida de los habitantes del humedal. En algunos casos era una actividad complementaria dentro de estrategias diversificadas, en otros, adquiría una posición más central *"La gente vivía del pescado, la trucha, el salmón; vivían de eso; ahora ya no se está viendo ya*" (Dirigente 1 Quitaqui, noviembre 2014).

Algunos relatos proveen evidencia sobre la presencia de pescadores de otras zonas, río abajo o de la costa, que tenían en la pesca su principal medio de vida: *"Cuando venían esos pescadores les dejaban trozos de redes para seguir pescando el resto del año; era su actividad, se los llevaban y los vendían pero no eran de acá, venían de la Isla del Rey, Niebla o Mancera"* (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

Otro hallazgo de interés es la aparición de las Carpas en el humedal tras el terremoto, lo que afectó el desarrollo de otra especie introducida pero más apetecida por

los habitantes del humedal, las Truchas: *"Después del terremoto entró la famosa carpa y parece que eso mataba o le comía los huevos a las truchas, no sé, pero ahí se empezó a eliminar"* (Habitante 1 Cayumapu, septiembre 2014).

"Antes del terremoto pescábamos ahí. Había salmones y truchas, y después cuando se desbordó el Riñihue ahí llegó la carpa. Según decían que había criadero ahí, no sé. Y después cuando llegó la carpa el salmón como que se fue, ya no picaban en el río así que ya no salí a pescar más tampoco" (Oficio 1 San Martín, octubre 2014).

En relación a la caza, tanto el Coipo como algunas aves acuáticas eran las preferencias de quienes practicaban esta actividad, tal y como relata un informante: *"(En Punucapa y Frutillar), bueno ellos lo hacían por diversión y algunos vecinos lo hacían también como un medio de sustento, porque cazar coipos para ellos era como cazar un ciervo, un animal, porque ellos se lo faenaban y se lo… lo consumían, lo mismo que los patos y las pollollas que andaban como… eran muy abundantes, eran casi como… no plaga, sino que era… proliferaba mucho la… la reproducción de la pollolla, la tagua, que ahora no se ve, ahora ha desaparecido"* (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

También en la zona surponiente, se identificó un relato de recolección de huevos de aves silvestres, probablemente Cisnes: *"Un poquito más acá del estero San Ramón, donde desemboca el río Cruces con San Ramón, donde pa meterse pa dentro, esa estaba ahí, todavía se nota, porque todavía hay como… bueno, totora, totora hay ahí. Era muy bien hechita, y ahí me acuerdo que mi mami nos llevaba y decía 'vamos a ver si encontramos huevos', y tienen que haber sido los huevos de cisne… vamos a ver si encontramos huevos"* (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

Las prácticas de pesca, caza y recolección de huevos fueron gradualmente desapareciendo del Santuario de la Naturaleza gracias a la presencia de guardafaunas de CONAF. Sin embargo, no se trató de un proceso fácil, y aún existen relatos en que se pide

anonimato de la fuente que señalan que algunas de estas prácticas persisten, pero con menor frecuencia e intensidad.

"Antes que sea Santuario aquí, de sectores más arriba, de Quitaqui, vivían de la caza de coipo. El coipo era su fuente de dinero, toda la cuestión, porque la piel se compraba mucho. Entonces toda la gente a la siga de los coipos con trampas y… igual pescaban, pescaban lisa con redes. Entonces ya cuando entramos nosotros costó mucho, costó yo diría unos siete, ocho años a que la gente venga a tomar conciencia que tenían que cortarla porque estaban exterminando la fauna, entonces hubo una pelea con ellos, contra nosotros, o sea no nos podían ni ver. Nosotros no podíamos salir a ninguna parte, de repente aquí en el campo hay que se yo, torneos de tejo, de futbol, y nosotros si no estábamos con los carabineros no podíamos salir. Y costó explicarle a la gente que nosotros estamos pa resguardar la fauna" (Oficio 1 Punucapa, julio 2014).

"En Tambillo (…) el 100% de la gente se dedicaba a eso. Pesca de lisa… imagínate, podíamos pillar individuos que solían tener hasta 1000, 1500 metros de red, que de repente la tenían calá, y revisaban mañana y tarde nada más digamos, sacaban la producción y dejaban la red. El problema es que dentro de la red ahí caen todo lo que es aves zambullidoras… los pimpollos, picuros, los yeco, las hualas… solíamos encontrar digamos, cuando se hacían los decomiso, muertas" (Oficio 2 Punucapa, julio 2014).

Otra importante actividad de recolección en la zona surponiente realizada tierra adentro, pero a la que en algunos casos se accedía por río, era la Murta: "*Mi papá antes se iba a Valdivia en bote… remando (…) Salía como a las seis de la mañana de la casa. Todo depende de la marea" (…) (Y) nosotros antes íbamos a la murta pa allá. Íbamos en bote… y llegábamos allá a un muelle (…), dejábamos el bote y nos íbamos a pie, caminábamos más de una hora pa´ llegar allá*" (Agricultor/a 1 La Punta, septiembre 2014).

4.14.4.7. Experiencias cotidianas y familiares en torno al río

La relación histórica de las/os habitantes con el río no sólo se basaba en el dinamismo generado por el transporte fluvial y las actividades económicas y productivas, sino también en su condición de espacio público. Hay una serie de percepciones y experiencias alrededor de la vida cotidiana y familiar desarrollada en este espacio y que se presentan a continuación.

a) Uso recreativo para balneario y natación.

Muchos relatos recuerdan las experiencias de nado, la transparencia del agua y los lugares de balneario en los distintos ríos, en particular en la época previa al terremoto: *"Bueno, ese estero antes del terremoto…antes era un estero que se podía pasar o cruzarlo de un brinco. Pero después del terremoto ya no, se ensanchó y bueno…lo llaman el estero Santa Rosa, pero es ancho y profundo. Y bueno en ese río nosotros antes nos bañábamos. Era el agua clara, pescábamos salían salmones, salían pejerreyes. Después se pobló de jarpas. Y después ya entró esa alga que adonde llegaron los cisnes, que se comían los cisnes, no sé cómo se llama… que después se desapareció ese también. Y el estero ya ahora es una cosa…agua negra, o sea no negra, un agua café"* (Agricultor/a 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

"Antiguamente se usaba esa agua, sí. Se usaba para los animales, como le digo nosotros nos bañábamos…donde hay un terraplén acá abajo, nos bañábamos. Porque antes se hizo esa cancha aérea y ahí conectaron, entonces después sacaron el puente y nosotros ahí teníamos para bañarnos. Era profundo y el agua era clara" (Agricultor/a 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

"…y el río era angosto. Aquí se podía atravesar a nado el río hacia el otro lado, porque se tiraban y echaban apuestas aquí abajo en el muelle, y cruzaban hacia el otro lado. Pero ahora está totalmente ancho" (Habitante 3 Punucapa, noviembre 2014).

"Antes puro río no más, puro bote, puro botecito no más. Ahí están los botes, ¿no ve? (…) Ve que aquí está con vegetación, era de aquí a ahí no más el río, lo cruzaban a nado, a nado lo cruzaban" (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

"En mi infancia íbamos todos los días a bañarnos, tomábamos once en el río o en los esteros todos los días en la tarde y en la época de esquila bajábamos al río con mi mamá y toda la familia a esquilar. Almorzábamos allá y compartíamos…también íbamos a pescar" (Dirigente 2 Cuyán, septiembre 2014).

"Si, si me iba a bañar, o sea yo no me bañaba mucho porque había gente que le gustaba, a los jóvenes por ejemplo, pero yo no fui de esas, me bañaba aquí en mi estero y a veces iba a mirar, iba a mirar ahí, íbamos a pescar, pescábamos jarpa, andaban muchísimas, le poníamos en el anzuelito un pedazo de pan así y la tirábamos" (Agricultor/a 1 Locuche, noviembre 2014).

b) El río como espacio y recurso material para la cultura

Algunos relatos dan cuenta de experiencias de uso de algunos productos vegetales del río que eran aprovechados por las/os habitantes para desarrollar distintas actividades sociales y culturales, por ejemplo, en el siguiente relato de Tralcao: "*la vegetación que siempre uno iba a buscar, estos juncos que dan una cosa café arriba, un pompón precioso, lo usábamos para hacer adornos, arreglos para la capilla en época de navidad… los actos que hacía el colegio, poníamos unas hojas de ñocha y eso se veía precioso (…) la totora, que la gente la utilizaba antes para calafatear las pipas donde guardaban la chicha, pipas de madera, en vez de ponerle estopa le ponían esa totora y le echaban agua caliente y las duelas se expandían y eso quedaba sellado impecable (…)*" (Dirigente 3 Tralcao, noviembre 2014).

"La totora que salía ahí, la caña se guardaba y se secaba porque eso lo hacía mi papá y eso quedaba como tipo hilo sinsal así, pero más con fibra, tipo esponja, entonces cuando la vasija de la chicha, los toneles, como la que tengo ahí, se habrían por el calor o

por alguna cosa se rellenaba con el agujerito con esa paja, porque esa paja al mojar se hinchaba, porque como era de agua lo único, digámoslo así, entonces al mojarse hinchaba y cerraba y entonces la vasija no se goteaba" (Agricultor/a 1 Locuche, noviembre 2014).

c) Vida social y recreativa a la espera y en torno a los vapores

Un aspecto inseparable de la actividad económica asociada al transporte fluvial son las experiencias de vida social y familiar alrededor de los puertos y barcos, así como los graduales cambios que trajo la inserción (parcial) en la vida moderna: *"Incluso hasta para venir a esperar el vapor era divertido, porque nosotros vivimos como a 2.500 metros de aquí, hacia el lado del Potrero, entonces nos encantaba salir en carreta, qué sé yo, con los bueyes, bonito (…) porque los papás venían los días domingo, entonces nos mandaban… siempre traían carga, algunas cosas, entonces había que irlos a encontrar con carreta, qué sé yo, para trasladar la carga, y eso (…) Se juntaba bastante gente, porque el medio de transporte… bueno, el Collico hacía recorrido día por medio, y caía un día domingo… había un día domingo que venía, o sea, todos los domingos prácticamente, y por lo general ahí venía siempre mi papá. Porque nosotros -como estábamos de vacaciones- estábamos con la mamá acá siempre, cuando éramos niños. Y así fue todo el tiempo, hasta que desapareció el Collico"* (Habitante 3 Punucapa, noviembre 2014).

"A la llegada del Collico en todos los puertos, bajaban cientos de personas, o sea, entre todo el trayecto, en cada puerto llegaban dos o tres familias y saludaban y paraban, era como la única visita que tenían, entonces igual había gente que bajaba a puro copuchar, o a tomarse la chicha, ¿te fijai? Porque igual nosotros teníamos en varios puertos que había que recargar leña, entonces igual era un negocio pa la gente que estaba ahí, y el Collico buscaba su… cómo se llama… sustento para mover los motores. Entonces ahí había algo que era como tradicional, bonito pa las personas, todo un tema, o sea, que no creo vuelva, porque la gente ahora ya igual ya cambió todo el sistema, la micro, porque la micro entró en todos lados" (Oficio 3 Punucapa, noviembre 2014).

"En veces igual digamos en la tarde íbamos a encontrar a mi papá en bote… antiguamente, nos enterábamos por radio (…) ahora la tecnología ha avanzado demasiado porque ahora por teléfono (…) antiguamente no po, un aviso por radio, vengan a buscarnos al puerto que vamos con carga… ¡ya! íbamos en bote, los caballos, con carreta… hoy día la gente no tiene caballos ya, puro vehículo, todo cómodo" (Dirigente 1 Quitaqui, noviembre 2014).

Algunos de estos relatos recuerdan a aquellos que viajaban a estudiar a Valdivia*: "Los que podían ir a Valdivia no más a estudiar viajaban. Mis hermanos estudiaron en Valdivia. Se quedaban donde los familiares allá en Valdivia y los fines de semana se venían. Ahí el día domingo otra vez en el Collico se iban a Valdivia de nuevo"* (Habitante 3 Punucapa, noviembre 2014).

d) Fiestas religiosas

Al igual que en otras comunidades ribereñas, el río constituye un lugar de encuentro social, especialmente en fechas importantes como la navidad y el año nuevo, así como a lo largo del período estival: "*todos los años nuevos se juntaba la comunidad casi completa abajo en el puerto y nos bañábamos todo el día (…) gente adulta, gente joven (…) nos juntábamos, nos bañábamos, llevaba comida la gente, compartíamos, pero era un hermoso día de año nuevo, navidad también, se juntaba toda la gente. Y después ya así todos los fin de semana o todos los días se iban a bañar los niños ahí al río*" (Dirigente 2 Tralcao, septiembre 2014).

Algunos de los relatos dan cuenta de espacios de recreo específicos, como una "quinta" en Punucapa, en la zona surponiente, que desapareció por el terremoto *"Había álamos ahí, y ahí un montón de álamos, y ahí donde iba a bailar la gente, venía de Valdivia en bote cruzaba aquí, iban a bailar, a comer y todo eso. Ahí había como una quinta de recreo, era como eso. Antes del terremoto eso sí. Después todo eso murió"* (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

También son frecuentes las historias fluviales en torno a boteros a remo que aun no sabiendo nadar se desplazaban por vía fluvial en completo estado de ebriedad después de largas noches de juerga: "*Una vez había un caballero (…) ese caballero se ahogó en la vega y era bajito, se le fue la manta, y se ladeó en el bote, se le fue la manta, y él curao si po, y cayó de cabeza y no se pudo… seguramente no se pudo sacar la manta… y ahí murió. Y varios porque una vez otro caballero, yo me acuerdo, ahí en la pasadita de un esterito ahí donde iban los chicos a buscar agua, a sacar pescados, ahí murió otro. Pero ese cayó. Se fue de punta y cayó ahí no más, quedó con la cabeza dentro del agua, y ahí mismo murió*" (Agricultor/a 1 La Punta, septiembre 2014).

En relación a la Fiesta religiosa de la Virgen de la Candelaria, que se lleva a cabo el 2 de febrero de cada año, se relatan las siguientes experiencias: *"En esos años, cuando yo estaba más chica, me acuerdo que era muy lindo se hacían ramadas. Llegaban comerciantes de todas partes ¡era muy bonito antes!, comerciantes con pescado frito, con empanadas, con sus cosas, con sus botes, familias enteras, comerciantes (…) con su bote cargado con cosas para vender ese día. Venían cientos de personas. Y ahí se vendían estampitas, porque la gente era muy creyente a la virgen, y hacían sus ramadas, en todas las casas de Punucapa se vendían cazuelas, empanadas, chicha, trago, era la fiesta; venía la banda de Valdivia a la procesión de la virgen".* (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

"Se hacían caminatas al cementerio o al río y bueno ahora ya llevar a la virgen al río casi no se puede dar vuelta con la gente. La llevaban al río pero todavía había espacio, pero ahora me imagino que con toda la gente que va, debe costar. La llevaban como parte de la procesión y en la noche se hacían las novenas. Y para la salida de la virgen en la noche había un concurso de quién traía el farol más bonito (…) Y después de la procesión se iban donde una tía mía (…) y ahí se iban a comerse el cordero los músicos (…) y después se armaba la fiesta, con banda… esas cuecas… todos bailaban. La gente era muy creyente, de abajo del río llegaba la gente de rodillas a pagar sus mandas, con las manos llenas de

esperma con velas. La gente era muy devota de la virgen, muy milagrosa (…) Venía mucha gente a bautizarse con la virgen. Todo por río. La gente disfrutaba, traía sus velas, sus flores (…) no faltaba en esto cuando un curao se caía al agua" (Agricultor/a 1, Punucapa, noviembre 2014).

Como se desprende de los relatos, previo a la construcción de los caminos a Punucapa, toda la gente llegaba a esta fiesta en bote por el río: *"Bote llegaba harto, era puro bote, pa la Candelaria; la gente de Cabo Blanco, Quitaqui, Tambillo…"* (Habitante 4 Punucapa, noviembre 2014).

e) Tiempos recientes y post desastre ambiental

Finalmente, hay un grupo de relatos asociados a la dimensión de experiencias cotidianas y familiares que dan cuenta del deterioro sufrido en la calidad de vida producto del progresivo abandono en el uso río o la menor circulación en el HRC. Este es un proceso de varias décadas en el que se concatenan negativamente el término de los vapores y cierre de los puertos, las restricciones asociadas al Santuario y finalmente el desastre ambiental ocasionado por la planta de Celulosa Arauco y Constitución S.A.

"Bueno cuando dieron la alarma de los cisnes toda la gente ah! Se murieron los cisnes y punto, porque el río digámoslo vulgarmente ya no se usaba, ya no habían embarcaciones, no había recorrido fluvial, nada; entonces daba lo mismo no más. Eso si que la gente se bañaba antes que viniera la celulosa y el agua era limpia porque nosotros nos recreábamos, hacíamos recreación, nos íbamos a bañar ahí, antes había más población acá en este sector, entonces nos juntábamos a veces los fines de semana ahí en el muelle, allí en Cuyinhue también, se bañaba la gente y habían botes, pero aparte después dejaron de venir los barcos y como que daba lo mismo… y después ya uyyyy se murieron los cisnes y toda la cuestión, pero y después hay gente que se empezó a interesar para cobrar toda la cuestión, como los de Punucapa" (Agricultor/a 1 Locuche, noviembre 2014).

"(El desastre ambiental) Nos cambió un poco el estilo de vida, nosotros éramos muy del agua, con las niñitas chicas en esa época, estábamos todo el verano en torno al río y el río como que se transformó en una cosa lodosa. Y eso como que nos hizo que el río fuera una cosa desagradable, de hecho hicimos la piscina hace unos cinco años atrás porque ya el río era poco atractivo, no vamos tanto al río, antes todo el verano era abajo. Bajábamos a la playa, era "vamos a la playa", y de hecho fue tanto que no se ocupa que las totoras fueron cerrando donde nos bañábamos y hoy día tienes que pasar por entre medio de las totoras porque ya no lo ocupamos. El impacto fue como de estilo de vida, como que el río se alejó de nuestra vida cotidiana (Profesional 1 Rebellín, noviembre 2014).

4.14.4.8. Experiencias en torno al desastre ambiental

Como ya se anticipa en los relatos precedentes hay un conjunto de experiencias declaradas por los informantes de las distintas zonas del HRC que se refieren al hito específico del desastre ambiental provocado por la planta de Celulosa Arauco y Constitución S.A.. Algunas de estas experiencias son anteriores a la crisis y expresan las percepciones negativas que los habitantes fueron construyendo por las acciones de inserción comunitaria que antecedieron a la autorización, construcción y funcionamiento de la planta. De este modo, el inicio de operaciones de la planta de celulosa se constituye en un hito relevante en la historia de las comunidades aledañas al HRC dada que por su estrecha relación con el ecosistema, fueron los primeros en observar los cambios.

a) Experiencias previas a la crisis de 2004

"Es una pena que ustedes no hayan podido conocer el humedal antes de la instalación de la celulosa, porque tú te parabas en la ribera ahí donde vivo yo y en las noches era realmente un deleite escuchar el ruidos de las aves, de los animales, y era casi ensordecedor, pero agradable, porque eran las taguas, las pollollas, los cisnes, los coipos,

andaban venados, andaba mucho… era una fauna muy variada…" (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

Es en la zona norte oriente y poniente donde estos relatos cobran especial significado, pues se evidencia el accionar de las autoridades de la época para informar a la población respecto de los beneficios que traería la instalación de la planta y las expectativas creadas: "*gente de Celco habla con el alcalde de ese entonces, que era don Guillermo Mitre, y él viene a dar una charla a Tralcao, diciendo que venía una empresa muy importante y que iba a dar trabajo para todos (…) realmente en esta zona había poco trabajo, entonces iba a haber mucho trabajo, se iban a contratar mil personas como mínimo, e iba a haber bastante trabajo, lo que hoy en día hay uno solo trabajando ahí en esa empresa* (…) *Pero todas las informaciones que nos traían, ¡todas buenas!*" (Agricultor/a 1, Tralcao, noviembre 2014).

"(Decían) que (la planta de celulosa) iba a recibir mucha gente, entonces muchas personas invirtieron, hicieron cabañas, hicieron buuuu…. se agrandaron sus casas, que se yo! Claro que eso fue un tiempo no más…" (Dirigente 1 Cuyán, octubre de 2014).

Sin embargo, una vez que la planta comenzó a funcionar la percepción de la gente no tardó en variar negativamente, atribuyéndole la responsabilidad directa de varios cambios ambientales: "*la gente se puso a regar con el agua del río y mató todos sus papas, ¿ve? Otros que fueron a darle agua a sus animales, por ahí quedaron re enfermos; una señora que tenía gallinas por el lado del río, empezaron a morir*" (Agricultor/a 1, Tralcao, noviembre 2014). Asimismo, "*las hojas de los árboles empezaron de repente empezaron a ponerse café, café, café, y al final ya se secaban*" (Dirigente 2 Tralcao, noviembre 2014).

b) El desastre en 2004

Hay relatos en todas las zonas del estudio que manifiestan de modo dramático y concreto la experiencia de la crisis ambiental de 2004. De la zona suroriente seleccionamos relatos de Cabo Blanco, El Rebellín y Cayumapu:

"Me acuerdo del día que empezó el problema porque tengo una playa en la propiedad y ese día bajé y encontré una especie de nata amarilla asquerosa. El agua cambió y con eso cambió todo. Cabo Blanco tenía un gran sitio de anidaje de cisnes, casi mil de los 3 mil cisnes que había en el humedal, y de manera casi instantánea el sitio de anidaje cambió. Era un lugar de mucha biodiversidad y que si bien actualmente ha mejorado no sé en cuánto está realmente recuperado. Creo que mientras sigan descargando residuos el río no va a mejorar. Además en un principio tuvimos mal olor en el sector porque la empresa no había instalado un filtro, así que con el viento norte llegaba el mal olor, como huevo duro (Dirigente 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

"Eran cosas reales o no reales pero en ese momento estábamos muy atentos digamos y había otro segmento de la comunidad que en realidad encontraba que esto eran puras leseras contra CELCO y que sé yo, pero nosotros estábamos convencidos claramente porque la cuenca cambió… o sea abril del 2004 hubo así como un cataclismo y este luchecillo desapareció, se secó o sea claramente había una relación cronológica con la puesta en marcha de la planta y eso fue muy claro por lo tanto nosotros nunca pusimos en duda, nosotros sabíamos que CELCO era el responsable, solamente mirando lo que pasaba en el entorno, sin análisis ni nada y bueno teníamos razón. Pero mucha gente en esa época decía tan puro hablando… en los encuentros sociales uno contaba esto… ah están locos contra CELCO y nos trataban como que nosotros estábamos hablando puras huevadas" (Profesional 1 Rebellín, noviembre 2014).

"Bueno, la parte del río cambió cuando se instaló la celulosa, antes allá era muy lindo, el río blanqueaba de cisnes, los coipos daba gusto mirarlos en las tardes, los patos,

las taguas…de pronto empezaron a salir las noticias por la radio, los diarios y nosotros mirábamos como flotaban las aves ahí en el río" (Habitante 1 Cayumapu, septiembre 2014).

En la zona surponiente, hay testimonios de experiencia ante el desastre ambiental por informantes de Frutillar y Punucapa:

"Todo fue afectado (…) Claro, porque todo eso es inundado. Si incluso yo me refiero a que, esto, el Tambillo también, que a pesar de que es un canal muy angosto igual las aguas llegaron hasta allá y todo fue contaminado. Es más el río Cayumapu si ustedes se ven que sale del curso del río Cruces, igual entró y también se murió la vegetación en ese sector… y recién se está recuperando" (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

"Es que eso es lo que pasó, lo que pasó antes del 2004… porque desde que se inició el Santuario de ahí se está entregando día a día el patrullaje, informes todos los meses, y nunca veían digamos los informes, lo que uno entregaba. O sea, cuando nosotros empezamos a observar las aguas turbias, y cuando se empezó a soltar el luchecillo, cuando repente reventó la cosa, ´ah´, dijeron… ahí se revisaron los informes" (Oficio 2 Punucapa, julio 2014).

De la zona nororiente seleccionamos un relato de Tralcao:

"Y ya, empezaron las voces de alerta, que había una contaminación, la gente de acá, el caso de don Segundo Agregán, la señora Emilia que vive a la orilla del río, empezaron a decir 'hay una mortandad de animales, de especies acuáticas', ahí empezamos a sentir los malos olores que eran permanentes y frecuentes, sobre todo en las mañanas hasta el mediodía (…) *fue horrible, después ya empezamos a ver el tema que caían los cisnes heridos, muertos, enfermos, en las calles de Valdivia, en el puente Pedro de Valdivia, acá nosotros veíamos llegar cisnes a las partes donde ellos anidaban- a morir (…)*

lo que tú veías era un par de plumas que estaban siendo depredadas por aves carroñeras: jotes y otros bicharracos que andan. Entonces fue triste porque se nos destruyó el hábitat." (Dirigente 3, Tralcao).

En la zona norponiente, algunos informantes declararon que el proceso de información se dio inicialmente a través de los medios de comunicación:

"Cuando ocurrió lo de la celulosa me enteré por los medios de comunicación, en los diarios salía mucho lo de la contaminación y recuerdo que el doctor Silva de Mariquina salía con bastante frecuencia en la radio diciendo que había gente enferma, que habían más enfermedades respiratorias. Si bien a nosotros no nos llegaba directamente la nube de humo, sí se podía ver que estaba muy contaminado. Luego nos dimos cuenta que los peces empezaron a morirse, que nadie se atrevió a pescar más porque no habían peces y porque estaban contaminados. Por lo mismo la gente dejó de bañarse, nadie quería meterse a un agua contaminada y yo incluso escuché un caso de una persona a quien le había pasado algo por bañarse, pero no estoy segura" (Dirigente 2 Cuyán, septiembre 2014).

c) Experiencias en torno al ganado

Un ámbito de experiencia frente al desastre que apareció en varios relatos y que nos pareció de importancia relevar agrupadamente, es la situación de comportamiento observada en el ganado por parte de agricultores que dan cuenta de cómo sus animales rehusaban tomar el agua del río o comer pasto en sus orillas. Como se señala en los siguientes relatos: *"Porque nosotros compramos animales después, que venían de los cerros arriba y esos animales tomaban agua excelente, porque es de vertiente, entonces llegaban acá y el agua del río no les parecía bien entonces… algo pasó con ellos, ¿cierto? Nunca vimos un veterinario, nunca llevamos muestras al veterinario para ver la verdad de las cosas, lo que estaba pasando, pero como le digo, cuando llegaban aquí las reuniones con la CONAMA, con gente de la empresa, solamente problema turístico, del turismo (…)*

faltó más gente como yo, qué sé yo, para habernos unido y haber puesto esa problemática en cartelera acá cuando venían ellos (…) Pero yo creo que el turismo no falló, siempre vino gente para acá, y creo que vino más gente, porque querían mirar, si la gente es novedosa igual, querían ver si realmente habían o no habían cisnes, cómo estaba el río, y eso. Eso no falló, pero igual se le ayudó montones a ese tipo de gente y todavía yo creo que les siguen ayudando. Pero en la parte agrícola, en la parte ganadera, no, muy poco, muy poquito. Y debe ser por eso, porque nosotros como pequeños agricultores nunca reclamamos, no teníamos idea de qué estaba pasando. Solamente el problema era los cisnes, los cisnes, los cisnes… incluso se hicieron unos documentales referidos a los cisnes, y eso" (Habitante 3 Punucapa, noviembre 2014).

"Claro…incluso cuando habían mareas muy altas y habían lluvias de 2 a 3 semanas, los animales ya no comían mucho el pasto, cuando subía mucho la marea y bajaba, no comían el pasto. Eso me causó extrañeza una vez y yo no sabía…bueno, después nosotros no hicimos ninguna investigación, después sacamos conclusiones que tiene que haber sido eso. Porque quedaba una mancha media…cuando hay agua estancada y se forma así como cuando tiene mucho fierro el agua, queda una cosa que quedaba marcada y que costaba que se saliera, hasta que le ganara la vegetación se desparecía. Lo raro es que los animales antes comían muy en la orilla, como está ahora, ahora están comiendo en la orilla porque hemos arreglado. Pero cuando subía la marea y habían grandes lluvias, había un buen trecho de unos 4 a 5 metros del río hacia arriba que los animales no lo comían" (Agricultor/a 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

d) Crisis posteriores y situación actual

Algunas de las transformaciones fueron percibidas de inmediato por las/os habitantes del HRC el mismo año de la crisis (2004), otras, aun estarían afectando tanto a la fauna local como al aire como consecuencia de episodios posteriores: "*Hubo un tiempo que aquí… hay un estero que se llama estero Collimaico, hubo una mortandad de peces en Tralcao, una vez que largó harto químico la celulosa, justo habría algún depósito de hartos*

peces ahí, y al llegar eso clotiaron todos (…) debe haber sido por ahí por el 2010 más o menos. Porque como un tiempo como que había parado, y de repente como que largaron todos los químicos de un viaje, entonces ahí los peces clotiaron" (Agricultor/a 1, Tralcao, noviembre 2014).

"*Si pa no ir más lejos, el año pasado, el año antepasado también. También de repente llegaban olores en la noche, en la mañana aquí, unos olores de los mismos que sentíamos unos dos o tres años atrás*" (Dirigente 2 Tralcao, septiembre 2014).

4.14.4.9. Otras experiencias

Por último, en esta sub-sección se presentan algunos relatos de experiencias asociadas a otros tipos y fuentes de contaminación, o a procesos particulares de ciertas zonas, pero no menos relevantes desde el punto de vista socio-ecosistémico y para la elaboración de percepciones negativas por parte de los actores locales.

a) Otras fuentes de contaminación

En las experiencias y percepciones reconocidas por las/os informantes del HRC se indican otras fuentes de contaminación que también han afectado o afectan al ecosistema fluvial. Algunas de estas experiencias de contaminación son de las décadas post-terremoto y se responsabiliza a distintos agentes, pero sin duda se encuentran muy arraigadas en la memoria local, por ejemplo en la zona de Tralcao: "*Yo me acuerdo, años atrás, yo era niño, y me iban a dejar en bote para que vaya a estudiar a Pelchuquín y después a San José, y los camiones en el puente botaban pescado muerto, y salía la fetidez (…) me indignaba ese tema, y un día un señor me dijo 'no, si es algo biológico, se va a desaparecer'. Claro, igual era complicado, por el olor y los peces muertos, y no eran pocos, cajas con peces, pescado*" (Dirigente 3 Tralcao, noviembre 2014).

O en la zona Surponiente y el río Cau-Cau: "*Y uno llegaba ahí porque a veces uno de Valdivia no llegaba hasta Valdivia se desembarcaba ahí porque ahí estaba el puente*

Pontones, que se construyó de emergencia cuando… después del terremoto para reparar los puentes, se construyó un puente de pontones, de lanchones, y para eso se hicieron ese camino que baja para la Saval y el otro que se va por las marinas. Después sacaron esos puentes y quedaron como una especie de muelles ahí, unos frontones. Y ahí llegaba en… en tiempos cuando no necesitábamos venir hasta Valdivia, para no gastar combustible, nos desembarcábamos ahí en Pontones y llegábamos a pie a Valdivia, y ahí uno veía cómo descargaban esos… ese alcantarillado, esas redes y pero… chorros de aguas servidas (…) Estoy hablando del año 62, 65 en adelante (…) Bueno, y ni hablar de las plantas de Chumpullo, donde está el matadero, las plantas de Masisa, la papelera misma… y siempre descargaron sus residuos al río y nadie les dijo na porque no estaba legislado" (Dirigente 1 Frutillar, agosto 2014).

"Un tiempo se contaminó (el estero santa Rosa) también por empresa BOMASIL que era de las maderas, esos botaban…botaban hacia acá y ahí se contaminaba un poco el estero. Ahora si ustedes pasan en frente de Lourdes está lleno de casas, eso eran como 6 o 7 hectáreas. Era una empresa grande que hacían enchapado, así como el INFODEMA." (Agricultor/a 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

Algunos de estos relatos dan cuenta de incidentes de contaminación más recientes, por ejemplo en relación a una planta de tratamiento en Cayumapu: *"Hay un planta de tratamiento nadie sabe quién está costeando eso porque la gente no está pagando, no sé si será la Municipalidad, no sé, pero hay días que sale un mal olor del río, impresionante. Entonces los que vivimos cerca del río ahí lo notamos, pero no es de todos los días, no sé si están botando todo al río, porque si no están financiando eso no sé cómo lo hacen* (Habitante 1 Cayumapu, septiembre 2014).

O bien, rellenos de material industrial forestal en el sector de Cabo Blanco: *"Aquí INFODEMA vino a botar aquí…hizo un relleno aquí de como 5 metros de pura cáscara de…y eso también contaminó el río, harto. Y bueno, acá al lado también están botando po!*

Están haciendo un relleno también con lo mismo" (Agricultor/a 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

b) Procesos de suburbanización

Finalmente, en el ámbito de las experiencias es relevante los impactos que están generando los proceso de suburbanización y la presión inmobiliaria, ya sea por expansión de la ciudad de Valdivia en el sector de Cabo Blanco o por la parcelación de agrado en zonas como Cayumapu.

"Para Chancoyán arriba se dedican a la crianza de vacunos, de los huertos, de esas cosas así, todavía queda harto. La gente nueva no, que va llegando no, porque compran una hectárea, media hectárea pa vivir no más" (Habitante 1 Cayumapu, septiembre 2014).

"Antiguamente el camino de Cabo Blanco a Las Marías era prácticamente intransitable porque era un camino alternativo para el transporte pesado forestal además de ser un basural clandestino y gigantesco. En ese entonces los objetivos de la junta de vecinos apuntaban a mejorar el camino, pero ya desde hace varios años tenemos camino de ripio y logramos que la municipalidad hiciera retiro de la basura, así que con el tiempo el sector fue perdiendo su "condición" de basural y se fue urbanizando. Tanto así que ahora ese mismo camino se está pavimentando y ha pasado a ser parte del pool de inversiones para la conectividad estratégica de Valdivia, con una gran inversión sectorial. Todos estos cambios han ocurrido muy rápidamente, hace 20 años habían 3 o 5 casas y ahora viven fácilmente 1.000 personas en Cabo Blanco, o sea que se ha poblado bastante" (Dirigente 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

"Bueno…hacia Pedro Aguirre Cerda ya nos pusieron una población que…que se llama, que se llama….Norte Grande y trajeron pura gente mala de Santiago. Bueno aquí nos han entrado a robar, a mí no me habían robado nunca, me habían robado animales, pero el año pasado nos entraron a la casa. Fui como a las 6 de la tarde a Valdivia y en

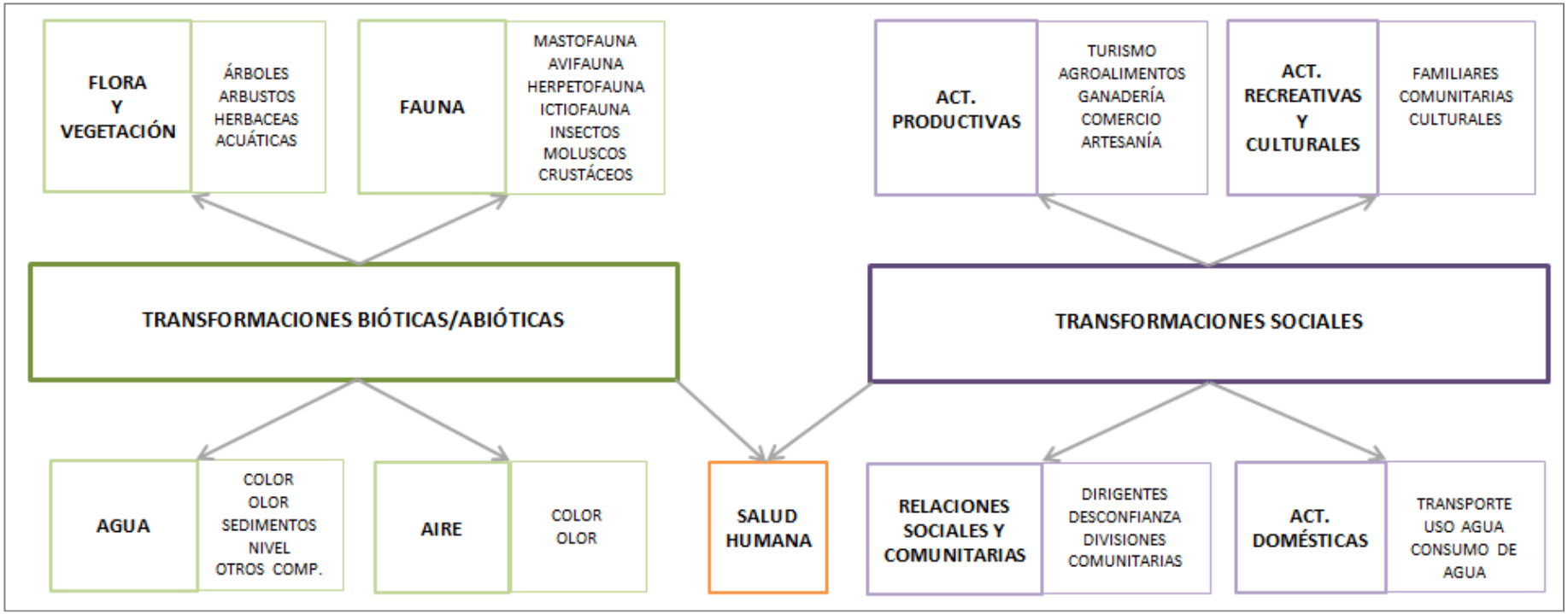
media hora nos desvalijaron la casa. Entonces que vengan a poner otra cuestión ahí ¡para nosotros sería terrible!" (Agricultor/a 1 Cabo Blanco, octubre 2014).

4.14.4.10. Transformaciones

Los cambios más significativos ocurridos en el HRC para el período 2004-2014 y expresados por los informantes durante el estudio son de dos tipos: a) transformaciones detectadas en el medio biótico y abiótico, y; b) transformaciones sociales. La Figura 14.4.5 presenta un Cuadro Sinóptico que sintetiza la organización de los resultados registrados en torno a estos dos grandes grupos, componentes y sub-componentes de las transformaciones. Este esquema permitió luego agrupar los socio-bioindicadores específicos identificados en los relatos de los informantes los que además fueron corroborados en un proceso de triangulación de la información. Este resguardo metodológico implicó que solo se consideraran aquellos socio-bioindicadores que fueron mencionados más de una vez y que estuvieran directamente relacionados con el objetivo de conservación del HRC y su socio-ecosistema.

Por lo tanto, la Figura 14.4.5 se debe entender como el esquema de organización de los hallazgos de campo en este parámetro, pero la especificidad zonal en los cambios de cada uno de los socio-bioindicadores en relación a su ausencia/presencia, cambio en magnitudes (aumento/disminución) o en sus aspectos cualitativos (color/olor/otros) se presentan diferenciados por zonas en la secciones recién tratadas con sus respectivas tablas.

Figura 4.14.5. Cuadro Sinóptico de transformaciones con sus componentes y sub-componentes



Es importante establecer algunas consideraciones previas para la correcta interpretación de las tablas de socio-bioindicadores.

i) En relación a la temporalidad: los cambios en los socio-bioindicadores son dinámicos en el tiempo, por ejemplo el descenso en la población de Cisnes y en la cantidad de luchecillo identificado en los primeros años de la crisis, se ha revertido parcial y gradualmente de acuerdo a lo observado por los informantes, pero con variaciones zonales importantes en las magnitudes de estos aumentos.

ii) En relación a la espacialidad: se incluye la variabilidad espacial intrazonal cuando ésta es señalada por los informantes, pues para algunos indicadores se expresan aumentos en algunas localidades o sectores específicos y disminución en otras.

iii) En relación a las magnitudes: el CEL no puede ser expresado en magnitudes o unidades de cambio exactas, pues aunque se basa en la observación y la experiencia, en muy pocos casos está asociada al registro sistemático de los cambios o bien se mantienen formas de registro no validados por la ciencia. Por lo tanto, en la mayor parte de los casos los informantes locales no tienen registros cuantitativos exactos, pero sí una apreciación relacional de esos cambios en los siguiente términos: ausencia/presencia, aumento/disminución o cambios en sus aspectos cualitativos (color/olor/otros)

iv) Por los considerandos expuestos anteriormente, en algunos casos la información provista puede parecer contradictoria, sin embargo, para no perder información potencialmente relevante, privilegiamos mantener los relatos de los actores. Pensamos que en estos nudos de información contradictoria hay espacio para que el conocimiento científico pueda realizar aportes al conocimiento local.

Las tablas de síntesis de las transformaciones se presentan para las cuatro zonas de investigación en la que se dividió el HRC en base al principio de *situacionalidad* utilizado en el estudio. Las tablas sintetizan 550 entradas de información, y por lo tanto han sido diseñadas para agrupar información, reconociendo indicadores de cambio, ilustrando esos cambios con una cita seleccionada de acuerdo a como fue expresado por los/as informantes e indicando las localidades en que hay información asociada al mismo indicador. La clave de lectura de las columnas para su correcta interpretación es la siguiente:

- **Componente**: agrupa los cambios de acuerdo a si ellos han afectado a la flora, hongos, fauna, agua, aire (generando bio-indicadores); actividades productivas, actividades recreativas y culturales, actividades domésticas, relaciones sociales y comunitarias (generando socio-indicadores); salud humana (generando socio-bioindicadores).

- **Subcomponente**: Permite agrupar la información de acuerdo al tipo de organismo afectado o al tipo específico de actividad social afectada;

- **Socio-bioindicador**: Se refiere a la transformación específica de un organismo, población o grupo social detectada por uno/a o más informantes;

- **Cita/Nota**: Reproduce una frase textual o una nota de la bitácora de campo de las/os investigadores seleccionada entre el conjunto de los registros relacionados, que da cuenta del cambio en el socio-bioindicador en los términos expresados por las/os informantes.

- **Localidades**: Identifica aquellas localidades en que se registran informaciones de la misma naturaleza sobre la transformación identificada.

Tabla 4.14.4. Socio-bio-indicadores de la Zona Nororiente del HRC.

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
Flora	Árboles	Patologías en árboles	Al final murieron muchos arbolitos… Como que se quemaban. La planta y las hojas de los árboles empezaron de repente empezaron a ponerse café, café, café, y al final ya se secaban (Dirigente 2, Tralcao)	Tralcao
	Arbustos	Aumento de la abundancia de Murras	La murra es una plaga pero horrible en los campos. (*Antes*) había murra pero era muy controlado. Era como un lujo tener murra porque se hacían mermeladas, ahora no, es una cuestión que ni las ovejas la comen (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
	Herbáceas	Disminución de la abundancia Junco y Totora	Estos juncos (…) todo eso empezó a morir… café… la totora (…) todo eso empezó a morir (...) en la actualidad no, ya no existe el junco este… totora que le llamaban, para hacer estos… tapar las duelas…" (Dirigente 3, Tralcao)	Tralcao
		Aumento de la abundancia de Junquillo y Totora	Pero sí el junquillo se perdió un tiempo, ahora está volviendo a nacer otra vez, pero ya con menos fuerza también, pero hay sí ahora. Por ejemplo la totora también se perdió toda, pero ahora igual está naciendo de nuevo (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
		Disminución de la abundancia hierbas medicinales: Manzanilla, Menta, Pata de vaca	A la orilla del río existía antes un tipo de menta que era exquisita, el olor, el aroma, el sabor, y en la actualidad se ve muy poca (...) la pata de vaca creo que era otra que la gente buscaba (...) yo hace mucho tiempo que no veo eso. La menta sí, yo la recolectaba, cuando tenía bote la iba a buscar porque me encantaba el olor, y en la actualidad he visto una que otra plantita. La manzanilla aquí en Tralcao ya no existe, antes tú ibas a un jardín o a un patio de una casa, lleno de manzanillas, ahora no hay (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao, San José de la Mariquina
		Disminución en la productividad pastos	Un año estuvimos bien mal de pasto por toda esa famosa lluvia ácida, que al final estaban tan perjudicados los lugares (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao, San José de la Mariquina, Pufudi, Pelchuquín, La Punta
	Acuáticas	Disminución de la abundancia de Lotos	Aquí solíamos tener lo que es la flor del loto, cualquier cantidad, que también un tiempo murió, murió total, total. Ahora como que quiere revivir y no quiere revivir, ahí está de repente, pero ya no es lo mismo también. Si aquí habían partes que era igual que cuando tú vas a la Saval así en tiempo de verano, así bonito. Pero también se perdió (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
		Aumento de la abundancia de Lotos	De ahí donde salimos nosotros, está tapado, el río se tapó de eso, ya no se puede andar ahí (…) pa allá es igual como esas lagunas que hay en la Saval (…) porque el loto no se acabó (Agricultor/a 1, La Punta).	La Punta
		Desprendimiento de Luchecillo	Empezamos a ver que el huiro se despegaba y empezaba a flotar así como unos montones así (Agricultor/a 1, La Punta).	La Punta
		Disminución de la abundancia de Luchecillo	(El rio) era verde, lindo… a la orilla de la ribera del río parecían alfombras verdes. Entonces estaba el luchecillo, el huiro y otras plantas acuáticas que se alimentaban los cisnes. Ahora los pobres cisnes no sé de qué se alimentan, parece que salen a la orilla, comen totora, pasto… tienen otra manera de alimentarse...pero anteriormente esas partes eran... se cruzaban para acá los colchones verdes. Ahora ya no hay... como que está saliendo nuevamente ahí... ahí hay una parte verde (Habitante 1, Pelchuquín).	Pelchuquín
		Aumento de la abundancia de Luchecillo	El luchecillo, si bien es cierto, reapareció en algunos sectores, pero a lo mejor también está contaminado, me imagino que se nutre del suelo del humedal (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao, Estero San Antonio
		Aumento de la abundancia de una nueva planta acuática	Ahora el huiro está como saliendo, pero el huiro no es el mismo que salía antes, sale otra clase de huiro, yo de eso me he dado cuenta (...) porque el huiro antes (...) era como hojitas redondas así, y ahora como más largo, no sé (...), no es el mismo (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao
Fauna	Mastofauna	Disminución de la abundancia de Huillín	Aquí (...) no hay nutrias, con suerte he visto una cazando jarpas (...) son las únicas dos nutrias que he visto aquí en Tralcao (...) dicen que habían muchos más. Al menos la gente que salía a pescar, veía que habían hartas, en la actualidad muy poco (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
		Disminución de la abundancia de Coipos	No veo coipos casi (…) antes se veían en las tardes sobre todo, se veían harto (Agricultor/a 1, La Punta)	La Punta, Tralcao
		Aumento en especie introducida: Visón	Un amigo indeseable que (…) lo introdujeron por el tema de la peletería (…), y lo tenemos presente acá, entonces nosotros decíamos, ¿qué vamos a mostrar en el río si vamos a hacer turismo con la plata del Consejo de Defensa del Estado, del juicio a Celco?; qué vamos a mostrar si los cisnes o se mueren por contaminación o se los comen los visones (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao, La Punta

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
	Avifauna	Patologías en Cisnes	Los pobres cisnes estaban muertos, por allá, por acá. A veces uno estaba aquí y veía un cisne… caían muertos acá… yo los recogía, los llevaba a la orilla del río pero morían igual… flacos… no tenían qué comer (Habitante 1, Pelchuquín).	Pelchuquín, La Punta, Tralcao
		Aumento en la abundancia de Cisnes	El otro día vimos ahí en el puente Pichoy, al frente, a una de cisnes que andaban… ¡qué hermoso, qué hermosura el cisne! Y así po, están volviendo, ahora el huiro está como saliendo (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao, La Punta, Pichoy
		Aumento en la abundancia de Pelícanos	Esos están llegando recién (…) Se habían ido, pelícanos había harto (Habitante 1, Pelchuquín).	Pelchuquín, La Punta
		Disminución en la abundancia de Cormorán Yeco	El cuervo (…) ya se ve en menos cantidad también, porque ya no tienen qué comer tampoco (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
		Disminución en la abundancia de Garzas	Había una garza blanca, había una garza gris, habían… yo no he visto garzas ahora, se ve muy poca de repente (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao, La Punta
		Disminución en la abundancia de Patos	Los patos de río… esa era una nata de patos de río (…) lleno de aves acuáticas (Habitante 1, Pelchuquín).	Pelchuquín, La Punta
		Disminución en la abundancia de Taguas y Pollollas	Antes había más aves. Ahora no se ven las pollollas, ni las taguas (…) Pollollas negriaban, andaban hechas montones en el río. Y esas son grandes (…) Antes andaban pero bandadas (Agricultor/a 1, La Punta).	Pelchuquín, La Punta, Tralcao
	Herpetofauna	Disminución en la abundancia de Ranas	Aquí en las tardes era un concierto de ranas. Yo me venía a sentar (…) a escuchar las ranas, era un verdadero concierto (…) Ahora no hay ninguna, ni una rana (Habitante 1, Pelchuquín).	Pelchuquín, La Punta, Tralcao
		Disminución en la abundancia de Culebras	No se ven, antes se veían las culebritas (…) la contaminación de las aguas… fíjese que yo salía a mirar allá abajo y las culebras tomaban agua y después se perdían así… y ahora se encuentran poco (Habitante 1, Pelchuquín).	La Punta
	Ictiofauna	Presencia de peces muertos	Hubo una mortandad de peces en Tralcao, una vez que largó harto químico la celulosa, justo habría algún depósito de hartos peces ahí, y al llegar eso clotiaron todos (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
		Disminución en la abundancia de Carpas	Las jarpas tan bonitas, grandes que habían antes, las jarpas… ahora ya no se pueden ver jarpas, yo la verdad de las cosas que no he visto jarpas ahora último ahí… pero inmensos peces po, o sea, grandes (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao, La Punta
		Aumento en la abundancia de Carpas	Las jarpas sí aparentemente se ven unos buenos cardúmenes, que espero que sea… que se estén recuperando (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
		Disminución en la abundancia de Salmones	Y salmones pueh, fíjese que yo salía a pescar (...) me traía cinco, seis salmones, lindos de esos plateados, colorados... entonces como éramos pocos (...) a los viejitos les llevaba los salmones. Ahora, en este mes de septiembre, salían los salmones pal 18´ (Habitante 1, Pelchuquín).	La Punta, Tralcao
	Insectos	Presencia plaga San Juan/Gusano Blanco	Ahí empezó a salir lo que es el gusano blanco, que son… en el fondo son unos sanjuanes ya más café, más negro, que esos son los gusanos blancos, porque el otro gusano verde que ha existido siempre, ese es un gusano más normal, más de la tierra (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
Agua	Color	Aumento de turbidez del agua del río	Las aguas quedaron como barro (…) No se veían nada pa abajo. Y antes era verdecita… se veía hasta el fondo (…) Aquí el agua todavía está turbia (Agricultor/a 1, La Punta).	La Punta, Tralcao
		Color amarillento en agua del río y potable	Pero resulta que tenemos agua potable y (…) nosotros tenimos la idea de que es la misma que hay del río porque sale así amarillenta, no es clara (Agricultor/a 1, La Punta).	La Punta, Tralcao
	Color y Aumento de concentraciones químicas	Aumento de turbidez y de concentraciones de elementos	Empezó a salir turbia, mucho hierro, magnesio… sí, el (*agua del pozo*) que tenemos ahora (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao
	Sedimentos	Aumento en densidad del agua del río	Era una cosa espesa, como chocolate (Habitante 1, Pelchuquín).	Pelchuquín
	Nivel	Cambios en el nivel del agua	Ahora hay menos agua (…) han bajado mucho las aguas. En un tiempo más, usted viene, ahí en La Punta, eso va a estar seco, puro barro. Ahora hay agua porque ha llovido y porque todavía no ha habido tanta sequía, pero por ahí por diciembre esto quedan... las vegas se ven secas, se ve la pura agua de aquí donde nosotros vamos (Agricultor/a 1, La Punta).	La Punta, Pelchuquín
	Otros elementos	Presencia de espuma en el agua	Llega a dar pena cómo viene esa espumería, como igual que cuando tú lavas así y botas las primeras lavazas así, así viene la espumería todos los días (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao, Puerto Vigas
		Presencia de aceite en el agua	Si hay días… tú miras, en la superficie se nota. Se nota (…) se nota ese tipo de aceite que va encima también. Porque con el químico igual es como una cosa media aceitocita así, siempre se nota (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao, Puerto Vigas

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
Aire	Olor	Cambios en el olor del aire	Hace hartos años atrás que no he sentido el olor extraño, pero hay algunas mañanas en que amanece un olor extraño (...) Todavía, pero no es frecuente. Pero de repente uno lo relaciona con el olor que había antes, que era así una especie de repollo ácido, una cosa súper extraña. Pero esas eran horas, ahora no, es un rato. Y lamentablemente nosotros estamos tan bien ubicados, entre comillas, que el viento norte nos trae toda esa contaminación para acá (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao, Pelchuquín, La Punta, San José de la Mariquina

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
Actividades productivas	Turismo	Fracaso proyecto turismo fluvial	Visitamos el mirador y los senderos construidos para el proyecto turístico fluvial que nunca pudo materializarse debido al desastre de 2004 y que posteriormente debió refocalizarse en el terreno de la escuela a través de la Muestra de la Cereza (Bitácora 18, Tralcao).	Tralcao
	Agroalimentos	Cambios en sanidad vegetal	Sí, un tiempo se nos… digamos las papas (…) no sé qué cosa sería, si sería tizón, pero (…) (*el SAG*) dijo que no eran hongos, no, no eran hongos ni siquiera eran algo de… estos que uno le dice cuando se queman las cosas, que puede caer un tizón, una cosa así. Y no, era… al final nunca se supo y después se llegó a la conclusión que había sido algo que contaminó (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao
		Cambios en sanidad vegetal	La gente se puso a regar con el agua del río y mató todos sus papas, ¿ve? (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
		Cambios en prácticas tradicionales	Un día estuve pal lado de San José (…) me sirvieron chicha, amarga la chicha; me dijeron, 'yo no sé por qué ahora sale la chicha tan amarga; ¿y usted lava la manzana?; ´no, así no más, si toda la vida la hemos hecho así´; no, pero es que ahora hay que lavarla'. Ojalá –le dije yo- hacer chicha una vez que llueva, porque con la lluvia un poco se lava, se remueve un poco, pero a la vez hay que lavarlo igual, porque igual quedan esos… porque cuando se llueve, se lava un poco la fruta, si tú tenís 15 días sin llover, tú te fijai en la fruta, tiene un pequeño polvillo, y ese polvillo son puros contaminantes (...) Yo trato de hacer harto trasvasijado pa que quede una chicha pura. (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao, San José de la Mariquina

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
		Disminución en la productividad en árboles frutales: Cerezos, Manzanos, Castaños	Después de la celulosa, los árboles frutales estos mismos, ¿ve usted, que está seco aquí? Eso les afectó el aire de la celulosa, fíjese que nunca más dieron cerezas como antes, estos cerezos. Los voy a tener que cortar todos porque tienen que estar muertos ya (…) Lo mismo que los castaños (…) Nosotros antes sacábamos 250 sacos de manzanas, después de la celulosa, varios años fíjese ¡sacamos medio saco!, después tres sacos, seis sacos… ahora está empezando a reactivarse de a poco. Pero las quintas como que se pudrieron (…) Y como estaba ese aire tan malo, ¡las flores se desvanecían todas! Los manzanos se caían… no había fruta (Habitante 1, Pelchuquín).	Pelchuquín, Tralcao
		Cese de actividades productivas	Aquí en la esquina había una sala de procesos de las señoras de Tralcao, que la habían ganado a través de Prodemu parece, y fabricaban mermeladas y conservas, pero tuvo que parar, está más de diez años parada por la calidad del agua. El Servicio de Salud no les da autorización sanitaria porque el agua es mala (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
	Ganadería	Patologías en ganado	Los animales también han parido mal, tienen malas pariciones, algunos han abortado, algunos salen fetos medios… (Dirigente 2, Tralcao)	Tralcao
		Cambios en hábitos de los animales	Otros que fueron a darle agua a sus animales, por ahí quedaron re enfermos; una señora que tenía gallinas por el lado del río, empezaron a morir (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
Actividades recreativas y culturales	Familiares	Cambios en tradiciones familiares	Todos los fines de semana o todos los días se iban a bañar los niños ahí al río, y ahora ya no… incluso algunos se bañaban igual pero era bajo su responsabilidad no más, porque si algunos se engranujaban otros no, pero ya eran cosas de ellos no más. Pero antes no, antes nosotros invitábamos, pasábamos a buscar a alguien, 'ivamos al río, vamos al río!', porque esa era la playa de nosotros po (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao, La Punta, Pelchuquín, San José de la Mariquina
	Comunitarias	Cambios en tradiciones comunitarias	Y el contacto que teníamos nosotros como comunidad en general era una cosa tan bonita en el humedal, porque nosotros todos los años nuevos se juntaba la comunidad casi completa abajo en el puerto y nos bañábamos todo el día. Era una cosa tan hermosa (…) nos juntábamos, nos bañábamos, llevaba comida la gente, compartíamos, pero era un hermoso día de año nuevo, navidad también, se juntaba toda la gente (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
	Producción cultural de resistencia	Presencia de nueva producción musical: Disco "Música Viva de la Tierra Herida"	Y ahí dije 'ya, vamos a empezar a escribir'. Empecé a hacer canciones (risas), ahí nace el primer tema ambiental, con esa cuestión de que ya, dije, ya esto no da pa más ya. Por último aunque lo cante por ahí (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
	Cultura material	Cambios en prácticas tradicionales	Estos juncos que dan una cosa café arriba, un pompón precioso, lo usábamos para hacer adornos, arreglos, para la capilla en época de navidad… los actos que hacía el colegio poníamos unas hojas de ñocha y eso se veía precioso (...); la totora, que la gente la utilizaba antes para calafatear las pipas donde guardaban la chicha, pipas de madera, en vez de ponerle estopa le ponían esa totora y le echaban agua caliente y las duelas se expandían y eso quedaba sellado impecable, todo eso empezó a morir (...) No, en la actualidad no. Ya no existe el junco este… totora que le llamaban, para hacer estos… tapar las duelas (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
Actividades domésticas	Transporte fluvial	Cese del transporte fluvial	Es que lo que pasa es que después de que el río está ya contaminado entonces la gente no quiso ni andar en bote, ni en bote. Le tenían miedo al agua, a la contaminación... y el río quedó desierto. Y antes todos los días se veía todo lleno de botes, botes para allá, botes para acá, todo el tiempo, lleno de botes… después de eso quedó el río así… todo desierto, sin botes. Entonces la gente tuvo temor de andar bote (Habitante 1, Pelchuquín).	La Punta, Tralcao
	Cambios en consumo de agua	Cambios en el consumo de agua	Entonces mi pobre marido no quiso sacar más agua de ahí (*del pozo profundo*), me decía, porque como este río contaminado, me dice, pasan para allá y para acá esas napas abajo subterráneas, me decía, el pozo también debe estar contaminado, me decía. Vámonos a Pelchuquín, me decía. No está... esta agua como apta para beber. Por eso nos fuimos pa Pelchuquín (...) pero íbamos y volvíamos (...) y cuando veníamos traíamos agua de allá (...) Ahora mismo traje cinco litros (Habitante 1, Pelchuquín).	La Punta, Tralcao
	Cambios en consumo de alimentos silvestres	Cese de consumo de alimentos silvestres	En las alimentaciones naturales teníamos el pez, el camarón, las aves. Frutas, una diversidad de frutas, tanto silvestres como locales. Silvestres, tenemos el pepino (...), tenemos el chupón, tenemos la digueñes. Tenemos el berro y así otras especies que son comestibles, hasta la misma quila hay partes que son comestibles (...) La gran parte ya no se consumen esos productos… aunque esté el chupón… una por temor… el berro… el berro ahora ya no se consume porque	Tralcao

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
			prácticamente gran parte ya está…. Una que se ha perdido y lo otro que lo que hay puede que esté todo infectado y no lo deja de consumir. Uno trata de consumir lo que uno cultiva y lo que tiene poca permanencia en la tierra (Agricultor/a 1, Tralcao).	
		Cambios en prácticas tradicionales	Entonces no es tan así de que (...) como lo consumíamos antes que íbamos a buscar una fruta y las comíamos así no más. ¿Por qué? Porque sabíamos que era sana, hoy en día tenemos que echarle hartas lavaditas así, para (...) no comer tantos contaminantes, a pesar que igual se introduce a la fruta, pero hay que lavarlas más (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
Relaciones sociales y comunitarias	Divisiones intracomunidades	Cambios en convivencia	Antes (...) no pasaba eso, y la convivencia era sana entre toda la comunidad, llega Celco y (...) empiezan '¡no, que aquí, que no, que tú querís esto, que tú querís esto otro… no si tú qué cuidai, si no tenís por qué cuidar, si no está pasando nada, aquí lo que necesitamos es trabajo!' Entonces empiezan '¡necesitamos plata, si ahora Celco nos va a pagar un proyecto, qué peliai tú, déjalos que entren!' (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
	Desconfianza institucional	Aumento en la desconfianza institucional: Universidades	Basado en su experiencia personal, explicita su desconfianza respecto a que efectivamente se publique lo que la gente dice: "Se han hecho muchos estudios, está todo escrito, pero no publican lo que nosotros decimos" (Bitácora 16, Tralcao).	Tralcao
		Aumento en la desconfianza institucional: Servicios públicos	Porque el SAG tiene una… cada un año hacen un censo de población de aves, básicamente de cisnes, y la Conaf hace otro censo, y ninguno de los dos censos coincide. Uno dice que se mantienen y el otro dice que crecen, entonces es rara la cosa (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
		Aumento en la desconfianza institucional: Parlamentarios	Yo en ese entonces –cuando llegó esta empresa- trabajaba en la radio Madre de Dios, en San José, y me tocó entrevistar a don Gabriel Valdés –que es fallecido ya- y dijo 'no –dijo- si esto trae un montón de ventajas, trae trabajo, mano de obra, alojamiento… lo único que yo le digo a las mamás es que guarden sus niñitas porque los que van a llegar son puros hombres'. Así, ese orden. Y después -cuando viene el desastre- todos como que 'no, yo no fui, yo no fui… este fue el que puso la primera piedra, este otro fue el que autorizó' (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao, San José de la Mariquina, La Punta
	Desconfianza en Empresa	Aumento desconfianza en Empresa: CELCO	Dicen ya, se ganó el conflicto medioambiental con Celco, Celco va a retribuir, pero es una partecita de los primeros años, Celco sigue trabajando, sigue tirando sus contaminantes, ¿cierto?, y cuándo va a parar, nunca, no	Tralcao

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
			cierto. ¿Cuándo se va a recuperar el santuario?, ¡nunca! (Agricultor/a 1, Tralcao).	

SOCIOBIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
Salud humana	Enfermedades	Aumento de diagnósticos de cáncer	Esta señora le diagnosticaron un cáncer creo que cérvico-uterino, pero duró… nada. Ninguna de las quimio, nada le hizo efecto y se nos fue pero súper rápido. Y otra señora igual, que aún está con vida, cáncer mamario, la diagnosticaron, le dieron una expectativa de vida de un año y parece que ya lleva dos años ya de sobrevida, de sobrevivencia. Y hay un chico igual que sufrió un cáncer muy extraño, al intestino, le sacaron un metro de intestino, está más de un año peleando, luchando por la vida, en la actualidad está con una trombosis, tiene una parálisis facial, y está sobreviviendo pero también le costó mucho. Entonces era extraño que estas cosas se presentaran de repente, aquí en Tralcao a lo mejor la gente moría así de esas cosas pero no era tan frecuente, no era tan… que se junten tantos en tan poco tiempo (Dirigente 3, Tralcao)	Tralcao
		Aumento de enfermedades respiratorias	Las farmacias todas vendían muchos remedios, que eran justamente para la bronquitis, para la tos… todas esas cosas… y les ordenaban a la gente que se registraran en el consultorio (…) distintas cosas… la vista, los pulmones (…) muchas enfermedades que vinieron debido a la celulosa (...) El doctor Silva de San José, ese jovencito sufría de nacimiento de una bronquitis crónica, pero con la contaminación de la celulosa se empeoró más. Fue tanto que murió, en el hospital regional (...) él tenía esa enfermedad a los bronquios, al pecho (...) no ve que andaba con un pañuelo afirmado así, para que el aire no pase (Habitante 1, Pelchuquín).	San José de la Mariquina, Pelchuquín

SOCIOBIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDAD**
		Aparición de lesiones dermatológicas	Mi mamá -que en ese entonces tenía ochenta años- tuvo un problema de dermatitis a la cara, se pasaba la mano y caía como una especie de afrechillo o de salvado de trigo, y la llevé al doctor Silva (...) y él tenía una casuística porque allá me dijo 'mira, si lo que tiene tu mamá está aquí en esta carpeta y son los mismos casos de alergias por este tema', y le prohibió un montón de cosas: que no se exponga al sol, que pase encerrá, etc. (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao, San José de la Mariquina
		Aparición de reacciones alérgicas en los ojos	Y hasta el día de hoy (...) los más chiquitos sufren algunos tipos de alergias (…) Hasta al menos el verano pasado. Y que les pican los ojos, que de repente una picazón en la espalda, les salen unos granitos pero desaparecen, entonces es porque hay algo en el agua (...) los chiquititos que se van a bañar y vuelven mojados, y al otro día andan 'ay, que…' y los ojos rojos, y antes uno, yo buceaba debajo sin mascarilla, sin nada, y no se me ponían los ojos rojos precisamente. Estoy hablando de… yo tengo 50 años… de 10 años atrás, 15 años atrás… era totalmente inocua el agua (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
	Medicina tradicional	Disminución uso medicina tradicional mapuche	Aquí la gente hablaba mucho de las hierbas, se curaba el dolor de guata con hierbas, la mala circulación con hierbas, la presión con hierbas, y en la actualidad casi nadie usa las hierbas, se van todos a la medicina alópata, y de hecho todos sabemos que son químicos, puros químicos. No sé por qué dejaron de usar las hierbas, si es porque piensan que están contaminadas o porque evolucionaron tanto que ahora creen más en la medicina" (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao

Tabla 4.14.5. Socio-bio-indicadores de la Zona Norponiente del HRC.

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Flora	Árboles	Patologías en Hualles.	Bueno, en este tiempo cuando empiezan a brotar los "hualles" como que se queman los brotes, pero eso parece que es cuando hay sol fuerte y pasan unos chubascos y no hay viento y el agua queda ahí en la hoja. Y después sale el sol fuerte otra vez y ahí como que se queman. Pero ahora último noto que como que se ha quemado más, antes parece que no era tanto. Pero eso no creo que sea de la celulosa" (Oficio 1, San Martín).	Cuyinhue, Iñipulli, Cerro La Marina, San Martín
		Aumento en la mortalidad de Abetos.	(Los abetos) empezaron a morirse, o sea como a perder la acícula, y nosotros qué cresta, qué raro, porque un árbol tan adulto no… no era un problema de taladradores no más. Eh… con turistas acá estuve y les pregunté si… mira los abetos qué raro. Me dijo: "los primeros indicadores de lluvia ácida en Europa son los abetos (Profesional 1, Fundo Santa María).	Santa María
		Disminución de productividad de Olivillos.	Bueno, aquí cuando tiene el fruto el olivillo ahí llegan las palomas a comer…y eso es en abril-mayo, cuando el fruto está maduro. Pero ahora últimos años tampoco los árboles dan frutos en cantidad, no sé por qué (Oficio 1, San Martín).	San Martín
		Disminución de productividad de Hualles.	Igual los hualles, o sea el roble, daba semillas cualquier cantidad antes, y ahora dan una que otra semillita…no sé por qué. Será por los aires contaminados será, no sé…o será por las plantaciones de eucalipto. En cambio el laurel ese da harta semilla, ese no ha cambiado. La tepa igual…pero en cambio esos los que les digo no sé por qué será (Oficio 1, San Martín).	San Martín
	Arbustos	Aumento de abundancia de Murras.	Dice que ya casi no se ve el humedal porque está lleno de murras y que está sucio (Bitácora 23, Iñipulli).	Iñipulli
		Disminución de la abundancia de Murtas.	La murta salía aquí arribita, el fruto ese que uno….no eso no ya no. Yo creo que eso se me olvidó decir, el fruto silvestre de la murta eso ya aquí en Cuyán por lo menos en todo este sector ya no existe. Porque nosotros íbamos y hacíamos un recorrido para arriba, para los cerros y traíamos los canastos llenos de murta y ahora con suerte traeremos uno de esos canastitos de adorno que tengo ahí. No, eso no. Hay que comprar la murta que viene de otras partes, que viene de otros lugares aledaños acá, pero aquí no, eso para arriba está todo forestado (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán
		Disminución de la abundancia de Chupones.	El chupón también porque uno iba y encontraba su mata y ahora no, es difícil, uno tiene que subir muy muy al cerro y una mata que otra que ha quedado rescatada ahí entre medio, difícil (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
	Herbáceas	Aumento de abundancia de Juncos.	En Locuche el junco ha comenzado a recuperarse donde antes sólo había río; se dice que en 20 años aproximadamente se recuperará por completo (Bitácora 3, Cuyinhue).	Cuyinhue
		Aumento de la mortalidad de Juncos y Totoras.	El informante dice que cuando se fueron los cisnes desapareció todo, que se secó el "rime" (así llaman al pasto que crece al lado de las vegas), que se puso gris y se secó (Bitácora 27, Locuche).	Iñipulli, Cerro La Marina, Locuche
	Acuáticas	Aumento de la mortalidad de Berros (semi-acuática).	Porque ahí salía berro, yo no sé si tendrá que ver una cosa con la otra, uno ve esos cambios. El berro es unas hojitas que se comen en ensaladas y que nacen en los chorritos de agua cuando corre, eso ya no, eso se secó total, ya no corre y había una vertiente preciosa ahí, porque con esa agua regaban sus huertas caseras, el agua que tenían para tomar (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán
		Disminución de la abundancia de Lotos.	Se sorprenden también de la nula presencia de lotos en el agua; ellas recuerdan con claridad que antiguamente estaba lleno de lotos y ahora no han visto ni uno solo en el camino (Bitácora 4, Iñipulli y Cerro La Marina).	Iñipulli, Cerro La Marina
		Disminución de la abundancia de Luchecillo.	Yo creo que ha habido un cambio de flora. En la medida que desapareció el luchecillo, eso fue súper notorio al principio…pero ahora está volviendo (Profesional 1, Santa María).	Santa María
		Aumento de abundancia de Luchecillo	La gente no anda en el río por los huiros. Los botes no pueden ni andar porque hay tanto que se quedan atascados (Habitante 1, Iñipulli).	Iñipulli
		Aumento de abundancia de una nueva planta acuática: Flecha de agua	Desapareció el luchecillo y ahora hay una planta que se le ven unas hojas medias duras así para arriba y da una flor blanca arriba, y se está poblando entero. O sea, esto se va a llenar con esa flor, no sé el nombre de la especie (Profesional 1, Santa María).	Santa María
		Aumento de abundancia de una nueva planta acuática	Y lo otro eh… hay mucho más de un alga… no sé, porque el luchecillo no es alga, es una planta acuática creo, o subacuática, porque florece, el luchecillo florece blanco arriba. Eh… pero sí apareció un alga que es más larga así como unos pelitos y que se suelta mucho, o sea, en el río en el verano baja mucho de este… parte de estas plantas, y antes nunca teníamos problemas con la bomba del riego, y ahora entran por el chupador estas pencas y se tranca la bomba. Eso no pasaba antes (Profesional 1, Santa María).	Santa María
		Aumento de abundancia de Lotos	Esos los introdujo un ex futbolista que había acá que vino a vivir en una casona aquí al frente que era de un tío mío, compró don Edison Aguilar, no sé si lo ha escuchado, era un arquero. Y ese caballero tenía botes, lanchas y un muelle y ese no se po, como tenía salida así al río introdujo esas plantas y bueno me imagino yo que eran	Locuche

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			chicas, pero fueron creciendo y creciendo y se ve que el agua le gustó y se adaptó a eso y pero ahora es tremendo, está todo cubierto, tiene un diámetro de como ocho metros, toda la ladera, así todo, precioso (Agricultor/a 1, Locuche).	
Hongos	Hongos	Disminución de abundancia de Digüeñes	Tampoco hay digüeñes ahora, antes los árboles estaban cargados y ahora nada (Habitante 1, Iñipulli).	Iñipulli, Locuche
Fauna	Mastofauna	Aumento de la mortalidad de Coipos.	Dice que tras haber comenzado los trabajos en la planta de celulosa comenzaron a aparecer coipos muertos que se ubicaban por la presencia de jotes (Bitácora 3, Cuyinhue).	Cuyinhue
		Disminución de la abundancia de Coipos.	El coipo tú lo vai a escuchar de noche… se escucha más de lo que se ve… o verlo aquí, cuando andan en totorales, en la totora suelta que está comía en la base, eso es síntoma de coipo. Y donde se podía ver muy fácil antiguamente era en el río Cayumapu, tú entrabas y se veían familias enteras en islotes así, de cinco o seis coipos juntos. Eso ya tampoco no se ve, pero no te podría asegurar que es culpa de la contaminación, no sé si hay gente que los caza o hay más tráfico de botes que lo están molestando digamos, eh… pero… ese era el mejor lugar para verlos (Profesional 1, Santa María).	Santa María, Iñipulli, Cuyán, San Martín, Locuche
		Disminución de la abundancia de Lobos marinos.	Dice que no sabe si será por la planta de celulosa o no, pero que también antes se veían lobos con mucha frecuencia y que ahora nada (Bitácora 23, Iñipulli).	Iñipulli, Cerro La Marina
		Disminución de la abundancia de Chingues.	Acá anda chingue también, pero ahora último tampoco se ve, antes se veían las huellas ahí donde escarba pero ahora último como que se está perdiendo (Oficio 1, San Martín).	San Martín
	Avifauna	Aumento de la mortalidad de Cisnes.	"Comenzaron a aparecer aves muertas, cisnes dando vueltas o con dificultades para volar" (Oficio 1, Cuyinhue).	Cuyinhue
		Disminución de la abundancia de Cisnes.	"Antes de la crisis los cisnes subían a un relleno que había ahí a refugiarse en invierno, pero ya no suben para acá" (Oficio 1, San Martín).	San Martín, Iñipulli, Cuyán
		Aumento de la abundancia de Cisnes.	"Afortunadamente están volviendo los cisnes, aunque que todavía hay muy pocas aves" (Dirigente 1, Locuche).	Locuche
		Aumento de la abundancia de Garza cuca.	"Sí si se ven hartas (garzas cuca) ahora…y antes era escasa igual" (Oficio 1, San Martín).	San Martín
		Aumento de la abundancia de Garza blanca.	"Y garza blanca igual anda harta"(Oficio 1, San Martín).	San Martín
		Disminución de la abundancia de Pimpollos.	"De los picíferos yo creo que el único que se bajó la población es el pimpollo. El pimpollo antes se veía súper fácil, y ahora es más difícil encontrarlo. El picurio nunca hubo mucho, pero	Santa María

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			se logra ver, en cambio el pimpollo como te digo ahora es difícil encontrarlo" (Profesional 1, Santa María).	
		Disminución de la abundancia de Patos.	"La misma cantidad de aves cuando venían las avenidas y esas cosas, las avenidas se le llama cuando salen los ríos y las pampas se forman agua, ahí venían cantidad de patos silvestres, se llenaba, era como blanco así entero. Ahora ya no". (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán
		Disminución de la abundancia de Torcazas.	"Las palomas ya no mucho se ven porque no tienen comida. Porque antes cuando había harto olivillo llegaban como mil en bandadas, y así fueron bajando y este año vi una bandada como de 60 más o menos" (Oficio 1, San Martín).	San Martín
		Disminución de la abundancia de Zorzales.	"Lo mismo que acá ahora este año por ejemplo se ven pocos zorzales, porque otros años hay muchísimos porque se comen las cerezas, pero este año casi no se ven zorzales" (Agricultor/a 1, Locuche).	Locuche
		Aumento de la abundancia de Gaviota Cahuil.	"Y hay gaviotas que han estado llegando igual a las praderas, como ahora llegó la plaga del San Juan café y en las tardes se vienen a…como ese sale en este tiempo a volar, ahí vienen a comer" (Oficio 1, San Martín).	San Martín
	Ictiofauna	Disminución de la abundancia de Carpas.	"Lo que sí yo creo que disminuyó es la población de carpas, o sea, eso es como eh… antes de la celulosa, tú en verano cuando bajan las mareas se veían los lomos afuera, se veían. Y ahora eso no ha vuelto. Esas masas así de carpas que…no" (Profesional 1, Santa María).	Santa María, Locuche
		Disminución de la abundancia de Salmones.	Ambos informantes dicen que antes pescaban salmones y "jarpas", pero que ahora no hay" Bitácora 27, Locuche).	Locuche
	Insectos	Aumento de la mortalidad de Abejas.	"La apicultura murió prácticamente, es impresionante como se han ido muriendo las abejas. Por ejemplo el año pasado o antepasado yo tenía 20 o 30 cajones y ahora me quedan sólo 2...que antes yo vendía miel y ahora no tengo casi nada porque las abejas se murieron" (Dirigente 1, Locuche).	Iñipulli, Locuche
		Aumento Plaga San Juan.	"Y el San Juan también sale media hora o una hora y se va antes de que se esconda el sol. Está hace como 3 años. Está en el suelo, dicen que hace daño como por debajo de la tierra. En partes donde hay harto el pasto como que se seca y queda pura tierra y cuando uno camina como que se hunde" (Oficio 1, San Martín).	San Martín
Agua	Color	Presencia de mancha café en el río.	"Un cambio que yo todavía encuentro que se nota es en… el color del agua en el verano, ¿te has fijado la mancha café que entra del río Cruces? Y yo creo que no es sedimento, porque mientras más alta la temperatura y más luz, puede ser un microorganismo o algo así que todavía se sigue desarrollando y que antes de la	Santa María

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			celulosa no pasaba, siempre el color no fue… no fue transparente, el río Cruces nunca fue transparente, pero era un color verdoso y ahora en el verano se pone de repente café" (Profesional 1, Santa María).	
		Cambio en el color del agua del río.	"El río cambió de color, antes era más azulado" (Dirigente 2, Locuche).	Cuyinhue, Iñipulli, Locuche
	Sedimentos	Presencia de barro con mal olor en el río.	"Hace como dos años atrás fui a sacar una mata de loto para poner en mi estero. Fuimos con una cuñada mía porque ella también quería hacerse una fuente así. Entonces fuimos con botas y sacamos una custión, pero el agua podrida, mal olor, era así como que tenía una cosa, no sé era un barro hediondo así, como que estaba descompuesto algún animal, no era una cosa así de un barro de estos que hay detenido, ese es otro olor, qué desagradable" (Agricultor/a 1, Locuche).	Iñipulli, Cuyán, Locuche, Cerro La Marina
	Otros elementos	Presencia de "espuma amarilla" en el agua.	"Ahí hay una isla y nosotros cruzábamos esa isla y había arenita, porque me acuerdo yo que nosotros hacíamos como castillitos….eso ya se secó, no existe ahora y toda la suciedad que hay alrededor como que tira una espuma color como amarilla, una cosa así como ese oleaje que se tira, como esa marea así es como un color medio amarillo de suciedad, eso se notó la diferencia de lo que es el río" (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán, Cerro La Marina
		Presencia de capa aceitosa en el agua.	"Ahora a veces pasa que se ve una capa media aceitosa, pero eso pasa más en el verano porque no hay tanta corriente" (Dirigente 3, Locuche).	Locuche
	Nivel	Cambios en el nivel del agua.	"Nosotros (para el año nuevo) íbamos a los sauces. También ahí había, yo no sé si eso también se secaría….había una laguna inmensa donde había jarpas, seguramente que era su hábitat ahí, pero eso ya se secó" (Dirigente 2, Cuyán).	Cuyán, Locuche
		Disminución de frecuencia anual de "avenidas".	"Recién vengo de hablar con otro caballero que me contaba lo mismo, que también me decía que cuando él era chico había hartas avenidas durante el año y que ahora con suerte hay una o dos en el año. A él lo mandaban a buscar los animales y era toda una aventura ir a buscarlos" (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán, Locuche, Iñipulli
Aire	Olor	Cambios en el olor del aire.	"Al principio el olor llegaba hasta allá hasta Iñipulli, pero después no sé qué pasó que el olor ya no se siente" (Oficio 1, San Martín).	Cuyinhue, Iñipulli, Cerro La Marina, San Martín, Santa María, Locuche
	Color	Contaminación del aire.	Dice que si bien a ellos (los habitantes de Cuyán) no les llegaba directamente la nube de	Cuyán

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			humo, sí se podía ver que estaba muy contaminado (Bitácora 30, Cuyán).	

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Actividades productivas	Turismo	Cese del turismo fluvial	"El turismo también ha disminuido mucho, que antes llegaba gente al Fuerte San Luis de Alba en embarcaciones y ahora no va nadie" (Dirigente 1, Iñipulli).	Cuyinhue, Iñipulli, Locuche
		Cese del turismo de observación de aves	"Lo que pasa es que tú trabajas mucho con operadores de turismo, y cuando empezó a masificarse la información del desastre, un operador…estamos hablando al nivel internacional, nosotros no competíamos con Temuco, competíamos con Argentina, con Uruguay. Cuando tú escuchas un problema de contaminación, no te arriesgas a mandar un turista. O sea, lo mandas a Argentina, si tienen prácticamente las mismas especies, y de hecho me acuerdo, un operador nos preguntó si se había solucionado el derrame de petróleo, o sea, cero idea de lo que estaba pasando, pero tenían metida la contaminación. Entonces de un 20 o un 30% que estábamos creciendo al año, nos bajó de un viaje a un 40%, o sea un 60% menos en un año. Entonces, lejos de los costos fijos, seguimos dos años y siguió así pa abajo… y ahí ya no… tienes que tomar en algún momento, sigues funcionando o cierras no más" (Profesional 1, Santa María).	Santa María
	Agroalimentos	Disminución de productividad de frutales.	Los árboles ya no dan frutos, los manzanos, los cerezos y los duraznos se secaron. Ella cree que es por la celulosa, porque hace como 5 años que ya no dan nada, y para otros lados pasa lo mismo (Bitácora 24, Iñipulli).	Iñipulli
		Cambios en la estacionalidad de las frutas.	Dicen que la fruta ya no madura en su tiempo y que sale desabrida; los duraznos ya no maduran en enero, sino en febrero o en marzo; los albaricoques que antes eran “sagrados” en navidad, ahora aparecen en enero o incluso después (Bitácora 23, Iñipulli).	Iñipulli, Cerro La Marina
		Cese del comercio asociado a la ruta fluvial	"Yo me había puesto un vivero de plantas, había traído hasta del extranjero plantas, importadas todo, pagando impuestos, allá adelante me puse un local y en eso estaba viajando, andaba en Argentina yo porque había ido a buscar unos jazmines y ahí escuché por la televisión que había salido esto de la contaminación, porque yo sábado y domingo tenía mi casa antigua esa que le contaba y hacía artesanía en cerámica, entonces yo casi no tenía tiempo de almorzar, de comer, sábado y domingo me hacía ochenta,	Locuche, Cuyán

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			cien mil pesos entre plantas y artesanía. Me hice un local bien mononito así, ahi adelante tipo vivero pero con las planchas transparentes. Entonces puse un aviso afuera, un cartel y ahí me pasaba gente a comprar la que venía del Castillo en auto, venía de Santiago, del norte me llevaban plantas. Dentro de dos meses de la noche a la mañana volví con unas plantas de jazmines bajitos que tenía encargados que lo había traído y después a los dos meses yo no tenía a nadie. Así que desarmé mi vivero, las plantas que me sobraron las puse afuera y así. Había gastado como tres millones de pesos, porque incluso me hice una plantación de lilium ahí atrás" (Agricultor/a 1, Locuche).	
Actividades recreativas y culturales	Familiares	Cambios en tradiciones familiares	"Nosotros aquí, como le digo nacidos y criados, en el verano el río era nuestra piscina totalmente porque nosotros nos tirábamos los primos con los hijos del profesor, que son también son tres, son menores que yo, pero nos tirábamos de ahí mismo arriba de las piedras unas cosas y llegábamos y salíamos allá abajo en el río. Todo el verano era río, nado, nado tras nado o sea eso, el estero. Pero siempre lo que me di cuenta que las aguas eran más…..porque nosotros teníamos una playita digamos por donde hicieron una reserva también la Universidad Austral de ¿el cuyin? Ahí hay una isla y nosotros cruzábamos esa isla y había arenita, porque me acuerdo yo que nosotros hacíamos como castillitos….eso ya se secó, no existe ahora" (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán, Iñipulli, San Martín, Locuche
	Comunitarias	Cambios en tradiciones comunitarias	Dice que en esa zona vivió un futbolista que fue arquero de la selección que tuvo su campo en Locuche y formó el Club Deportivo, que él era uno de los organizadores de la "Semana de Locuche" donde había candidatura a reina, maratón, competencias de nado, etc., pero que hoy en día nadie lo hace porque la gente tiene temor a bañarse en el río (Bitácora 26, Locuche).	Locuche
Actividades domésticas	Uso de agua	Cambio en el olor de la ropa lavada con agua de río	Dicen que ahora cuando lavan la ropa en el río ésta queda con muy mal olor (Bitácora 4, Iñipulli y Cerro La Marina).	Iñipulli, Cerro La Marina
Relaciones sociales y comunitarias	Divisiones intra comunidades	Divisiones intra comunidades	Lo viví cuando fue No al Ducto, para que no pasara el ducto nosotros aquí llegamos y fuimos a apoyar a las personas que no querían No al Ducto, una forma social. Y fuimos a Valdivia y ahí las familias en conflicto, muchas familias creo que habían padres con hijos, o tíos con sobrinos y toda esa revuelta de cosas porque era por ejemplo Mehuín con Mehuín, una cosa así. Se gritaban una cosa, se gritaban otra, con los carteles, es como bien….Las mismas familias,	Cuyán

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			se vendían, a tal grado, yo no sé bien como habrá sido esa vendida, porque había mucha gente que comentaba no si al tanto le pasaron la camioneta nueva, le dieron tantos millones de pesos. No sé si será a tal grado o la gente le pone más, porque es prácticamente como una mafia, ya estaríamos hablando de una mafia, le estamos pagando tanto… unos que aceptaban otros no, usted sabe que la plata cuando es escasa (Dirigente 1, Cuyán).	
	Desconfianza institucional	Aumento en la desconfianza institucional: Universidades	"No, nosotros nunca fuimos consultados (por los científicos de la universidad). Nunca, nunca, acá los que estábamos ¿qué les pasó? ¿En qué los afectó?" (Agricultor/a 1, Locuche).	Cuyinhue, Iñipulli, Locuche, Cerro La Marina
		Aumento en la desconfianza institucional: servicios públicos	(En relación al humedal) Si uno hace una denuncia hoy, carabineros te manda a la Armada, la Armada a CONAF, los de CONAF te mandan al SAG y al final no responde nadie (Dirigente 1, Locuche).	Iñipulli, Locuche
	Desconfianza en empresas	Aumento en la desconfianza en empresas	Cuentan que las empresas forestales antes de las faenas hacen reuniones, que les ofrecen cosas como leña para la sede de la junta de vecinos, dicen que van a regar con agua frente a las casas y que van a arreglar los caminos, pero que no cumplen (Bitácora 27, Locuche).	Iñipulli, Locuche, Cerro La Marina
		Confianza en empresas	El trabajo y la responsabilidad mayor recae en las autoridades, el Estado, ellos deben decidir invertir en iniciativas que mejoren la calidad de vida de la gente en el campo para que la gente no se vaya ni tenga que vender. Yo veo como algo positivo que ahora las empresas dialoguen con las comunidades y vean las formas de resolver algunos problemas, antes hacían lo que querían y no le preguntaban a nadie. Creo que en general hay más respeto (Dirigente 1, Locuche).	Locuche
	Migración	Migración campo-ciudad	Lo otro también que afectó fue, digamos que la cantidad de alumnos que había aquí. Porque esos fundos que ve para abajo que eran praderas bonitas digamos de crianza de lechería, ahí vivían familias con cuatro niños y esos niños venían a este colegio. Entonces cuando se vendió a las forestales ahí las familias emigraron hacia otros lugares. Aquí yo alcancé a ver, escuché a los últimos niñitos que quedaron y que tuvieron que irse por esa situación a mitad de año o casi ya terminando el año porque debe haber sido como en octubre más o menos. Cuando se vendió el campo de ahí abajo donde la señora….que era una lechería grande (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyinhue, Cuyán, San Martín, Locuche

SOCIOBIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Salud humana	Enfermedades	Aparición de alergias en la piel	Dicen que ahora no se bañan en el río porque han visto personas que cuando lo han hecho se les irrita la piel y les salen granos (Bitácora 4, Iñipulli y Cerro La Marina).	Cerro La Mariña, Iñipulli, Cuyán

Tabla 4.14.6. Socio-bio-indicadores de la Zona Suroriente del HRC.

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Flora	Árboles	Patologías en Hualles	"Algunos árboles han empezado a morirse porque se han empezado a secar, los hualles sobre todo" (Agricultor/a 1, Cayumapu).	Cayumapu, Rebellín
		Crecimiento de nuevos árboles en tocones del río	"Y lo otro que llama la atención son los tocones que fueron de la época del terremoto que eran palos y hoy día tienen árboles, como que la semilla ahí se pegó y se germinó y de hecho tu ves los tocones ahora y son verdes, como que está creciendo árbol en estos chocos de árboles que se hundieron para el terremoto y que estaban muertos en el fondo, o sea el tocón está sosteniendo una planta y eso también es notorio y si tu miras hoy día para allá se ve verde" (Profesional 1, Rebellín).	Rebellín
		Aumento de abundancia de especies exóticas.	"Las plantaciones forestales han aumentado mucho, nosotros colindamos con una plantación que ahora que los árboles están grandes nos quitó la vista al Santuario (Agricultor/a 1, Cayumapu).	Cayumapu
	Acuáticas	Aumento de la mortalidad de Luchecillo.	"En abril de ese año del 2004 un día mirábamos y veíamos en el río flotando masas de algas. Es como que le hubiesen echado herbicida a una cancha de fútbol y todo el luchecillo se secó" (Profesional 1, Rebellín).	Rebellín
		Aumento de abundancia de Luchecillo.	"Pero el luchecillo es impresionante como revivió y con mayor intensidad que el nivel anterior digamos. Esta cantidad de algas ahí no se había visto nunca, esto se ve en los últimos dos años" (Profesional 1, Rebellín).	Rebellín, Cabo Blanco
		Aumento de abundancia de una nueva planta acuática	"Empezó a salir otra alga que no había antes, un alga larga, unas que son unas cosas largas hasta abajo y las hojas arriba. Pero nada que ver al luchecillo, el luchecillo es ese como tallarín grueso con puntitas y este era hasta abajo, hasta abajo y arriba unas hojas como una lechuga, no se…bueno, eso fue súper notorio" (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
		Aumento en la abundancia de "La Guatona"	Y la planta guatona ya salió al estero y lo está cruzando (...) Esa es como las más endémicas que están dejando la cagá que yo lo veo y digo ahh, es muy agresiva (...) Es como una hojita gordita, como que está infladita y ese flota, entonces ese cuando entra, se tapa y se tapa	Cayumapu

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			entero, se cubre (Oficio 3, Punucapa).	
Fauna	Mastofauna	Disminución de abundancia de Coipos.	"La parte del río cambió cuando se instaló la celulosa, antes allá era muy lindo, el río blanqueaba de cisnes, los coipos daba gusto mirarlos en las tardes, los patos, las taguas. Yo me pasaba viendo como andaban los cisnes, los patos, las taguas, los coipos en las tardes… balaban como corderos, porque esos balan igual que cordero, como corderito nuevo, ahora nada" (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu, Rebellín, Cabo Blanco
		Disminución de abundancia de Lobos marinos.	Lo que sí dice que veía cuando sus hijos eran chicos eran lobos marinos, que cuando su marido cruzaba el río en bote veían que asomaban las cabezas en el agua, y que ahora no hay (Bitácora 39, Cayumapu).	Cayumapu
		Cambio en los hábitos alimenticios del ganado.	"Incluso cuando habían mareas muy altas y habían lluvias de 2 a 3 semanas, los animales ya no comían mucho el pasto cuando subía mucho la marea y así bajaba, no comían el pasto. Eso me causó extrañeza una vez y yo no sabía…bueno después nosotros no hicimos ninguna investigación, después sacamos conclusiones que tiene que haber sido eso. Quedaba una mancha media…cuando hay agua estancada y se forma así como cuando tiene mucho fierro el agua, queda una cosa que quedaba marcada y que costaba que se saliera, hasta que le ganara la vegetación se desparecía. Lo raro es que los animales antes comían muy en la orilla, como está ahora, ahora están comiendo en la orilla porque hemos arreglado. Pero cuando subía la marea y habían grandes lluvias, había un buen trecho de unos 4 a 5 metros del río hacia arriba que los animales no lo comían" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
	Avifauna	Disminución de abundancia de aves.	"Y no solamente los cisnes, se perdieron los patos, las taguas, todo eso" (Habitante 1, Rebellín).	Cayumapu, Rebellín, Cabo Blanco
		Aumento de la mortalidad de aves.	"Olores no salían, olores no. Ahora como le digo yo por la planta… pero ese tiempo por la celulosa no, ni un olor, nada, solamente que se contaminó el agua y ahí empezaron a morir las aves" (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
		Disminución de abundancia de Cisnes.	"Lo que pasa es que había una sobre población de cisnes en esa época el 2004, entonces como el luchecillo desapareció los cisnes se quedaron sin comida bruscamente, en meses, y tú sabes que los cisnes viven acá tienen familia, o sea es como la casa, no es que agarren sus maletas y se vayan a otra parte, los procesos migratorios de los cisnes son lentos" (Profesional 1, Rebellín).	Cayumapu, Rebellín, Cabo Blanco

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
		Aumento de la mortalidad de Cisnes.	"Y la crisis de los cisnes que eso fue también una cosa impresionante, o sea ese invierno del 2004 uno estaba ponte tú en el cerro aquí y veía cisnes muertos en la pampa y tú decías: cómo, de dónde aparecieron. Y de repente tú veías cisnes volando que literalmente se desplomaban" (Habitante 1, Rebellín).	Cayumapu, Rebellín
		Cambio en los hábitos alimenticios de los Cisnes.	"Lo otro impresionante era ver los cisnes pastando en la vega, como no tenían luchecillo se salían a pastar, eran como los gansos y comían pastos de la vega" (Profesional 1, Rebellín).	Rebellín
		Aumento de abundancia de Cisnes y Patos.	"Está llegando mucho los patos silvestres, que antes estaba plagado, y cisnes, que están volviendo de a poquito" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco, Cayumapu
		Aumento de abundancia de Cisnes.	Dice que ahora ha habido cambios, que el río ha empezado a poblarse de cisnes pero que ya no hay visto taguas ni patos (Bitácora 36, Cabo Blanco).	Cayumapu, Rebellín, Cabo Blanco
		Disminución de abundancia de patos.	"Se echan de menos los patos, a mí me gustaban harto los patos y ya no hay patos" (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
		Disminución de abundancia de Tagua.	"La tagua, nunca más he visto una tagua. Pero sabes que yo creo que la tagua ya estaba antes desapareciendo, porque dicen que los cisnes son sumamente dominantes y los deben… y cada vez eran menos y como eran tantos cisnes yo creo que los mismos pobres patos se fueron" (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
		Disminución de abundancia de Hualas.	"Las hualas se ven pocas" (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
		Aumento de abundancia de Codornices.	"Lo que sí se ha llenado harto aquí es con codornices. Uhhhh es increíble, es increíble cómo andan! Y eso yo lo había visto…bueno a ver como unos diez años atrás, cuando fuimos a remar una vez a Concepción veían tantas y las encontraba tan bonitas! Y de repente empezaron a aparecer por acá. Y en la mañana es bonito como cantan y suelen andar una codorniz como con 7 codornices chiquititas, aquí en la casa pasan delante de la casa!" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
		Aumento de abundancia de Perdices.	"Bueno aquí andan codornices, andan perdices, todo aquí. Yo creo que eso también es por el clima porque esos no son de este clima y ya se han ido ambientando a esto…son bonitas en la mañana y en la tarde cantan encachado!" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
		Aumento de abundancia de Loros.	"Pero los pájaros toda la vida andan picando la fruta, la cereza sobre todo, si inclusive y antes de que cuando los árboles estaban en brote, era una plaga de loros….tremendo, pero bandadas, le comen el brote a los castaños, a los cerezos. Y este año se vio más, por eso todos los que	Cayumapu

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			siembran trigo por allá los fundos tienen, yo no sé si serán a carburos o a gas, unos cuetazos fuertes que dan para que arranquen los pájaros" (Habitante 1, Cayumapu).	
		Aumento de abundancia de Torcazas.	"Torcazas también, este año por lo menos también se vio mucha torcaza y uno no las va a matar… entonces estamos entre la espada y la pared, nos comen los brotes de los árboles, no se pueden cazar…es que ya por las forestales ya no hay nativos que daban esas semillas que esos pajaritos se alimentaban con las semillitas de los nativos" (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
		Aumento de abundancia de Peucos.	"Lo otro que este año llegó harto por allá han sido los peucos, también nos hizo mucho daño en las aves, sabe que se tiraban a los gallineros y también está prohibido matarlos, yo no sabía y yo los mataba, hasta que me dijeron: te va a pillar el SAG y te va a sacar quizás que multa. Dejé de matarlos" (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
	Ictiofauna	Disminución de abundancia de Carpas y Truchas.	"Las carpas nunca más volvieron...nunca más, ni carpas ni truchas, nunca más, y te podí sentar un día entero y no vas a ver ni una" (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
		Disminución de abundancia de Salmones y Pejerreyes.	"Claro, y después desaparecieron! Nosotros pescábamos con mis hijos salmones de 2 kilos, 2 kilos y medio…3 kilos. Y ahora después no…nada, nada de eso. Pejerreyes! Pero bandadas de…¡o sea cardúmenes de pejerrejes!" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
		Disminución de abundancia de Lisas.	"Hasta la...aquí andaba mucha lisa antes! Y entraba pa acá! Y nosotros se ven porque de repente…se ven…y eso después también se desapareció" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
	Insectos	Plaga "serrucho" en manzanos	"Tenía frutales y los eliminé porque empecé a aprovechar el terreno más para el alimento para las vacas. Y la otra es que me entró el "serrucho" ese que se llama, ese gusano que empieza a comerse de a poco y tenía manzana de esa "graff" muy buena. Creo que me quedan esos dos manzanos grandes que se ven ahí, son los únicos que quedan, pero esto estaba llenos de manzanos" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
Agua	Color	Aumento de turbidez del agua.	"Y el estero ya ahora es una cosa…agua negra, o sea no negra, un agua café" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
		Cambio en el color del agua del río.	También notaron que cambió el color del agua, pasó de ser verde azuloso a café, igual que en una foto aérea de Las Marías que en algún momento anduvo circulando en que se veía el contraste (Bitácora 39, Cayumapu).	Cayumapu

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
	Olor	Cambio en el olor del agua.	"Hay un planta de tratamiento nadie sabe quién está costeando eso porque la gente no está pagando, no sé si será la Municipalidad, no sé, pero hay días que sale un mal olor del río, impresionante. Entonces los que vivimos cerca del río ahí lo notamos, pero no es de todos los días, no sé si están botando todo al río, porque si no están financiando eso no sé cómo lo hacen" (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
	Sedimentos	Presencia de barro en el río.	"O sea yo te puedo mostrar fotos bañándonos en el río hace veinticinco años atrás y tú veías el agua clara y después de este cuento es barro, hasta cambió el color" (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
	Nivel	Cambios en el nivel del agua.	"Eso es probablemente porque los procesos de crecimiento de vegetación tal vez ha invadido lo que era el agua antes, porque bajó el nivel, no lo sé" (Profesional 1, Rebellín).	Rebellín
	Otros elementos	Presencia de "viscosidad" en el agua.	"Esa cosa viscosa ya no hay, eso fue súper notorio así como dos años asqueroso, de verdad asqueroso" (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
		Presencia de "espuma amarilla" en el agua.	Él se acuerda del día que empezó el problema porque él tiene playa y ese día bajó y encontró una especie de nata amarilla "asquerosa". Dice que el agua cambió y con eso cambió todo (Dirigente 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
		Presencia de elementos contaminantes en el agua.	"Con decirle que aquí yo he tenido que pasarle agua a vecinos que han construido con crédito fiscal, no sé, y el agua les ha salido totalmente mala y he tenido que convidarles agua yo de aquí para que ellos vayan a hacer la muestra para que puedan seguir construyendo o si no les paraban la construcción" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
Aire	Olor	Cambios en el olor del aire.	"Para nosotros lo primero que nos dimos cuenta fue el olor, cuando recién partió la planta, de hecho la primera vez pensábamos que estábamos con un escape de gas en la casa y abrimos las ventanas y fue peor y era en el fondo un olor asqueroso y ese olor estuvimos no sé, cómo tres meses, cuatro meses con este olor" (Habitante 1, Rebellín).	Cabo Blanco, Rebellín

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Agro-alimentos		Aumento de productividad de Duraznos y Cerezos.	"El año pasado la fruta salió más sana, por ejemplo los duraznos no me salieron malos y los cerezos también me dieron buenas cerezas" (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu

	Ganadería	Cambios en los hábitos de los animales	"Los animales no toman mucha agua del estero porque de repente es media salobre…bueno tiene que tener mucha sed para tomar ahí. Porque yo les tengo bebederos para tomen agua buena, pero antiguamente se usaba esa agua, sí. Se usaba para los animales" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
Actividades recreativas y culturales	Familiares	Cambios en tradiciones familiares	"Uno se podía ir nadando…el río Cayumapu va al lado de allá, uno se podía ir nadando desde abajo hasta el río y volvíamos y hoy día es imposible, tendrías que atravesar esa mata de algas. Nosotros nadábamos el río, nos íbamos para allá y nadábamos harto allá" (Profesional 1, Rebellin).	Rebellín, Cabo Blanco, Cayumapu
	Comunitarias	Cambios en tradiciones comunitarias	"Por lo menos allá no porque cuando se vio que estaban todas las aves flotando ya nadie más quiso irse a bañar al río" (Habitante 1, Cayumapu).	Rebellín, Cabo Blanco, Cayumapu
Actividades domésticas	Transporte	Cese del transporte fluvial	"(El río se usaba) para balsearse a un colegio que había al otro lado, el que tenía bote se balseaba en bote, el que no se iba a dar la vuelta arriba de la Coval hacia adentro" (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
	Consumo de agua	Cambio en la calidad del agua para consumo humano directo	"(El agua) tomaba un gusto muy malo. Hubo que hacer un pozo profundo más arriba acá" (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco, Rebellín
Relaciones sociales y comunitarias	Desconfianza en instituciones	Aumento en la desconfianza institucional: ONGs	Sostiene que son los asesores pertenecientes a ONGs los que profitan de este asunto, que la plata debe llegar a la gente y no quedarse en los intermediarios (Bitácora 36, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
		Aumento en la desconfianza institucional: universidad y ONGs	Cree que siempre pasa lo mismo: la universidad y las ONG reciben platas porque tienen que trabajar, entonces ellos hacen proyectos y estudios que no quedan en nada pero que no les importa porque como el trabajo se justifica les basta con eso: rinden las platas y ya está. Ella dice que está aburrida de recibir gente en su campo para que haga proyectos y estudios que no le sirven para nada, porque no se preocupan por resolver ninguno de sus problemas (Bitácora 39, Cayumapu).	Cayumapu
		Desconfianza en servicios públicos	Dice que nadie los ha ayudado con ese tema, que le han pedido a CONAF y no van. Ellos mismos le han dicho que en los pellines hay una larva que se transforma en insecto que viven ahí y que de repente atacan y los árboles se mueren, pero nunca han ido a ver y ella cree que puede ser más bien algo del aire (Bitácora 39, Cayumapu).	Cabo Blanco, Cayumapu
	Migración	Migración campo-ciudad	"Es que Valdivia está sin industria, no hay trabajo, entonces para la juventud sale a buscar trabajo por otros lados" (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu

Tabla 4.14.7. Socio-bio-indicadores de la Zona Surponiente del HRC.

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Flora	Árboles	Patologías en plantas y árboles frutales	Me explica que después de la crisis algunas plantas y árboles frutales se fueron quemando; los ganchos quedaron pelados (Bitácora 7, Punucapa).	Punucapa
		Crecimiento de nuevos árboles en tocones del río	Es que son plantas que estaban muertas antes y entonces después quedaron los puros tocones, los troncos digamos… es que la marea te trae semillas de alisos, de avellano, pataguas… y eso se fue pegando encima de los tocones… ya tenemos, será de cuatro metros los más altos que hay. Ya, hay una concentración de todas esas especies (...) Después la raíz baja por el tocón pa abajo y llega al fondo (Oficio 1, Punucapa).	Punucapa
		Disminución de la abundancia de árboles	Antes en las vegas lo que había harto -de árboles- eran las pataguas, los temos, el pillo-pillo que le llamaban (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa
		Aumento de la abundancia de Canelos	Ahora sí se ha reproducido mucho acá, pero antes no existía mucho canelo (...) Esto de acá abajo es puro ya canelo (...) Mire los canelos cuando nosotros llegamos estaban así de chicos... mire cómo están ahora (...) Ahora está, usted la ve, se está tapando de todo canelo, puro canelo, está toda la pampa más la vega llena de canelo. Entonces dicen los entendidos de que el canelo sale cuando ya hay tierra, entonces lo que pasa es que se está bajando el agua (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa, Quitaqui, Colegual
		Aumento abundancia de Radal	Allá arriba está lleno de radal, es una hoja grandota, verde oscura, gruesa. Ese apareció ahora último porque no había (...) Pero cómo vienen las semillas, digo yo que con los vientos, porque yo pienso que a lo mejor más arriba puede que haya radal, arriba a la altura, y con esos vientos tan fuertes que hay acá, yo digo que las semillas han llegado aquí a las alturas, porque aquí no hay, solamente donde pega el viento en esa parte de arriba, está lleno de radales. Ese es un arbolito nuevo. Y es un arbolito muy fácil de quebrar, porque temporal que hay los ganchos se quiebran (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa, Colegual
		Aumento abundancia de Notro	Lo que se está apareciendo harto también es ese que da la flor roja… el notro (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa, Colegual
	Arbustos	Cambios en la abundancia de Murtas	Y entremedio la murta, porque la murta… y la murta es muy complicada para cortarla, porque es latiguda y con moto… le digo yo (…) 'deja eso ahí'; 'mamá –me dice- hagamos	Punucapa, Colegual

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			el intento con la murta'; yo le digo '¿quieres cortarte una pierna? (...) Aquí hay harta murta. Porque cuándo fue un año que no hubo mucha agua y se acuerda que la murta no creció... fue el año pasado (Agricultor/a 1, Punucapa).	
		Aumento abundancia de Michay	Ese espino que hay, eso ha cundido demasiado… ¿michay, cuánto le llaman? (...) Antes que sea prohibido cortarlo los voy a cortar todos (*risas*) Ese tiene una espina, y lo que pasa es que no es una matita que es como dócil, que va a quedar ahí, no va a crecer, no se va a desparramar, sino que esta mugre se desparrama igual que la mopa, entonces va cubriendo cada vez más terreno de pastoreo (...) (*y los animales*) no lo comen porque tiene espinas… tiene unas tremendas espinas (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa, Colegual
	Herbáceas	Aumento abundancia de Totora	La totora proliferó mucho, aumentó su tamaño. Superficies donde antes no había totora ahora hay totora, pero tiene que ser porque como te digo el huiro desapareció entonces como que dejó libre pa que otros pastos (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
		Aumento abundancia Totorilla	Y está saliendo, no sé si se alcanzan a ver que se ven una totorita chica que se llama a totorilla. Una que se ve entremedio de la laguna allá… se ven como unas mechitas allá… más bajita… también es como una plaga… se va a tapar con el tiempo, se va a tapar completo eso (...) Eso había pero muy poco, eso salía más en el humedal pero en la parte de la vega, no el agua, en el río como está saliendo ahora (Habitante 4, Punucapa).	Punucapa, El Potrero, El Arenal, San Ramón
		Disminución abundancia "Cola de gato"	Salía harto una antes que se llamaba la cola de gato le decíamos nosotros (…) Es como… parecido a esto así… así tenía un palito pa abajo, y unas matas pa arriba (...) Sabe que donde vi el otro día, ahí en la isla Teja, como yendo donde está la escuela Alemana… siguiendo pa allá hay un pantanal pa abajo... ahí vi de esas cola de gato... la vi y me acordé al tiro cuando vivíamos allá abajo (...). No se ha visto por acá la cola de gato ahora (Habitante 4, Punucapa).	Isla Teja, Punucapa
		Cambios en pasto	El pasto que se ponía blanco (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui
		Cambios en color de Totora	Las mismas totoras ya eran de otro color, era como más amarillentas (Oficio 3, Punucapa).	Oficio 3 Punucapa

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
	Acuáticas	Aumento en la abundancia de Flecha de agua	Ahora salió igual una planta, la flecha de agua, no sé si ustedes la ubican, la planta… la flecha de agua… esa antes no estaba, salió el año pasado. Salió mucha. Aquí en el santuario no estaba. Esa es una planta blanda, muy blanda (…) Cuando uno baja la marea, la planta esa tiene cinco ramificaciones pa arriba, abajo tiene como una papa, salen cinco tallos más o menos de esta altura (Oficio 1, Punucapa).	Punucapa, Colegual, San Ramón
		Aumento abundancia "Pinito de agua"	El pinito de agua que había muy poco igual ha aparecido en algunas partes, pero no tan fuerte como esto (*la flecha de agua*) (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
		Aumento de abundancia de Lotos	El loto igual ha proliferado harto, el loto, acá en estos sectores hay harto loto. Pero no tan agresivo ah, porque eso igual demora años, fácil cinco años para que se haga loto (Oficio 3, Punucapa)	Punucapa
		Disminución abundancia de Luchecillo	Recuerda cuando se perdió el huiro, alimento de los cisnes y pollollas (Bitácora 17, Punucapa).	Punucapa
		Desprendimien-to de Luchecillo	La informante insiste en que siempre ha existido el huiro (luchecillo…) pero que ahora tiene mucha agua; “como que salió para afuera”, los remos se enredan en los huiros; después del vertido de riles por parte de la empresa el huiro quedó así, suelto, en la superficie y ya no en el fondo como era antes (...) Recuerda que en ese entonces la gente que no sabía nadar se caía al agua y moría enredada en los huiros que estaban al fondo; los sacaban con una “araña”. “A lo mejor ese huiro tenía vida como el coyofe, el luche; ahora no porque está siempre encima y la gente no puede salir con sus botes” (...) El río antes tenía vida; todo lo que había antes tenía vida. El huiro también tenía vida porque estaba en el fondo y ahora está arriba” (Bitácora 7, Punucapa).	Punucapa
		Aparición nuevas plantas acuáticas	Eso sí que hay, huiro si, unos más gruesos, unos más gordos, no tan finos como los que come el cisne, porque el que come el cisne es uno más delgadito, más finito. Después salieron otros, unos más como gruesos (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa
		Aumento de la abundancia de Luchecillo	En el tiempo que pasó eso del asunto con la Celco se desapareció pero en las orillas, por ejemplo, acá donde está el bote abajo, ahí quedó un poco el huiro. Y en otras partes a orillas de las totoras va quedando unos manchoncitos y eso se han ido... se reproduce rapidito el huiro... es como una plaga digamos (...) Hace como dos años ya que está así más o menos... de primera era	Punucapa

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			poquito, había manchoncitos no más, todavía se nota como una lagunitas ahí abajo, ve... eso todavía no se completa de huiro. Allá igual todavía quedan unas lagunitas, en la salida del río grande (Habitante 4, Punucapa).	
Hongos		Aumento en la abundancia de Digueñes	Este año hubo muchos. Sabe que había árboles que se venían abajo con esas cosas. Pero esta no es de… estos son de los coigues, no son de los hualles… estos son dulces, no sé cómo le llaman (…) Estos son de los coigues. Tienen un jugo dulce, no son blancos como los otros de los hualles (Agricultor/a 1, Punucapa).	Colegual
Fauna	Mastofauna	Disminución en la abundancia de Coipos	Los coipos, era una nata de coipos en el Pelú. Y no hay coipos, se terminaron. Yo he ido para allá pero yo nunca he podido ver, siempre estoy pendiente si puedo ver un coipito chiquito o algo por ahí, pero no hay nada. Y eso era… como se alimentan de la totora, y hacían sus camadas así, ¡las tremendas camadas donde estaban ellos, pero muchos! Pero ahora no hay ninguno (...) se veían como andaban los coipos con sus pajaritos en la espalda mamando, era precioso ese paisaje, era hermoso (Agricultor/a 1, Punucapa).	El Pelú, Punucapa, ribera del Cau Cau (actual Laboratorio Forestal de la U. Austral), Quitaqui, El Potrero, Colegual
		Aumento en la abundancia de Visón	El ayudante del capitán de la lancha me señala un visón que pasa nadando detrás de nosotros. Conversando con el capitán, me dice que desde que trabaja en la lancha (*1 año*) ha visto 2 o 3 coipos, y que visones se ven mucho más (Bitácora 15, Quitaqui).	Bitácora 15 Quitaqui
		Disminución abundancia de Venados y Pudú	Cuando éramos cabros igual salíamos a cazar pa abajo… salíamos a cazar pa abajo… venados, el pudú que le llaman, pa comer (…) Dicen que corta la vista (…) pero andaban harto antes igual, ahora se ven pero poco (…) pero son más de monte, usted se mete al monte y de repente pilla. No como antes, en el río era facilito pescarlo (...) Antes los pescábamos y los comíamos, cuando estaban a la orilla del río abajo, los pescábamos y los comíamos. Si andaban hartos... si derepente en el día se podía llevar tres, cuatro uno... ahora uno ve uno... una vez cada cinco años con suerte. Y el macho tiene los cachitos, y el otro... la hembra no (Habitante 4, Punucapa).	Punucapa, Frutillar
		Aumento en la abundancia de Lobos marinos	Si antes subía el lobo siempre, siempre ha subido el lobo. Y ahora llegan más todavía si po, como están en el muelle allá en Valdivia (…) Llegan más fácil todavía. Aquí en el invierno cazan harto los lobos acá abajo, a las jarpas será que atacan abajo (Habitante 4, Punucapa).	Punucapa

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
		Disminución en la abundancia de Zorros	(...) también dice que ya no hay zorros, no nos van quedando porque los han muerto todos igual (Agricultor/a 1, Punucapa).	Colegual
	Avifauna	Disminución abundancia de Cisnes	(*Ella me decía que*) antes los cisnes… llegaban hasta la parte de abajo, este humedal de ahí, y que después del desastre ya no. Yo nunca he visto un cisne (Habitante 5, Punucapa).	Punucapa, El Molino, Isla de la Culebra
		Aumento abundancia de Cisnes	Igual ya ahora ya… hay polluelos grandes ah. Lo que más he visto este año es una con cinco, y eso ya es bueno. Mira, ahí va una familia bastante onerosa (…) Si hay cisnes, imagínate pucha hace varios años atrás que nosotros no teníamos cisnes con cinco polluelos, y ahora ustedes lo vieron, o sea no te lo estoy inventando yo. Normalmente, hace ponle cuatro años, con cueva tenían dos polluelos, cuando empezaba a procrear, dos, tres... y ahora ya, o sea cisnes con cinco... es bueno (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
		Patologías en Cisnes	Recuerda que en el 2004 muchos cisnes cayeron en su campo, no podían moverse y pesaban mucho (Bitácora 10, Quitaqui).	Quitaqui, Punucapa
		Cambios en el color del plumaje de Cisnes	Recuerda que los cisnes estaban descoloridos… "como amarillos así, el plumaje feo" (Bitácora 14, La Punta).	Corcovado
		Cambios en sitios de nidificación de Cisnes	Antes del desastre los puntos de nidificación estaban más al norte; luego se corrieron más al sur, donde están ahora (Oficio 1, Punucapa).	Punucapa
		Cambios en hábitos alimenticios de los Cisnes	Esa planta (*flecha de agua*) antes no estaba (…) el cisne la come harto (…) entonces uno al tiro le nota cuando el cisne le pega la podá po, la cortá (Oficio 1, Punucapa).	Punucapa
		Disminución en abundancia de Taguas y "Pollollas"	La que no se ve tampoco es la pollolla, esa anda muy poco, a esa le ha costado pa reproducirse. Cuando… ahí donde está la piedra pa atrás, antes, se juntaban todas las pollollas ahí, en la mañana temprano, como a las seis de la mañana, estaban todas ahí. Cuando uno pasaba en bote pa Valdivia se iban pa allá pal frente, pa la isla de la Culebra (...) Con la Celco desapareció la pollolla. Esas las pillábamos muertas nosotros acá abajo (Habitante 4, Punucapa).	Quitaqui, Punucapa, Frutillar
		Aumento en abundancia de "Pollollas"	Hace unas semanas vieron – inéditamente – un gran número de “pollollas” en la isla de la culebra. "Como cincuenta pollollas serían" (Bitácora 19, Punucapa).	Isla de la Culebra
		Patologías en Cormoranes	Recuerda que los cuervos estaban ciegos (Bitácora 10, Quitaqui).	Quitaqui

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
		Yeco		
		Aumento en la abundancia de Garzas	Ahora la garza (...) está radicada totalmente, la ploma (...), la cuca ya se radicó totalmente, o sea, esa ya está aquí (...) pero igual andan más individual (…) Existían, pero una así… es como que ¡mira una!... una, ¿cachai? Pero ahora hay más, hay más, hay más (...) Pero sí, en algo han aumentado, la garza chica, la garza grande igual, tú las ves más, te fijas, están harto en los pantanos, los humedales, las partes húmedas de los campos, siempre están, esas no desaparecieron (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
		Disminución en abundancia de Pequenes	También, lo que yo me recuerdo, lo que no hay son los pequenes, esos chunchitos que habían así, eran chiquititos así. Y hacían unos hoyos profundos y grandes debajo de la tierra. También a la salida de mi casa, en el camino, habían dos, siempre siempre estaban ahí, usted salía y ellos estaban; llegabas, estaban; llegabas y los veías siempre. Bueno y ahí también igual po, hay pichoncitos, después se van… pero igual esos ya no hay, se terminaron, se murieron (Agricultor/a 1, Punucapa).	El Pelú
		Disminución en la abundancia de otras especies	Desde el 2004 nunca más patos… unos color perdiz, café con pintitas negras". Al pasear por el muelle se veían avecitas entre las totoras y coipos. Se veían como 4 o 5 tipos de garzas, ahora sólo se ven las más chicas. También se ven muchas menos gaviotas, que siempre antes anunciaban cuando andaba un lobo cerca (...), jilgueros, pidenes y patos silvestre (Bitácora 5, Punucapa).	Punucapa
	Herpetofauna	Disminución en la abundancia de Ranas	Ambos recuerdan cuando antiguamente se escuchaban los cantos de las ranas y sapos; actualmente ya no se escucha nada. Recuerdan cuando iban a pasear al muelle y ahí los escuchaban (…). Antiguamente desde el bote se veían (…) guarisapos (Bitácora 7, Punucapa).	Punucapa, Colegual
		Disminución en la abundancia de Culebras	Pero antes era… ¡andaban unas tremendas culebras! En todos lados yo me chocaba con las culebras, y ahora ya no hay (…) Es muy escaso que en el camino usted encuentre una culebrita así, nada más (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa
		Disminución en la abundancia de otras especies	Recuerdan cómo en la pampita frente a su casa había muchas culebras café de aprox. 30cms de largo y lagartijas (Bitácora 7, Punucapa).	Punucapa

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
	Ictiofauna	Disminución en la abundancia de Carpas	Carpas andaban muchas, mucha carpa, pero ahora se ve muy poquito, muy poco (…) después con la cuestión de la Celco, esas igual… salían las jarpitas así, muertas abajo (Habitante 4, Punucapa).	Punucapa, Quitaqui
		Disminución en la abundancia de Puyes	Antiguamente desde el bote se veían (…) puyes. Estos últimos según los antiguos, indicaban la pureza del agua (Bitácora 5, Punucapa).	Punucapa
		Aumento en la abundancia de Puyes	El otro día estaba mirando yo abajo y se ve harto puye si… harto harto anda otra vez. Se había perdido (…) más puye anda (Habitante 4, Punucapa).	Punucapa
		Cambios en los hábitos de desplazamiento de las Carpas	Según… mi criterio, yo creo que cuando desaparece el huiro nosotros dejamos de ver la jarpa porque la jarpa se fue a fondo, ya, porque tiene más como pa nadar y... en cambio cuando ahora está el huiro la jarpa no puede hundirse y entonces siempre anda en la superficie y la vemos más. Pero yo no creo que se haya perdido. Solamente que ahora... se escondió no más. Y ahora de nuevo con el huiro, ya tu puedes ver ya hay jarpitas chicas, ya ahora ya, tu puedes ver alevines que les llamamos (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
		Aumento en abundancia de Robalo	Robalo subió harto pa acá. Antes no se veía el robalo. Ahora se ve harto robalo (…) Ahora no más… hace unos cuatro años será po, más o menos, el róbalo (…) Antes era díficil (*verlo*). Hace como un año atrás sería (*cuando vi por última vez un robalo*). No si anda robalo... a veces en el invierno, con las mareas altas. Yo creo que con las mareas tiene que meterse agua de mar pa acá. Porque nosotros vivíamos allá a la orilla del río abajo, uno como en febrero se iba a bañar abajo y tomaba un poco de agua y salá... sentía un poco salá el agua... el mar sube en esas fechas (Habitante 4, Punucapa).	Punucapa
		Disminución en abundancia de Pejerreyes y Cauques	Ahora no se ven ni pejerreyes ni cauques (Bitácora 7, Punucapa).	Punucapa, Quitaqui
		Disminución en abundancia de Anguilas	Hace años que no se ve la anguila (Bitácora 7, Punucapa).	Habitante 1 Punucapa
		Disminución en abundancia de Salmones y Truchas	Uy pa allá que había salmones… (*en San Ramón*) (…) íbamos pa una parte donde había un estero… sacamos unos tremendos… si pesaba como 6 kilos… (Agricultora 1, La Punta).	San Ramón, Quitaqui

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
		Disminución en la abundancia de Lisas	Lo que se perdió fue la lisa, lisa antes andaba cualquier cantidad. En septiembre sube a poner a las… porque acá las aguas con más cálidas, son más tibias, entonces en septiembre solía pasar pa acá pa arriba (Oficio 3, Punucapa).	Oficio 1 Punucapa
	Crustáceos	Aumento en la abundancia de Camarones	Observamos los agujeros de camarón – que indican su reciente recuperación (Bitácora 7, Punucapa).	Punucapa
	Moluscos	Disminución en la abundancia de Caracoles	Caracoles tampoco se han visto como antes (Bitácora 7, Punucapa).	Punucapa
	Insectos	Plaga de Chaquetas amarillas	Sí, chaqueta amarilla hay mucha (…) se ha hecho un problema grave (...) porque la chaqueta amarilla aparece en el verano, en este tiempo es muy poquito lo que anda, o sea, prácticamente nada, pero cuando hay fruta sobre todo, cuando las manzanas están maduras, no sé, algunas uvas, algunos parrones que no son muchos pero algunos hay… y la carne, que son especialistas. Y para el tiempo de la costumbrista del mes de febrero, no, ahí es una plaga (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa
		Disminución en la abundancia de Abejas	(...) y las fumigaciones de los pinos, porque el líquido que le echan no solamente cae ahí, sino que también con el viento se traslada, qué sé yo, un montón. Y eso ha afectado a las abejas, directamente a las abejas, que es lo que uno nota, ¿ve? (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa
Agua	Color	Cambios en el color del agua del río	Las aguas del río cambian de color los días sábados y domingos, poniéndose más turbia y oscura que el resto de la semana (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui, Punucapa, Frutillar
		Turbidez del agua	No sé si se han fijado ustedes… Cuando salen al río… al de Valdivia cambia el color del agua, allá es más verde y aquí es turbia, revuelta el agua... no sé, también eso. Y antes el agua era clarita, aquí, cuando nosotros vivíamos allá abajo, era clarita el agua. Y de repente se empezó a poner así (...) Y después no aclaró, no ha aclarado. Es turbia igual (Habitante 4, Punucapa).	Punucapa
	Olor	Mal olor en agua	Entonces el agua era muy sucia, uno les decía, mal olor incluso también (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa

BIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**BIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
	Sedimentación	Aumento de sedimentación	Lo que pasa es que cuando la marea sube, todo ese sedimento queda pegado en la totora y hay muchos tocones de árboles que quedaron, que están… podridos. Todos esos se queda pegado… cuando baja la marea, eso queda todo arriba pegado. Y después ya viene la calor, viene un viento, y empieza a botar todo ese... tierra seca. Entonces ya, la marea está bajando y se lleva todo eso pa allá. Y después hay que poner todo el movimiento que hacen la jarpa. Uno les dice pero hay algunos que no entienden. La jarpa hace cualquier movimiento, cuando como ya se había perdido el luchecillo, se levanta cualquier barro. Y todo eso se vino (...) no pasaba porque resulta que ella aunque moviera el río, el agua quedaba retenida en el luchecillo... quedaba... no salía al río. Entonces esa es la cuestión de la mancha que se hablaba (Oficio 1, Punucapa).	Punucapa
	Nivel	Cambios en nivel del agua	Ahora está muy seca la tierra, hay que regarla con agua, con abono (…) Las tierras más secas, igual que usted siembra eucalipto, el eucalipto le come todo lo que es el abono porque (...) se toma 60 litros de agua en el día (…) por eso que se han secado los sectores... no es aquí, en otros sectores igual porque aquí no hay tan cerca los... las plantaciones que aquí está la empresa Arauco que tiene aquí comprado pero igual estamos lejos. Pero igual el eucalipto... se ha secado igual en otros sectores (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui
	Otros elementos	Aparición mancha oscura en el río	Según mi esposo dice que volvió a aparecer una mancha negra, que él la nota que hay una... de arriba según él la ve. Yo no tengo buena vista pero se nota una mancha en el río (…) Desde Punucapa alto, según él se ve porque él la mira con binoculares (Dirigente 1, Punucapa).	Punucapa
Aire	Olor	Olor a gas	Malos olores sí. Como gas, un olor como a gas. Ese fue el cambio en cuanto al aire que uno respiraba, sobre todo cuando había norte, porque el viento norte viene de allá hacia acá, y entonces se pasaba esta… como ese olor a gas, y era… decían que era el olor de la madera, el clásico olor de la madera que se estaba cociendo (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa, Quitaqui
	Visibilidad	Neblina gris	Se veía como una neblina gris así (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Cambios en actividades productivas	Turismo	Cese del turismo fluvial	Muchos empresarios reclamaban que la gente venía en barcos para ver cisnes y qué sé yo, y al final no se veía nada, porque ya no quedaban… prácticamente no quedaron cisnes (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
		Cambio en los intereses turísticos	Pero yo creo que el turismo no falló, siempre vino gente para acá, y creo que vino más gente, porque querían mirar, si la gente es novedosa igual, querían ver si realmente habían o no habían cisnes, cómo estaba el río, y eso (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa
	Agroalimentos	Cambio en las prácticas tradicionales	Me comentaba que ellos antes sembraban a la orilla del río que se regaba con las subidas de río y cuando ocurrió el desastre tuvieron pérdidas de las hortalizas y decidieron no sembrar más, entonces es terreno que lo tienen perdido, que antes se aprovechaba como terreno agrícola (Habitante 5, Punucapa).	Punucapa
	Agroalimentos	Disminución de la productividad de las hortalizas	Las plantas, claro. Aquí en ese tiempo murieron, como se secaron algunas; las papas quedaron blancas así cuando caía el rocío en la mañana, tarde así… todo eso (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui
		Cambios en la productividad de los Manzanos	El año pasado hubo mucha fruta, demasiado, manzanas… estaban todos los árboles llenos de manzanas. Y este año son contados los manzanos que tienen, entonces no sé a qué atribuirlo, pueden haber sido las heladas o pueden haber sido, no sé, las lluvias fuertes, qué sé yo, no lo sé. Pero el riego acá es natural, nosotros no usamos agua del río para regar plantas, no (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa
		Patologías en árboles frutales	En la foto se ve ella junto a su hermana recogiendo cerezas que recuerda eran muy ricas y que se peleaban en Valdivia cuando las iba a vender. El cerezo envejeció, se pudrió la raíz y murió al igual que los 3 castaños que tenía. Ella piensa que se secaron por los eucalipto que tiene al lado. Ahora sólo le queda un castaño (Bitácora 15, Quitaqui).	Quitaqui
	Ganadería	Patologías en el ganado	Los esteros, estos ríos llegan igual por las vegas, entonces igual la gente se contaminaban sus animalitos (…) En el pasto que se ponía blanco, se contaminaba su comida de animal (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui, Punucapa
		Cambios en los hábitos de los animales	(...) habían animales que se morían en pleno verano y era porque no tomaban agua (...) Y hay animales que no tomaron y se murieron, se nos murieron muchos animales, y alrededor a los vecinos igual, pero nadie entendía nada de eso. Pero sí después (...) cuando empezaron los estudios de que el	Punucapa

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			agua estaba contaminada (...) fue por el agua del río, o no la tomaron, o la tomaron y se contaminaron y murieron (...). Si el animal es igual que el ser humano, insisto, si yo veo algo… me dicen 'vaya a tomar agua´, si ahí hay agua y la veo con una mancha de aceite yo no la voy a tomar, ¿usted la tomaría? ¿No ve?, claro, eso es lo que pasa, hay animales que son así (...). Y eso pasó con los animales, animales que no tomaban agua se morían. Se nos murieron alrededor de 14 animales, entre ellos dos yuntas de bueyes (Habitante 3, Punucapa).	
	Comercio	Cese del comercio asociado a la ruta fluvial	Una vecina ahora lleva sus flores para vender en la feria en sacos porque tiene que ir en bus y en la micro no la dejan llevarlas sueltas porque se ensucia. Antes era muy lindo ver a las señoras yendo a vender a Valdivia en los botes, cargados de flores, tomando mate. Ahora hay que llevar el negocio escondido (Habitante 1, Punucapa).	Frutillar, Punucapa
	Artesanía	Surgimiento producción artesanal en mimbre	Nosotros para el taller de artesanos estamos haciendo cestería tanto en pita como en ñocha, y junquillo, pero el junquillo que se cosecha no es directamente el del río pero igual crece cerca. Muchos vecinos después del año pasado que hubo un taller de adultos mayores de mimbre, sembraron mimbre, entonces el mimbre se tiene que sembrar cerca del agua porque es una planta semiacuática (Habitante 5, Punucapa).	Punucapa
	Pesca	Cambio en las prácticas tradicionales	Antes la gente igual comenta se veía más (…) gente pescando por ahí, ahora no se ve nadie porque ahora no hay pescados y se prohíbe la pesca (…) Antes se ocupaba usted sabe que la gente igual vivía del pescado, de la trucha, del salmón… ahora ya no se ve ya. Vivían de eso la gente, y ahora ya no se está viendo (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui
Actividades recreativas y culturales	Familiares	Cambio en prácticas familiares	En el muelle había una playita que ocupaban los vecinos en el verano, y ahora ya no (Dirigente 1, Punucapa).	Punucapa, Frutillar, Quitaqui
		Cese de observación de aves	Todo eso afectó la belleza de ver aves todos los días; antes era como un hobby pero dejaron de hacerlo (Bitácora 5, Punucapa).	Punucapa

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Cambios en actividades domésticas	Transporte fluvial	Cese de uso de transporte fluvial	Hay una de las causas que se ha impedido el uso (...) del río porque yo tengo (...) dos botes (...) pero ya casi dos años que no puedo usarlos porque en el verano es tanta la sedimentación que hay (...) te prometo que es como un metro y medio de fango, que si tu te caes te puedes quedar empantanado, te puedes quedar ahí, si nadie te socorre te mueres ahí. En todo el sector del río chico, la misma área (...). En el verano las aguas son más bajas por lo tanto el bote no alcanza a llegar a la orilla porque queda embancado en la sedimentación, en el fango. Y en (*invierno*) es imposible porque suben tantos las aguas que no tienes acceso a llegar al río y además por las inclemencias del tiempo no es muy apto para navegar (Dirigente 1, Frutillar).	Frutillar, Punucapa
	Consumo de agua	Cambios en el consumo de agua	Fue paulatino, pero después llegó de un agua media así azulina verdosa, linda te fijai, a un café po. Si ya era como… si yo creo que si antes tú tomabai y tomabai agua no más. Pero después ya no, ya te daba cosa, te daba cosa ver el agua, se veía fea (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
Cambio en relaciones sociales y comunitarias	Divisiones comunitarias	Aumento divisiones intra comunidades	Y acá la gente que trabajaba en turismo -por ejemplo los restauranes- les ayudaron, si les cayeron un par de monedas del cielo… Celco ahí les entregó para que esta gente en algo, no sé po, arreglara sus locales, qué sé yo, no fuera tan grave la pérdida (...) Eso no falló (el turismo), pero igual se le ayudó montones a ese tipo de gente y todavía yo creo que les siguen ayudando. Pero en la parte agrícola, en la parte ganadera, no, muy poco, muy poquito. Y debe ser por eso, porque nosotros como pequeños agricultores nunca reclamamos, no teníamos idea de qué estaba pasando. Solamente el problema era los cisnes, los cisnes, los cisnes… incluso se hicieron unos documentales referidos a los cisnes, y eso (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa
		Aumento divisiones entre comunidades	Venía gente y viajaban, y todos estos 'Acción por los Cisnes' venían acá con los banderines a dar la… y yo decía chuta, estamos mal po, porque aquí deberían haber habido acciones, igual 'Acción por los Cisnes' debería haberlo hecho, pero también deberían haberse preocupado de que aquí habían comunidades po, ¿te fijai? Porque ellos empezaron a pelear como los derechos de los animales, algo así, pero también se olvidaron de que aquí habían personas, de todo cachai, de todos lados, se olvidaron de que habían personas y que estas personas también tenían que vivir y también habían sido afectadas. Y nadie pescó, ¿te fijai? Y	Punucapa

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
			después cuando ya empiezan las negociaciones, ya chao, no vino nadie más de los 'Acciones por Cisnes' ni los movimientos acá y ya queda acá (Oficio 3, Punucapa).	
	Desconfianza institucional	Aumento desconfianza institucional: Estado	De repente uno viendo la causa perdida y viendo el destino que se le está dando a los recursos que se… que pidió el fallo judicial de la multa a la celulosa, y destinarla a compensación o restauración, la verdad es que duele o molesta porque no se está cumpliendo el objetivo (...) no se está haciendo nada en beneficio del humedal mismo, si esos recursos se están destinados a beneficios personales, o de instituciones (...) pero no va a llegar a poder paliar en algo o invertir en algo en esto, en recuperar el daño que se ha hecho (Dirigente 1, Frutillar)).	Frutillar, Punucapa
		Aumento desconfianza institucional: Servicios públicos, universidad, empresa	Aquí no ha habido inversión ni del Estado, ni de la Celco, ni de la universidad, acá esto sólo se recuperó. Acá no ha habido varita mágica, acá la naturaleza sola volvió al tema de la restauración. (...) El primer avistamiento de visón acá, año 2000. Tamos en el 2014 y ¡Ah, una plaga! O sea pasaron 14 años pa descubrir que era una plaga (...) A la gente en general, los científicos, los profesionales tienen que mostrarles algo más sólido, algo más coherente pa poder creer (...) ¿Cuál es la garantía que da el Estado de que realmente se va a preocupar? (...) porque Conama hasta el último momento decía que estaba todo bien (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
		Aumento desconfianza institucional: Servicios públicos y universidad	Cacha que los propios de la universidad andan con unos zodiac… pero con unos motores que son cien veces mejores que los que tiene la Conaf. Entonces ahí tu te das cuenta quién tiene más poder. O sea los que deberían estar acá o los que bajan una vez al... no sé po, cuando les pagan pa mirar el río (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
	Organizaciones sociales	Fortalecimiento de vínculos sociales a través de trabajo artesanal	Nosotras mismas nos hemos hecho talleres. Una de las vecinas nos hizo un taller de hilado, y en base a eso nació la idea de aprender a teñir con plantas. Una señora que vive por la costa (…) dijo Yo tengo una hija que hace trabajo en fieltro… y podríamos hacer un taller, y nos hizo un taller gratis (...) La idea era no dejar de juntarnos... porque como todas viven tan alejadas, si no hay un motivo la gente no sale de su parcela, más con la distancia, el clima... y hay tanto que hacer en un terreno. Además que se ha creado amistad, que antes no había (Habitante 5, Punucapa).	Punucapa, Frutillar, Colegual

SOCIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
	Migración	Envejecimiento de la población	La gente ya no caza más (…) Ya en Quitaqui, Tambillo queda… yo diría un 80% de gente es todo adulto mayor, ya la juventud ha desparramado porque no ha habido trabajo para ellos (Oficio 2, Punucapa).	Tambillo, Quitaqui, Punucapa, Frutillar
		Migración escolar a Valdivia	Comentan sobre la migración de niños y jóvenes a una escuela en la isla Teja (Bitácora 7, Punucapa)	Punucapa

SOCIOBIOINDICADORES				
COMPONENTE	**SUBCOMPONENTE**	**SOCIOINDICADOR**	**CITA/NOTA**	**LOCALIDADES**
Salud humana	Enfermedades	Aparición de lesiones dermatológicas y reacciones alérgicas en los ojos	De repente salen con un poco… con los ojos muy rojos o se… tienen un sarpullido, y todos… recién estábamos comentando (*risas*) que el hijo se había tirado al agua y había quedado pero enteramente rojo con la contaminación (...) La piel, la piel y los ojos (...) El año pasado no más, me estaba contando… y su hijo se… él es mayor ya sí, no es un niño... mayor. Y se fue… y dijo 'se tiró al agua' (...) ¡y después cómo salió! (...) y dijo que había salido puro olor a barro, era un olor muy fuerte, donde el agua tenía un olor muy fuerte (...) la gente siempre se ha bañado en el río, porque no era contaminante, y la gente, los chicos jóvenes para la fiesta de La Candelaria, para el 2 de febrero llega gente de afuera, son de acá, gente que son… por ejemplo o tengo nietos en Santiago, qué sé yo, hijos en Santiago, nietos, entonces vienen para acá. Pero esos chicos entonces disfrutan y se tiran al agua no más y van al río y esos eran los que se infectaban, porque quedaban llenos de sarpullido, de heridas, qué sé yo (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa

4.14.4.11. Amenazas

Las amenazas han sido definidas como transformaciones, identificadas por los informantes, asociadas a aspectos negativos para la mantención y mejoramiento de la vida social y la calidad ambiental del HRC y sus ríos tributarios en el futuro inmediato o a largo plazo. Las amenazas surgen desde las experiencias y percepciones cotidianas en torno al humedal, descritas en el parámetro precedente, pero están siempre asociadas a un deterioro o empobrecimiento de dicha experiencia o a una valoración negativa de la misma.

Cualquier intento de organización de información compleja y sensible como las amenazas para la conservación del socio-ecosistema, parámetro abordado además desde las percepciones, subjetividades y experiencias personales y comunitarias, genera el riesgo de perder el carácter interrelacionado y transversal que los actores muchas veces atribuyen a esta dimensión. Reconociendo esta dificultad, en la **Figura 4.14.6** se presenta el Esquema de organización de las Amenazas para el HRC, el que establece seis ámbitos: Amenazas asociadas a flora; asociadas a fauna; asociadas a expansión forestal; asociadas a cambios en el agua; asociadas a cambios en el aire; asociadas a cambios psicosociales, y; amenazas transversales y/o multicausales. Vinculados a cada uno de estos ámbitos se indican los principales grupos de amenazas detectados de acuerdo a los relatos de las/os informantes.

Por otra parte, en las Tablas 4.14.4 a 4.14.7 se presenta el detalle de la información agrupada por zonas y ámbitos en columnas que además de las amenazas, identifican los agentes (cuando ellos son establecidos por los informantes), los efectos reconocidos por los informantes, una cita o nota de campo que ilustra el tipo de amenaza y las localidades con que se asocian estas amenazas.

Figura 4.14.6. Cuadro Sinóptico Amenazas del HRC

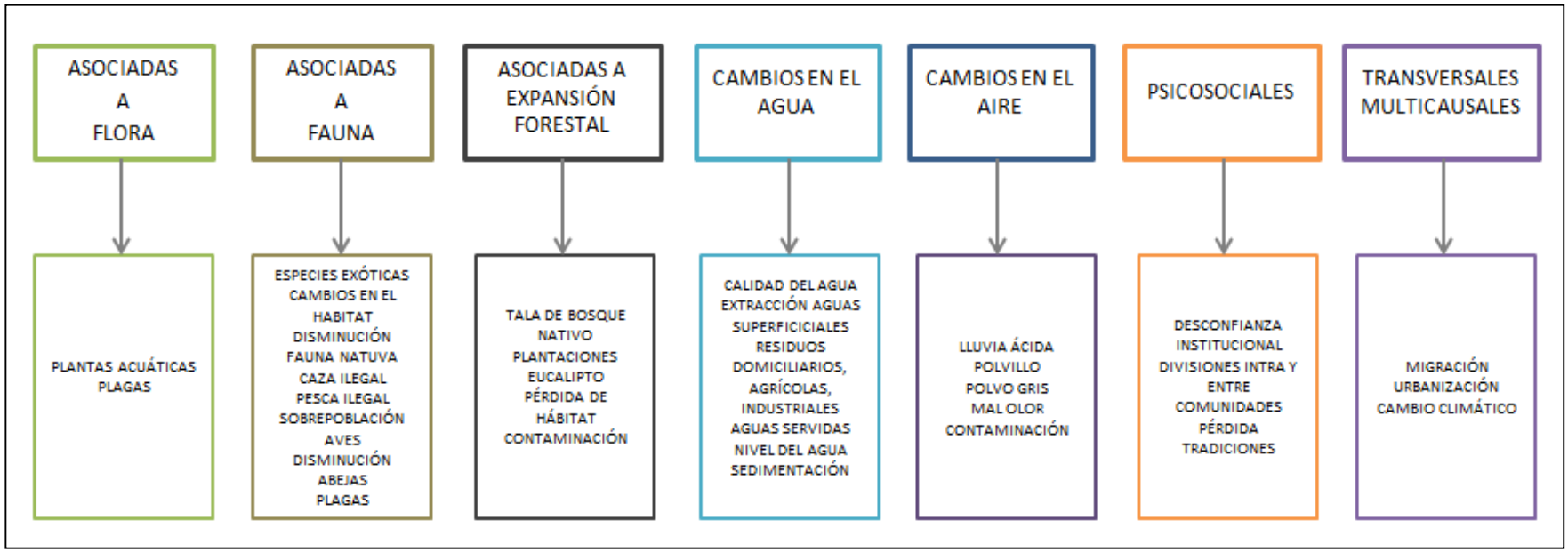


Tabla 4.14.8. Amenazas del sector Nororiente del HRC.

AMENAZAS NORORIENTE				
ASOCIADAS A FLORA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Aumento de plantas acuáticas	Flores de loto	Obstaculización para acceso a muelles y uso de transporte fluvial	De ahí donde salimos, más pa arriba, eso está tapado, el río se tapó de eso. Si ya no se puede ni andar en bote ahí. Y es por esos lugares, si pa acá no se ve (Agricultor/a 1, La Punta).	La Punta
Plaga	Murra	Deterioro actividades domésticas y productivas; Incentivo a uso de pesticidas	La murra es una plaga pero horrible en los campos. Y el que no tiene los recursos para cortarlas en sus campos están invadidos. Mi caso es uno de esos. Yo compré una desbrozadora pa cortar la murra y se corta, se quema, pero la raíz queda, y esa raíz –si tenía un tallo- te va a dar tres, cuatro, cinco tallos, entonces obligado a recurrir a los elementos químicos, sabiendo que estamos en un ambiente que está en la cuerda floja (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao, La Punta
ASOCIADAS A FAUNA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Introducción especies exóticas	Visón	Riesgo para fauna nativa	Entonces nosotros decíamos, 'qué vamos a mostrar en el río si vamos a hacer turismo con la plata del Consejo de Defensa del Estado, del juicio a Celco; qué vamos a mostrar si los cisnes o se mueren por contaminación o se los comen los visones' (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
		Deterioro actividades domésticas y productivas	A él no le ha tocado ser víctima del visón todavía, pero sabe que a su vecina le comió varios patos (Bitácora 16, Tralcao).	Tralcao, La Punta
Cambios en el hábitat	Puma	Riesgo para fauna nativa	Ah es que el león te acordai que (…) dijo que allá abajo, cuando (…) los cisnes hacían nido en la orilla, el león se los comía, los pillaba echaditos y se los comía, se comía los huevos, todo (Agricultor/a 1, La Punta).	Plaza de Armas
	Zorro	Deterioro actividades domésticas y productivas	Nos encontramos con un vecino que andaba correteando los zorros; dice que andaban por ahí dando	La Punta

			vueltas, gritando (Bitácora 12, La Punta).	
	Loros	Deterioro actividades domésticas y productivas	A los loros hay que estar cuidándolos cuando se vienen a comer el trigo porque o si no se pueden comer toda la pampa (…) Mira, ahí vienen los loros (...) Esos son los que llegan al trigo cuando siembran, imagínese todos esos cómo hacen daño. Si se comen los brotes de esos árboles (…) allá en la casa hay uno en la huerta... pero dejaron abajo... uy, todo el brote botado, pa arriba, la mitad del álamo pa arriba está peladito (...) Y hay que estar hartos días (*cuidando*) porque el maíz demora en nacer (Agricultor/a 1, La Punta).	San Antonio, La Punta, Plaza de Armas
ASOCIADAS A EXPANSIÓN FORESTAL				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Plantaciones de eucalipto	n/a	Escasez hídrica; Disminución fauna nativa	Pino, eucalipto... No permiten nada dentro de su radio, de su entorno. No va a decir que se van a conservar algunos pajaritos, se van a criar la diversidad de especies ahí… ¡cero! (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
	Conaf	Escasez hídrica; Deterioro actividades domésticas y productivas; desconfianza institucional	Ahí plantaron eucalipto. Allá también hay eucalipto y el eucalipto es el que más daño hace a la tierra. Mire, todo plantado de eucalipto. Y la Conaf viene a ofrecer gratis las plantaciones, gratis. Uy, le hablan puras maravillas, que ellos le cierran todo, le vienen a hacer la plantación (...) Nosotros fuimos a una reunión a San José y empezaron a decir que la gente que tiene así como ñadi dijo, que ya no... que no sirve pa sembrar que no tienen pasto pa talaje, ellos le ponen eucalipto (...) Ellos subsidian una hectárea, media hectárea... y eso es como a veinte años, entonces claro, todo bien. Después usted dice ahí va a sacar su platita cuando ya lo estén... pero resulta que el eucalipto seca el terreno,	Pelchuquín, La Punta, Alepúe

			echa a perder el terreno. Y lo otro que (...) esa vez en las reuniones (...) el caballero dijo, mire, le dijo a los que andaban de Conaf, ustedes ofrecen le dijo, que nos van a hacer esto y lo otro, resulta que una vez que tienen plantado ya y todo, le dijo, cierran y no dejan que uno ni siquiera haga camino por la orilla. Dijo que a él le pusieron plantas hasta la orilla del estero, dijo, y dijo, ´yo ahí tenía un camino porque mi bueyes iban a tomar agua´ (...) Hizo camino por la orilla y después tuvo que estar en el juzgado (...) Si uno se arrepiente uno no los puede sacar, porque pa eso uno tiene que firmar todos esos papeles (Agricultor/a 1, La Punta).	
ASOCIADAS A CAMBIOS EN EL AGUA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Desconfianza respecto a calidad del agua	Celco	Riesgo para salud animal; Deterioro actividades domésticas y productivas; Desconfianza institucional	Mientras viva esa planta van a estar los daños, los mismos, van a haber… los animales van a, igual van a ir –digamos- a lo mejor abortando, saliendo desfigurados los animales, todo eso siempre va a existir mientras viva esa planta, porque no ha habido ni una cosa que lo pueda… que las pueda… que pueda cortar eso, ni una, ni una cosa, no hay caso (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao
		Riesgo para salud humana: contaminación plantas medicinales;	No he ido a ver plantas nuevas, ni tampoco las tomaría aunque crecieran plantas nuevas dentro del humedal, porque eso ya no es lo mismo, no tiene el mismo, como te dijera, la misma sanidad (…) Si nacen nuevas plantas medicinales ahí yo no las voy a ir a consumir (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
		Riesgo para salud humana: cáncer;	Teníamos olores en el agua, teníamos mucho sedimento en el agua, eh… tenía altos contenidos de hierro (…) Entonces mucha gente lo asociaba con el tema de… de la contaminación de Celco. No me consta, pero	Tralcao

			sí podría haber sido… muchas enfermedades también que de repente aparecieron… probablemente hay muchas personas que tengamos, o tienen, o van a tener algún cáncer (Dirigente 3, Tralcao).	
		Riesgo para salud humana: dermatitis e irritación de ojos;	Y hasta el día de hoy los chicos se van a bañar durante el verano (…) entonces se van al río los cabros y los más chiquitos sufren algunos tipos de alergias (...) Todavía. Hasta al menos el verano pasado. Y que les pican los ojos, que de repente una picazón en la espalda, les salen unos granitos pero desaparecen, entonces es porque hay algo en el agua. Porque uno conversa ahora con los chicos, '¿tienes algo en tu cuerpo?, no, nada'… pero curiosamente esto sucede durante la época de diciembre, enero y febrero (...) y los chiquititos que se van a bañar y vuelven mojados, y al otro día andan 'ay, que…' y los ojos rojos, y antes uno, yo buceaba debajo sin mascarilla, sin nada, y no se me ponían los ojos rojos precisamente. Estoy hablando de (…) 10 años atrás, 15 años atrás… era totalmente inocua el agua. No te digo que era una maravilla, te reitero, no era un agua tan tan limpia, pero no estaba tan contaminada tampoco (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
		Deterioro calidad del agua del humedal; Desconfianza institucional	Si uno sale aquí a las seis de la mañana pa afuera se nota, porque aquí el río tiene marea, sube y baja, entonces cuando baja, bajan todos los desechos, y después (…) empieza a subir a esa hora en la mañana (…), toda esa espumería viene de regreso, llega a dar pena cómo viene esa espumería, como igual que cuando tú lavas así y botas las primeras lavazas así, así viene la espumería, todos los días (...) Si hay días… tú	Tralcao, Puerto Las Vigas, San José de la Mariquina

			miras, en la superficie se nota (…) y se nota ese tipo de aceite que va encima también (...) Entonces eso es lo que pasa con la celulosa, que *no* deja de tirar los desechos al río, nunca se va a recuperar (Agricultor/a 1, Tralcao).	
	Planta de tratamiento	Deterioro calidad del agua del humedal; Riesgo para salud humana	Ahora dicen que todo el desecho de… no ve que en Pelchuquín hicieron alcantarillado y pusieron una planta de tratamiento… como a mitad de camino, más arriba, y ahora todas esas aguas llegan aquí. Claro que dicen que ya vienen todas purificadas… pero vamos a ver si es tan así (...) Resulta que tenemos agua potable y la agua potable, porque ahí hicieron un pozo profundo no sé como a 60 metros... 45 metros... y nosotros tenimos la idea de que es la misma que hay del río porque sale así amarillenta, no es clara. Entonces tenemos la idea de que es la misma napa que tomamos de esa agua, entonces yo no tomo ahora (...) Porque (…) me tinca que viene con los desechos de Pelchuquín, la que viene del agua potable de La Punta (Agricultor/a 1, La Punta).	Estero San Antonio, La Punta, Pelchuquín

Extracción de aguas superficiales	Viveros	Escasez hídrica	Ahora hay menos agua. Pero nosotros siempre culpamos a las empresas que están sembrando los lilium, la empresa que está en Pelchuquín, Sone, ellos cultivan los lilium, y tienen aquí en estos fundos arrendados y siembran. Ellos sacan agua día y noche, funcionan día y noche esos motores sacando agua del río y han bajado mucho las aguas. En un tiempo más, usted viene, ahí en La Punta, eso va a estar seco, puro barro. Ahora hay agua porque ha llovido y porque todavía no ha habido tanta sequía, pero por ahí por diciembre (…) las vegas se ven secas, se ve la pura agua de aquí donde nosotros vamos (...) En el verano ni aunque usté riegue porque las vegas están secas, secas (Agricultor/a 1, La Punta).	La Punta, Pelchuquín
Contaminación		Deterioro actividades domésticas y productivas	Aquí en la esquina había una sala de procesos de las señoras de Tralcao, que la habían ganado a través de Prodemu parece, y fabricaban mermeladas y conservas, pero tuvo que parar, está más de diez años parada por la calidad del agua. El Servicio de Salud no les da autorización sanitaria porque el agua es mala (…) Como doce años… Diez o doce años (*fue la última vez que les dieron autorización*) Antes de la catástrofe (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
ASOCIADAS A CAMBIOS EN EL AIRE				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
"Polvillo"	Celco	Deterioro actividades domésticas y productivas; Riesgo para salud humana: contaminación frutas y hortalizas	Antes de consumir los productos, hay que empezarlos a lavar bien, a lavar bien, cosa que salga todo ese polvillo, pa poder comer un producto sano. Entonces no es tan así de que si… como lo consumíamos antes que íbamos a buscar una fruta y las comíamos así no más. ¿Por qué? Porque sabíamos que era sana, hoy en día tenemos que echarle hartas	Tralcao, San José de la Mariquina

			lavaditas así, para poder no comer tantos contaminantes, a pesar que igual se introduce a la fruta, pero hay que lavarlas más (Agricultor/a 1, Tralcao).	
Lluvia ácida		Deterioro de actividades domésticas y productivas	Porque como te decía yo, aquí lo que más afecta son las lluvias ácidas, en el fondo. Hay tiempos que esa misma lluvia te mata las plantaciones. Yo tengo una plantación de cerezos, y muchas veces se ve harto afectada porque te mata hasta los árboles (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao, San José de la Mariquina, Pufudi, Pelchuquín, La Punta
Mal olor		Riesgo para salud humana; Riesgo para la calidad de vida	Un día fui a San José, no hace mucho, harán 15 días atrás, con pleno sol, pero sabe que llegaban a doler los ojos, estaba peor que en Santiago… pero un olor, pero fuerte, fuerte, y un olor hediondo, no es una contaminación de la estufa ni de la chimenea, ni una cuestión... es una cuestión hedionda, hedionda, a químico (Agricultor/a 1, Tralcao).	San José de la Mariquina
Contaminación	Pesticidas de actividad agrícola	Deterioro actividades domésticas y productivas	Sí, hemos tenido de repente la… porque aquí (…) hay una persona que siembra aquí en Tralcao (...) que arrienda varias parcelas acá y las siembra, entonces de repente ellos riegan esos pesticidas, y eso me acuerdo que una vez a nosotros nos dañó la huerta, porque justamente sembró allá y (...) con unas maquinitas, y el viento venía para acá, entonces nos jodió un poco las huertas a nosotros igual (Dirigente 2, Tralcao).	Tralcao
ASOCIADAS A AGRICULTURA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Contaminación	Pesticidas	Deterioro actividades domésticas y productivas; Riesgo de plaga San Juan café	Donde los productores usan bastante químico también ha cambiado. Porque ahí empezó a salir lo que es el gusano blanco, que son… en el fondo son unos sanjuanes ya más café, más negro (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao

		Riesgo salud animal; Deterioro actividades domésticas y productivas	Lo hemos comentado con otras personas acá que tienen por ejemplo hartos animales, y de pronto los animales se enferman y mueren. Entonces uno lo asocia con 'a lo mejor yo regué un líquido'… porque (…) como la murra es declarada una plaga, se está utilizando harto los herbicidas para matar la murra (…) hay que tener un periodo de resguardo, diez o quince días o más. Pero de repente igual… '¿o será el vecino que le echó líquido al trigo, o será el otro que arrendó?' No sé, queda la duda porque mueren corderos chicos (…), terneros chicos, sin causa aparente, o sin (…) algo que a ti te diga 'el ternerito nació enfermo', no. Entonces igual lo hemos comentado con agricultores de la zona y también no sabemos por qué, porque a lo mejor hay contaminación en el pasto, porque hay estudios científicos pero nadie por ejemplo viene a estudiar lo que hay en la tierra… sé que del sedimento marino, del río, han sacado muestras y ahí hay elementos nocivos. No sé en el suelo, no sé qué hay en el pasto, no sé lo que puede haber en el agua lluvia, en el agua de las vertientes, no lo sé (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
		Deterioro actividades domésticas y productivas; Cambio en dieta alimentaria	En las alimentaciones naturales teníamos el pez, el camarón, las aves. Frutas, una diversidad de frutas, tanto silvestres como locales (...) La gran parte ya no se consumen esos productos (…) Una que se ha perdido y lo otro que lo que hay puede que esté todo infectado y uno lo deja de consumir. Uno trata de consumir lo que uno cultiva y lo que tiene poca permanencia en la tierra (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao

ASOCIADAS A ASPECTOS PSICOSOCIALES				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Pérdida de tradiciones comunitarias	Contaminación	Pérdida de prácticas tradicionales	La vegetación que siempre uno iba a buscar, estos juncos que dan una cosa café arriba, un pompón precioso, lo usábamos para hacer adornos, arreglos, para la capilla en época de navidad… los actos que hacía el colegio, poníamos unas hojas de ñocha y eso se veía precioso. Y todo eso empezó a morir… café… la totora, que la gente la utilizaba antes para calafatear las pipas donde guardaban la chicha, pipas de madera, en vez de ponerle estopa le ponían esa totora y le echaban agua caliente y las duelas se expandían y eso quedaba sellado impecable, todo eso empezó a morir (...) No, en la actualidad no. Ya no existe el junco este… totora que le llamaban, para hacer estos… tapar las duelas (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
	Contaminación	Debilitamiento de la cohesión social; Riesgo para la calidad de vida; Obstaculización para uso de muelles y transporte fluvial; Obstaculización para el desarrollo de actividades recreativas	El contacto que teníamos nosotros como comunidad en general era una cosa tan bonita en el humedal, porque nosotros todos los años nuevos se juntaba la comunidad casi completa abajo en el puerto y nos bañábamos todo el día. Era una cosa tan hermosa, que eso se perdió una vez que ya quedó tan cochino ese río (…). Uno se balseaba, pasaba en bote pal otro lado y había unas partes bajitas y uno veía todos los pececitos que andaban, pero que era hermoso, era bonito antes. Una vez que ya se echó a perder todo eso no, no daban ganas (...). Pero nos juntábamos, nos bañábamos, llevaba comida la gente, compartíamos, pero era un hermoso día de año nuevo, navidad también, se juntaba toda la gente. Y después ya así todos los fin de semana o todos los días se iban a bañar los niños ahí al río, y	Tralcao

			ahora ya no (Dirigente 2, Tralcao).	
Divisiones intra y entre comunidades	Celco: pago indemnizaciones a particulares	Debilitamiento de la cohesión social; Riesgo para el monitoreo del humedal	Igual hay división ahí, igual afectó a la comunidad el cambio ambiental-psicológico (…), social y psicológico, afectó a esas comunidades, porque ya no es lo mismo que antes (…) en la parte social ya no comparten como compartían, porque si tú recibiste plata te dicen '¡ah, tú te vendiste huevón!' (...) Porque antes de eso no pasaba eso, y la convivencia era sana entre toda la comunidad, llega Celco y (...) empiezan '¡no, que aquí, que no, que tú querís esto, que tú querís esto otro… no si tú qué cuidai, si no tenís por qué cuidar, si no está pasando nada, aquí lo que necesitamos es trabajo!' Entonces empiezan '¡necesitamos plata, si ahora Celco nos va a pagar un proyecto, qué peliai tú, déjalos que entren!' (...) Ahora mismo, me conversaban que iban a llevarlos por Celco a comer unos asados a cierta parte (...) Claro, los iban a invitar (...) y yo le dije 'no puede ser, porque eso no contempla lo que nosotros estamos pidiendo y lo que estamos exigiendo, por lo tanto no debe ser así'. Hay otra persona que dijo otras cosas y yo le dije 'no, a esa persona hay que desplazarla porque realmente si no sirve y si está atornillando al revés, hay que eliminarlas del sistema, del grupo'. Entonces hay cosas que de repente siguen distorsionando, ya sea porque 'es que usted dijo esto, es que usted dijo esto otro', y al final tratan de confundir a la gente (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao

	Celco: condiciones de presión económica	Debilitamiento de la cohesión social; Riesgo para la calidad de vida	Los que sufren más son los que están más cerca de la celulosa, que esos algunos ya no hablan porque los untan también, y hay otros que han preferido vender sus terrenos, se han ido. ¿Entonces qué prefieren?, ya, se los vende a la misma celulosa, les pagan bien, se van. Inclusive Celco estaba negociando aquí en Tralcao igual (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
	Comunidades: conflictos de interés a propósito de medida 5 (fallo judicial)	Debilitamiento de la cohesión social; Riesgo para la calidad de vida	La otra amenaza, que podría llamarse así, es el tema de estos recursos, la división de la gente. Y eso es grave en una comunidad, que la gente se enoje, que nos enojemos entre familias, y eso es una amenaza que está latente hasta que no se sepa bien cómo se van a distribuir estos recursos. Sabemos que aquí en este caso van a hacer (...) paneles solares, sabemos que otras comunidades quieren sedes, que otras comunidades quieren centros de eventos, etc. No sé, eso también es una amenaza en cuanto a la división social de la gente. Y eso también, como te digo, es grave (...) Hay gente que no está de acuerdo con los que se ha… hecho, por el tema por ejemplo de los paneles solares, gente que no está de acuerdo, querían otras cosas (…) y eso es un debilitamiento para las organizaciones sociales y para que una comunidad crezca (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
	Dirigentes: conflictos de interés a propósito de medida 5 (fallo judicial)	Debilitamiento de la cohesión social	Es bien poco lo que tienen que decirte pero en el momento cuando llega algo de plata, puta somos todos involucrados. Ahora te llega la plata de lo que es la demanda que se hizo a Celco, apareció un montón de comunidades pa recibir las platas y el que menos aportó es el que está recibiendo... el que quiere recibir mucho más y alegando por tal, tal, tal	Tralcao, Pufudi, La Punta, Linguento, Pelchuquín

			cosa. Y tu buscas los antecedentes, ¿hay algún antecedente sobre eso, sobre que alguien ha movido un dedo? ¡nadie! (Agricultor/a 1, Tralcao).	
Desconfianza institucional	Universidades	Incredulidad frente al accionar científico; Riesgo para monitoreo del humedal; Debilitamiento de la cohesión social	Aquí, ejemplo, tú salías para afuera por el lado del río… las ranas, andaban cualquier rana, cantan lindo… de repente se perdieron, de repente dijeron la información, dijo la Universidad Austral, 'se está recuperando el santuario', claro, salí pa afuera empezaron a cantar las ranas; '¡chuta – dije yo- se está recuperando el santuario, tienen razón esta gente!'. Antes de 15 días dejaron de cantar las ranas, ¡murieron las que introducieron! (*risas*) ¡No ve que también se encargaban de traer ranas y las tiraban ahí! ¿Pero cuánto duraban? Más de 15 días no duraban (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao, Puerto Las Vigas
		Incredulidad frente al accionar científico; Debilitamiento de la cohesión social: riesgo de que comunidades no sean escuchadas	Expresa su disposición a colaborar pero advierte que las comunidades exigen transparencia ya que existe un enorme grado de desconfianza hacia la universidad por la histórica omisión de información y la permanente nula disposición a trabajar en conjunto con las comunidades. Insiste en que no entiende por qué la universidad Austral ha permanecido trabajando de espaldas a las comunidades y reitera su interés de que esta vez no sea así (Reunión 1, Valdivia).	Tralcao
	CELCO	Debilitamiento de la cohesión social; Riesgo para monitoreo del humedal: prevalencia de criterios económicos por sobre criterios socioecológicos; Riesgo para la calidad de vida	Yo sé que ellos… por ejemplo el Consejo de Defensa del Estado ponía dos abogados y ellos ponían diez. El Consejo de Defensa del Estado hacía dos estudios de universidades chilenas, y ellos traían cinco estudios de universidades extranjeras. Entonces aquí lo que manda es la plata, sin medir las consecuencias en la vida humana, y lo más importante para un país es la vida humana, porque sin	Tralcao

			eso no hay desarrollo. Y eso es lo que hay que mejorar, la calidad de la vida de la gente del país. No así, no trayendo las divisas a costa de la enfermedad, de la muerte (Dirigente 3, Tralcao).	
		Desconfianza en la empresa; Riesgo para monitoreo del humedal; Riesgo para protección del humedal	A ver, hay antecedentes de gente que trabaja dentro de la planta, que no son de acá pero que tienen amigos acá por el fútbol, por x motivo, y comentan que la celulosa igual sigue contaminando y sigue por ejemplo tirando residuos en pozos que ellos dicen 'pozos profundos', que son para extracción de agua y dicen que no, que es para botar residuos. Y cuando, por ejemplo, van las autoridades a fiscalizar, lo único que hacen es mostrarles las partes más bonitas no más, e incluso algunas autoridades se han atrevido a tomar hasta agua de ahí de la que le dan. Pero obvio que no le van a dar algo malo, no le van a mostrar tampoco todo (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
		Riesgo para monitoreo del humedal: condiciones de presión económica	Aparte de eso, que hay científicos también que son coimaos, aunque uno diga que no. Hay dirigentes que son coimaos, hay personas que son incentivadas con plata, hay estudiantes que son incentivados con plata pa que digan lo contrario, si la cosa es así, ¿cierto? (Agricultor/a 1, Tralcao).	Tralcao
	Instituciones públicas: autoridades política medioambiental	Riesgo para monitoreo del humedal; Riesgo para protección del humedal	Conversé con un gallo del medioambiente sobre este tema, me dijeron(...) 'yo estoy consciente de lo que pasa, pero resulta que yo trabajo, yo tengo un sueldo, a mí me pagan, y me pagan por defender estas cosas, porque resulta que si no tenemos empresa no tenemos producción, no tenemos un sistema económico bueno aquí en Chile, entonces yo tengo que hacer oídos sordos, a mí me duelen esas cosas pero no puedo hacer nada; qué, si yo me pongo a alegar me echan pa afuera y	Tralcao

			se acabó el asunto' (Agricultor/a 1, Tralcao).	
	Instituciones públicas: Conaf y SAG	Riesgo para monitoreo del humedal	Porque el SAG tiene una… cada un año hacen un censo de población de aves, básicamente de cisnes, y la Conaf hace otro censo, y ninguno de los dos censos coincide. Uno dice que se mantienen y el otro dice que crecen, entonces es rara la cosa (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao
AMENAZAS TRANSVERSALES Y MULTICAUSALES				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Cambio climático	Tizón, chapes	Deterioro actividades domésticas y productivas	Hay cosas que de repente atacan, uno las culpa que… que también el cambio climático, que de repente hay mucho sol, hay mucha humedad, las papas se ven afectadas por tizón tardío, tizón temprano… no sé. De hecho hay un desequilibrio a nivel global, como también acá nosotros contribuimos, o Celco contribuyó, a desequilibrar más el tema. Entonces es un ambiente muy sensible (…) Aparte los cerezos son súper altos, entonces uno la deja ahí, a veces hay ataques (…) masivos de chapes al cerezo, que la cereza está madura y la hoja empiezan a… ya no queda nada, quedan las puras (…) nervaduras de las hojas, y los chapes se las han comido. O sea, hay desequilibrios que antes no eran tan notorios. Eso es lo que te podría comentar en cuanto a lo que yo me he dado cuenta en mi campo, y los comentarios igual de la gente (…) Pero acá estamos en un ambiente bien sensible. Tralcao está en un ambiente sensible, los sectores que están más cerca están peor. Sabemos que hay sectores ahí… están aledaños a la planta, donde hoy día no se produce absolutamente nada (Dirigente 3, Tralcao).	Tralcao

Tabla 4.14.9. Amenazas del sector Norponiente del HRC.

AMENAZAS NORPONIENTE				
ASOCIADAS A FLORA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Aumento plantas acuáticas	Huiro	Obstaculizan acceso a muelles y uso de transporte fluvial.	La gente no anda en el río por los huiros, los botes no pueden ni andar porque hay tanto que se quedan atascados (Habitante 1, Iñipulli).	Iñipulli
	Nueva planta acuática		Yo creo que ha habido un cambio de flora. En la medida que desapareció el luchecillo, no sé si fijaron, después cuando venían del fuerte para acá, esto era puro luchecillo. Desapareció el luchecillo y ahora hay una planta que se le ven unas hojas medias duras así para arriba y da una flor blanca arriba, y se está poblando entero. O sea, esto se va a llenar con esa flor, no sé el nombre de la especie (Profesional 1, Santa María).	Santa María
Plaga de murra	Murra	Obstaculizan acceso al humedal.	Dice que ya casi no se ve el humedal porque está lleno de murras y que está sucio (Dirigente 1, Iñipulli).	Iñipulli
ASOCIADAS A FAUNA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Disminución fauna nativa	Puma	Depredación avifauna: Cisnes	Y el lión también hacía daño ahí, porque aquí antes la parte del bosque con la pradera se comunicaba por un camino que había aquí (...). Sí, pero después Ecología lo mandó a cortar para que no haya "trajín" por aquí. Entonces ahí había un relleno y ahí se subían los cisnes a dormir y entonces ahí el lión los pescaba. Y una vez hicimos un retículo ahí y estaba lleno de plumas debajo de las quilas, se los comía ahí debajo (Oficio 1, San Martín).	San Martín
Introducción especies exóticas	Visón	Depredación fauna nativa: Coipos	Lo que no se ve ahora es coipo, a pesar de que lo están….cómo se llama…conservando, no se ve. Y según dicen que el visón los come cuando están chiquititos (Oficio 1, San Martín).	San Martín
		Depredación fauna nativa: Cisnes (huevos)	Ahora dicen que las camadas de los cisnes se los están comiendo los visones (Agricultor/a 1, Locuche).	Locuche
		Depredación fauna doméstica: Gallinas	Están invadidos de visones. A ella la han ayudado sus perros para ahuyentarlos, dice que se seguramente como se comen los huevos que ponen sus gallinas también se comen los de los cisnes. Dicen que en Cuyinhue, como está al lado del agua, a harta gente el visón les han comido las aves (Bitácora 27, Locuche).	Cuyinhue, Locuche
Pesca ilegal	Pescadores	Disminución ictiofauna	Todavía hay gente que va a pescar lisas al río. Él conoce a un vecino (…) que vende lisas que saca del humedal, e incluso se comía los cisnes (Bitácora 26, Locuche).	Locuche
Caza ilegal	Cazadores	Riesgo para fauna nativa	Aquí a veces en el verano a las dos o tres de la mañana andan cazando en esta zona, de Valdivia vienen. Esta misma gente que viene acá donde fue escuela a veces en vigilia vienen cuarenta, sesenta personas de todos los sectores, o sea de Valdivia de todos lados, gente de población y sabe que gente desconocida y se ponen a cazar, van vienen se bañan, por el lado de abajo si pasan al puente a bañarse, gente totalmente desconocida y no sé con	Locuche

			qué idea vendrán, pensarán que van al campo como tienen la idea… voy a ir a cazar al campo y aparte voy a la vigilia, así que se amanecen ahí (Agricultor/a 1, Locuche).	
	Cazadores	Riesgo para fauna nativa: zorros	Los zorros igual, los zorros están en peligro de extinción, o sea también está prohibido (Agricultor/a 1, Locuche).	Locuche
	Cazadores	Riesgo para fauna nativa: Coipos	Hay pero pocos [coipos], en este río hay. Hay sectores en que los han cazado todos (Agricultor/a 1, Locuche).	Locuche
Disminución abejas	n/a	Deterioro actividades domésticas y productivas	La apicultura murió prácticamente, que es impresionante como se han ido muriendo las abejas. Por ejemplo el año pasado o antepasado él tenía 20 o 30 cajones y ahora le quedan sólo 2, que antes él vendía miel y ahora no tiene casi nada porque las abejas se murieron. Él cree que pasa algo en el ambiente porque fue poco a poco y dice que en el sector no fue tan grave como a nivel comunal, que ha sido un desastre. A su cuñado le pasó lo mismo, compró muchos cajones y el año pasado se le murieron todas (Bitácora 26, Locuche).	Locuche
Plagas	San Juan	Deterioro actividades domésticas y productivas	Y el San Juan también sale media hora o una hora y se va antes de que se esconda el sol...[la plaga está] hace como 3 años. Está en el suelo, dicen que hace daño como por debajo de la tierra. En partes donde hay harto el pasto como que se seca y queda pura tierra y cuando uno camina como que se hunde (Oficio 1, San Martín).	San Martín
	Gusano verde	Deterioro actividades domésticas y productivas	También cuenta que en verano se secan los frutales porque hay un gusanito chiquitito y verde que seca los cerezos, ciruelos y guindos, que ese bichito es reciente y que antes no pasaba eso (Bitácora 30, Cuyán).	Cuyán
ASOCIADAS A EXPANSIÓN FORESTAL				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Plantaciones de eucalipto	n/a	Escasez hídrica	El problema son también las forestales, por eso no tienen agua en el verano. Dice que si su vecina lava más de la cuenta ella tiene que esperar un rato para poder lavar, así que tienen que cuidar mucho el agua y entre todos. Dice que en Cuyinhue y Cuyán el tema del agua es crítico, porque ahí los pozos están secos, y que lo mismo pasaría en Iñipulli pero que por suerte ellos pueden recurrir a los esteros Bitácora 30, Cuyán).	San Martín, Iñipulli, Cuyán
	n/a	Cambio en el uso de suelo	El cambio en el uso de tierra ha sido drástico y lamentablemente contra eso no se puede hacer nada, porque como no hay una ley que impida vender los campos agrícolas las plantaciones forestales, los están acorralando. Y como a la gente se le está acabando la leña y además los jóvenes se están yendo del campo, no les queda otra opción que vender a las empresas forestales (Bitácora 26, Locuche).	Locuche, Cuyán

	n/a	Pérdida de paisaje	Ahora si yo voy en mi entorno físico, que es todo esto que yo veo acá, nunca han existido estos eucaliptus. Claramente usted antes veía una pampa, veía arboles nuevos recién saliendo de esos arbolitos, digüeñes, los hualles. Antigua, antiguamente, porque aquí se hacía las misas, había inclusive hasta una cruz que se conservó un buen par de años aquí donde la gente iba a hacer la procesión y después volvía. Esos son los cambios en cuanto a los eucaliptos y esas cosas. Uno iba para abajo, porque yo también estudié en el colegio de Locuche, eran unas pampas preciosas, praderas hermosísimas, ahora no, ahora todo eso ya se perdió. Ahora eso afea todo lo que es el paisaje (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán
Pérdida de hábitat	n/a	Riesgo para fauna nativa: aves	Acá a mi hermano las palomas le empiezan a comer las cerezas verdes! Y eso no sé por qué será….será que no tienen alimento porque no tienen bosque, eso tendrá que ser. Bueno, aquí cuando tiene el fruto el olivillo ahí llegan las palomas a comer…y eso es en abril-mayo cuando el fruto está maduro. Pero ahora últimos años tampoco los árboles dan frutos en cantidad, no sé por qué. Igual los hualles, o sea el roble, daba semillas cualquier cantidad antes, y ahora dan una que otra semillita…no se por qué. Será por los aires contaminados será, no sé…o será por las plantaciones de eucalipto (Oficio 1, San Martín).	San Martín
Contaminación	Pesticidas	Disminución de digüeñes	Antes esta zona y hasta Cuyán era zona de digüeñes, habían muchos y ahora no hay casi nada. Dice por ejemplo que en el camino de San José hacia Cuyán, recuerda cuando él era joven que en vísperas de fiestas patrias se veía una caravana de gente recolectando digüeñes. Y que ahora no se ve nadie. Piensa que eso no sólo se debe a la celulosa, que también pueden haber afectado las fumigaciones (Dirigente 1, Locuche).	Locuche
		Riesgo para salud humana	Comentan también respecto de los métodos de fumigación que utilizan las empresas forestales y el miedo que les genera no saber si pueden consumir los alimentos que cultivan ya que reciben directamente los químicos en sus huertas Bitácora 4, Iñipulli y Cerro La Marina).	Iñipulli, Cerro La Marina
		Deterioro actividades domésticas y productivas	Dice que las forestales han causado mucho daño, que las huertas se han visto afectadas y que las frutas ahora son más desabridas. Que cree es por los químicos que ocupan y por el agua que consumen los árboles, pero que también hay menos abejas porque hay menos bosque nativo. Cuenta que una vecina que le instalaron al lado de su predio una plantación no pudo sembrar nunca más. Dice que ellos se dan cuenta de esos cambios porque siempre han vivido de una forma y han probado la fruta de los mismos árboles y que si cambia el sabor o no tienen agua ellos saben que es por eso (Bitácora 23, Iñipulli).	Iñipulli, Cerro La Marina
	Polvo en suspensión	Deterioro de la calidad del aire	A ver, la plantación no porque los árboles están plantados ya, uno no le puede hacer nada a eso, claro la visión es cuando empiezan las cosechas porque el polvo que hay es pero espantoso, entonces uno sale y queda como chocolito. Si antes era peor porque antes había ripio y uno ya se acostumbraba a eso, pero ahora pasan los camiones fuertes de repente y piedrada da susto esa cosa,	Cuyán

			para poder transitar ya es peligrosos, para andar en bicicleta ya se complica un poco (Dirigente 2, Cuyán)	
ASOCIADAS A ACTIVIDAD AGRÍCOLA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Fumigaciones de la Agroindustria	Pesticidas	Deterioro actividades domésticas y productivas	Acá han llegado muchas plantaciones, como los arándanos de extranjero, entonces esos árboles, como las frutícolas, esos árboles han traído peste (...) Entonces esos árboles, acá yo tenía una frutícola y tuve que reclamar porque contaminaba, o sea fumigaban hasta cuatro días a la semana, a veces hasta las doce de la noche, entonces pasaba el tractor ahí, la fumigadora. Entonces yo reclamé un día ahí y le dije que en la noche a mí me molestaba ese ruido. Porque es una máquina que suena mucho y me dijo que había que fumigar porque en la noche no había viento, yo le dije que yo iba a denunciar si no paraban (Agricultor/a 1, Locuche).	Locuche
ASOCIADAS A CAMBIOS EN EL AGUA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Desconfianza respecto a calidad del agua	Habitantes de San José y empresas forestales	Riesgo para salud humana	En Cerro La Marina, (...) explica que tienen dos esteros. Uno de esos, que viene desde San José, está contaminado y ella por eso no saca agua de ahí. En ese estero se ha bañado gente y ha salido con granos en la piel; al agua le aparecen “motas” amarillas. El otro estero en cambio, es más limpio porque viene de las quebradas aunque igual ella percibe que se ha contaminado con los químicos de las forestales (Bitácora 4, Cerro La Marina).	Cerro La Marina
	Celco	Disminución fauna nativa	Ella no cree que el humedal se esté recuperando porque en comparación a lo que ella veía antes, por ejemplo cuando ella viajaba en bus a Valdivia, ahora casi no se ven pájaros, cisnes en particular dice que había muchísimos y ahora nada, así que la celulosa todavía es una amenaza para ellos (Bitácora 30, Cuyán).	Cuyán
Descarga residuos domésticos	Habitantes de las localidades	Deterioro calidad del agua del humedal	Y la gente muchas veces tiene pozos sépticos que los han construido cerca del agua por desinformación, y la suma de eso también contamina el río. Problemas de basura no tienen en el sector porque el camión pasa cada 15 días, entonces a veces se desbordan los contenedores o viene gente de afuera a dejar basura, pero no lo reconoce como un problema grave. Sin embargo dice que todavía está la costumbre en algunas partes de enterrar la basura y que cuando se está por llenar un pozo séptico la gente le mete todo lo que es más difícil de deshacerse (fierros o envases por ejemplo) y terminan de llenar el pozo con esa basura, y eso muchas veces está cerca del agua (Bitácora 30, Cuyán).	Locuche, Iñipulli, Cuyán

Descarga residuos agrícolas	Lecherías	Deterioro calidad del agua del humedal	No sólo la empresa es responsable de la contaminación, los mismos agricultores también contaminan el río. Dice que hay muchos fundos que tiran sus RILES al rio, que eso pasa en esta zona sobre todo los lecheros, y que si no lo hacen directamente al río descargan en afluentes que llegan al río igual. En la zona ahora recuerda que hay dos lecherías no muy grandes: una en Cuyinhue que funciona todo el año y otra en Cuyán a orilla del río que funciona desde septiembre-octubre hasta marzo, porque es campo inundable entonces no entrega leche el resto del año (Bitácora 26, Locuche).	Locuche
Descarga de aguas servidas	Planta de tratamiento de aguas servidas	Deterioro calidad del agua del humedal	Respecto de la contaminación del humedal ahora todos le echan la culpa de todo a la celulosa, pero que elle cree que hay más responsables. Por ejemplo duda del buen funcionamiento de la planta de tratamiento de San José porque ha tenido varios problemas, parece que ahora funciona mejor pero sabe que antes del año 92 más o menos no había planta así que todo se descargaba directamente al humedal (Bitácora 30, Cuyán).	Cuyán
Cambios en el nivel del agua, aparición y desaparición de islotes	Sedimentos, extracción de áridos	Pérdida de tradiciones familiares y comunitarias	Ya. Pero todo ese alrededor de la isla era agua, para pasar a la isla tenía que pasar nadando. De hecho nosotros no teníamos acceso a la isla caminando, ahora uno lo pasa caminando, pero era bonito, era para la vista de uno como niño (….) O sea si yo lo comparo con ahora (….) claro que de ahí sacaron ripio y todo el cuento y eso hizo a lo mejor que se secara un poco, pero habían unos pozones que nosotros nos bañábamos ahí, lo pasábamos súper bien, pero había que cruzar para allá para el otro lado. Los gansos siempre pasan par allá para ese lado de la isla y uno como cabro chico lo mandaban a uno allá a sacar todo eso (Dirigente 1, Cuyán).	Cuyán
Sedimentación	n/a	Deterioro calidad del agua del humedal	También porque el río bajó de nivel o se secó un poco, ella no sabe por qué pero lo nota mucho sobre todo ese barro que se pega y el agua media sucia (Bitácora 24, Iñipulli).	Iñipulli
ASOCIADAS A CAMBIOS EN EL AIRE				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Lluvia ácida	n/a	Deterioro actividades domésticas y productivas	Bueno los… son árboles de 80 años ah, y empezaron a morirse, o sea como a perder la acícula, y nosotros qué cresta, qué raro, porque un árbol tan adulto no… no era un problema de taladradores no más. Eh… con turistas acá estuve y les pregunté si… mira los abetos qué raro. Me dijo: "los primeros indicadores de lluvia ácida en Europa son los abetos" (Profesional 1, Santa María).	Santa María, Cuyinhue
ASOCIADAS A ASPECTOS PSICOSOCIALES				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Desconfianza institucional	Celco	Riesgo para monitoreo del humedal	Lo primero que quiere saber (…) es quién se encargará de hacer los monitoreos al humedal, porque él había entendido que la misma empresa lo realizaría y eso no le parece correcto, ya que Arauco no debería ser "juez y parte" (Bitácora 26, Locuche).	Locuche
		Deterioro calidad del agua del humedal	Arauco los ha invitado a la planta dos veces, una por la junta de vecinos y otra por la escuela. Que en esas visitas les mostraron el agua limpia, pero que ellos saben que de noche tiran el agua mala directo al río y que producen más de lo que tienen permitido.	Locuche

			Entonces le encuentran razón a gente de Mehuin porque ellos viven y dependen del agua (Bitácora 27, Locuche).	
		Cambio en el uso de suelo, pérdida de paisaje	Él cree que Arauco utiliza palos blancos para que no se note que son ellos los que están comprando todos estos terrenos. Dice que el Fundo Cuyinhue que ahora es de ellos antes fue de un chino que nadie conoció nunca, ahora un suizo compró un predio en Cuyán y le parece obvio que en poco tiempo más va a estar plantado, no cree que un suizo vaya a venir hasta acá a comprar un predio para plantar pinos. Y el negocio para Arauco en cambio es obvio, porque están al lado de la planta (Bitácora 27, Locuche).	Locuche
	Instituciones del Estado: Carabineros y CONAF	Riesgo para la protección y monitoreo del humedal.	Nombra a los cazadores, gente que n6 es del sector sino de afuera que llegan a cazar patos y a pescar, dice que han visto a carabineros vestidos de civil de San José y que cuando han avisado a CONAF ellos responden que no pueden hacer nada y que llamen a carabineros, entonces ellos se preguntan cómo es posible que nadie se haga responsable de cuidar el humedal. Dice que le indigna la irresponsabilidad del Estado, que ella está enojada con el Estado porque son los responsables de esta tragedia porque ellos son los que autorizan a las industrias a instalarse y que después de que dejan la embarrada no hacen nada, y que ahora se vienen a hacer los héroes (Bitácora 23, iñipulli).	Locuche, Iñipulli
	Celco y universidad	Riesgo para monitoreo del humedal	Comentan también sobre la desconfianza absoluta hacia la empresa y hacia la UACH, porque les parece evidente que si la empresa paga el estudio, luego querrán editar la información que se publique (Bitácora 4, Iñipulli y Cerro La Marina).	Iñipulli, Cerro La Marina
	Instituciones del Estado: INDAP	Cambio en el uso de suelo, escasez hídrica, pérdida de paisaje	Entonces yo le dije, oiga caballero pero a usted le parece esta cuestión de que ellos mismos estén promoviendo esta cuestión de repartiendo plantas porque había que anotarse, uno quiere cien plantas de eucaliptus, otro quiere doscientas… entonces había que anotarse los agricultores para ver cuánto quería cada uno. Entonces yo le dije si reclamamos, esto no puede ser le dije, hay personas que están en contra, está bien que en los faldeos por ahí pero… Así que reclamamos esa vez nosotros. Ya señora (...) me dijo… y ahí estaba el hombre como era un dirigente importante ahí en Mehuín, le dijo: No a mí me parece que eso que están haciendo ustedes no debe ser. No tiene que estar promoviendo las plantaciones de eucaliptus. Y es el mismo programa de gobierno, si Prodesal es Indap municipal y después ya de ahí como que nunca más dieron, empezaron a dar árboles nativos, dieron coihue, raulí, repartían así nativo (Agricultor/a 1, Locuche).	Locuche

Divisiones intra y entre comunidades	Celco: pago indemnizaciones a particulares	Debilitamiento de la cohesión social; Riesgo para monitoreo del humedal	Ese cobró una indemnización. A mi me contó una…. Bueno todo el mundo sabía porque yo una vez estuve en un programa de turismo que se llama… estuve participando en la "Selva Valdiviana", una cosa así…estuvimos bastante rato ahí, ese gallo era dirigente de ahí y ahí todos ellos sabían, todo el mundo supo que cobraban como cincuenta millones y después vino una señora de Punucapa acá que andaba de pareja con un caballero que trabajaba en la celulosa, un señor ¿cómo era que se llamaba? Que es dirigente de la UDI el viejito, que era presidente del partido de la UDI… No me acuerdo. Y en ese grupo andaba con (...), el sociólogo que también trabajaba en la celulosa, entonces ahí me contó que se había cobrado y la cuestión, pero que no era tanto el daño que habían hecho sino que era por como todos estaban así cobrando multas, bueno y ese gallo cobró esos cincuenta mil pesos a través de una junta de vecinos y se fueron con la plata (Agricultor/a 1, Locuche).	Locuche, Cuyán
	Dirigentes y Estado: conflictos de interés a propósito de medida 5 (fallo judicial)	Debilitamiento de la cohesión social	Dice que hay sabe que es imposible que la planta se vaya, pero que sí hay cosas que hay que exigirle a Arauco. Dice que ahora que está el fallo y las platas para la compensación, ha llegado gente diciendo que ellos son los que habían logrado el juicio y que los de la comunidad no habían hecho nada, que no se habían ido a manifestar. Él no está de acuerdo porque cuando estaban las manifestaciones en contra de la instalación de la planta, él mismo le llevaba pan a la gente de Mehuin que había organizado tomas para impedir que se tomaran las muestras. Y dice que en ese mismo tiempo en Valdivia fueron tratados como ignorantes porque no querían el progreso para la Región, que incluso la gente que después formó agrupaciones ecologistas los trataban así. Dice que ellos recién pararon las antenas cuando quedó la embarrada con los cisnes, no cuando había gente que se estaba oponiendo a la instalación de la celulosa (Bitácora 26, Locuche).	Locuche
ASOCIADAS A AMENAZAS TRANSVERSALES Y MULTICAUSALES				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Migración rural urbana por desempleo y envejecimiento de la población	n/a	Pérdida de tradiciones familiares y comunitarias	Cree que la esquila en la orilla del río se ha dejado de hacer no sólo por la contaminación, sino también porque ya no quedan mujeres mayores que continúen con la tradición, porque ya no hay tanta gente que tenga ovejas y los que tienen no les interesa la lana, no saben qué hacer con ella y es más barato comprarla. Además mucha gente se ha ido del campo, los jóvenes sobre todo prefieren irse a la ciudad donde hay más trabajo y después no vuelven (Dirigente 2, Cuyán).	Cuyán
Cambio climático	n/a	Cambios en actividades domésticas y productivas	Pero eso es el cambio climático, los esteros están bajando el nivel del agua, acá mi estero ha bajado digamos más o menos aproximadamente estos últimos años un metro y el año antepasado, no, tres años atrás hubo una sequía ¿No sé si se acuerda? Mucho calor y ahí se veían las raíces, ya no quedaba agua, se veían las raíces de los árboles que están ahí en el agua, las pataguas, todas esas, pero eso es normal por el cambio, estamos con otro clima, ahora por ejemplo yo tengo fruta en la higuera que	Locuche

			antiguamente acá no se daban porque era frío si esas son del norte y ahora maduran las higueras, maduran las uvas bien maduras (Agricultor/a 1, Locuche).	

Tabla 4.14.10. Amenazas del sector Suroriente del HRC.

AMENAZAS SURORIENTE				
ASOCIADAS A FLORA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Aumento plantas acuáticas	Algas	Obstaculizan acceso al río.	De hecho si tú lo miras por ejemplo el puente Cayumapu hoy día tú vez el río y todo el humedal es flora, como que ya no ves agua. Hay mucha alga y poca agua (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
Plaga de murra	Murra	Obstaculizan acceso al humedal.	Yo dije de aquí en adelante ustedes mandaran a cortar murra, porque yo ahora ando cortando murra que no me crezca- Ahora ya en octubre, noviembre tengo que fumigar, eso lo hago yo sí, compro el líquido no más y tengo la bomba todo, esos trabajos los hago yo (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
ASOCIADAS A FAUNA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Introducción especies exóticas	Visón	Depredación fauna doméstica: Gallinas	Sí, sí sí…aquí al vecino de aquí al lado, un hombre que tiene un pedacito de tierra, le comieron todas las gallinas (...) eso hará unos 5 a 6 meses atrás. Y bueno ahí abajo en el camino los hemos encontrado cuántas veces! (...) Sí, si mi señora me dijo un día "mira el gato!" y yo le dije "qué gato! Tiene las patitas cortitas y la tremenda cola! Ese no es un gato es un visón!". Cuando nos fuimos acercando, claro! Se nos ha cruzado como 3 veces, aquí en el puente y allá donde hay una casita amarilla al salir allá, bueno ahí a ese hombre también le comieron todas las gallinas (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco, Cayumapu
	Perros vagos	Riesgo para fauna doméstica	Lo que también es un problema son los perros vagos que van a botar a Cayumapu y con hambre se meten jaurías en los campos y matan a los animales (Agricultor/a 1, Cayumapu).	Cayumapu
Caza ilegal	Cazadores	Riesgo para fauna nativa: Patos	La otra vez iban en bote a cazar, porque patos han andado hartos ahora (…) Sí, yo un día llamé a carabineros, así que carabineros se fueron por tierra y Conaf se fue en su lancha pa… así que los detuvieron, los encerraron antes de llegar al puente de Cayumapu, ahí los encerraron. No, nosotros vemos que andan botes disparando ahí y nosotros ligerito… si pues (...) Hará un mes atrás, nosotros con los vecinos allá que tienen casas pal río, no estamos de acuerdo, vemos botes que andan disparando nosotros le llamamos a carabineros (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
	Cazadores	Riesgo para fauna nativa: Coipos	Por años tuvimos mucha cacería de coipos, no nuestra si no que aquí hay gente que ¡de toda la vida! Acá a punta de escopeta los sacábamos, tú los veías en el río cazando (Profesional 1, Rebellín).	Rebellín, Cayumapu
Sobrepoblación de aves	Loros	Deterioro actividades domésticas y productivas	Pero los pájaros toda la vida andan picando la fruta, la cereza sobre todo, si inclusive y antes de que cuando los árboles estaban en brote, era una plaga de loros (…)Tremendo, pero bandadas, le comen el	Cayumapu

			brote a los castaños, a los cerezos(…)Este año se vio más, por eso todos los que siembran trigo por allá los fundos tienen, yo no sé si serán a carburos o a gas, unos cuetazos fuertes que dan para que arranquen los pájaros (Habitante 1, Cayumapu).	
	Torcazas	Deterioro actividades domésticas y productivas	Torcazas también, este año por lo menos también se vio mucha torcaza y uno no las va a matar… entonces estamos entre la espada y la pared, nos comen los brotes de los árboles, no se pueden cazar (...) (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
	Peucos	Deterioro actividades domésticas y productivas	Lo otro que este año llegó harto por allá han sido los peucos, también nos hizo mucho daño en las aves, sabe que se tiraban a los gallineros y también está prohibido matarlos, yo no sabía y yo los mataba, hasta que me dijeron: te va a pillar el SAG y te va a sacar quizás que multa. Dejé de matarlos, pero ¿cómo cuidamos las aves? (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
ASOCIADAS A EXPANSIÓN FORESTAL				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Contaminación	Pesticidas	Deterioro actividades domésticas y productivas	Después empezamos a tener problemas con la forestal Valdivia, al frente, con la cuestión de las fumigaciones nos echaba a perder la fruta(...) la manzana sale toda picada, pero de adentro parece que empieza y las hojas de los duraznos se ponen a encrespar, encrespar y se ponen amarillas, eso pasaba cuando fumigaba la forestal (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
		Deterioro actividades domésticas y productivas, riesgo para salud humana.	La forestal Valdivia está al otro lado del río, al frente. Entonces justo cuando estaban en flor los frutales, ellos empezaban con sus fumigaciones y el viento nos llevaba todo. Si uno andaba así a brazos pelados uno sentía que había así como una llovizna y era una alergia, una picazón…(...) Mira más o menos como cinco…. Bueno dese que estaba la forestal empezaron esos problemas, después nosotros empezamos a reclamar y parece que fue Conaf a hablar con las forestales y ahí ya empezaron a… ya no siguieron las fumigaciones, harán unos tres años que dejaron de… por lo menos ya más o menos tres años que dejaron la hojas de los árboles de secarse, los frutos chiquitos (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
Pérdida de hábitat	n/a	Riesgo para fauna nativa: Puma	Creo que también anda el león (…) No [era común], es que ahora por las forestales, las plantaciones de pino y eucaliptus, entonces no tienen mucha comida y bajan (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
		Riesgo para fauna nativa: aves	Si, es que ya por las forestales ya no hay nativos que daban esas semillas que esos pajaritos se alimentaban con las semillitas de los nativos (...) (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
Plantaciones de eucalipto	n/a	Pérdida de paisaje	Y las plantaciones forestales también han aumentado, y ellos colindan con una plantación que ahora que los árboles están grandes les quitó la vista al santuario (Bitácora 39, Cayumapu).	Cayumapu
ASOCIADAS A CAMBIOS EN EL AGUA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**

Relleno de residuos industriales	INFODEMA	Deterioro calidad del agua del humedal, riesgo para salud humana.	Un tiempo se contaminó también por empresa BOMASIL que era de las maderas, esos botaban…botaban hacia acá y ahí se contaminaba un poco el estero. Ellos descargaban en el estero, porque ahí empezó a contaminarse. Y bueno después ahora con el asunto de acá que también entra porque con las mareas altas igual se mete pa acá. No aquí INFODEMA ha botado mucho, mucho. Ahí sobre todo en ese relleno de al lado, pero…! Ese era un tremendo hoyo y ahora está más alto que el camino, y esto se va descomponiendo de a poco. Y esa cascara trae tinta, porque éstos aquí cuecen los palos ahí en INFODEMA y sacan todo eso…si después le sacan la cáscara y toda esa cáscara después la traen y la botan acá. Con hartas cosas viene ahí…claro que es lógico que eso se va a degradar y se va a hacer tierra, ¿pero en cuánto tiempo más? Y todos esos líquidos se van a ir pa abajo (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
Descarga residuos domésticos	Habitantes de las localidades	Deterioro calidad del agua del humedal	Entre la Villa Cayumapu y el puente hay un camino, que se llama Camino Real, donde se generan algunos micro basurales y eso salió como un tema en las reuniones, tanto reconociendo que los mismos vecinos son los responsables como algunas personas que dicen que todos los años van a limpiar porque no es posible que su humedal esté siendo contaminado por ellos mismos (Bitácora 32, Cayumapu).	Cabo Blanco, Cayumapu
Descarga residuos agrícolas	Lecherías	Deterioro calidad del agua del humedal	Bueno, aquí al frente tenían una lechera donde tenían como 100 vacas y botaban todos los purines pa acá y se venían por un estero, cuando en invierno hay una laguna y eso todo corre subterráneo para acá. Y por eso que alguien denunció, me vinieron también a mí a fiscalizar, pero yo les mostré tengo el asunto pero…En regla! Así que no me pasó ni una cosa (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
Descarga de aguas servidas	Planta de tratamiento de aguas servidas	Deterioro calidad del agua del humedal	Hay un planta de tratamiento nadie sabe quién está costeando eso porque la gente no está pagando, no sé si será la Municipalidad, no sé, pero hay días que sale un mal olor del río, impresionante. Entonces los que vivimos cerca del río ahí lo notamos, pero no es de todos los días, no sé si están botando todo al río, porque si no están financiando eso no sé cómo lo hacen para comprar todos los….(...) Yo lo siento y ha ido gente allá y me dice: oye ¿Y ese olor? Y yo les digo, no, si viene del río (Habitante 1, Cayumapu).	Cayumapu
Cambios en el nivel del agua	n/a	Pérdida de tradiciones familiares y comunitarias	Ha bajado mucho el nivel del río, muchísimo, muchísimo, muchísimo. O sea esto antes era un lago, justo se juntan acá tres ríos: El Pichoy, El Cayumapu y el Cruces, se juntan aquí y esto antes era un lago, de verdad un lago y desde, ya no sé si justo fue o coincidió, pero ha sido notorio que cada día hay menos agua (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín

Sedimentación	Sedimentos, extracción de agua de la cuenca	Deterioro calidad del agua del humedal	Esto está sujeto a mareas o sea aquí sube y baja la marea por lo tanto teóricamente el nivel del agua lo debería dar el mar, salvo que exista tanta extracción del agua de esta cuenca, a lo mejor no solamente por CELCO, si no que de los agricultores, de que se yo, de todos los problemas… que en el fondo la cuenca baja. Porque en invierno la cuenca a pesar de que es más baja porque antiguamente uno notaba en invierno que el agua subía hasta arriba del camino, ahí donde ustedes pasaron ponte tú y eso no lo vemos hace unos cinco años. Hoy día es tanto el sedimento que existe dando vueltas y que se levantó y acumuló en unas partes que en el fondo esas esas zonas inundadas hoy día son ya no es agua si no que es un fango entre flora, como que está secando en el fondo el humedal y probablemente se están marcando mejor, si tú miraras desde el aire, se están marcando mejor los ríos, como era antes del terremoto por ejemplo (...). Cuando lleguen a sus conclusiones y nos puedan decir porque ha bajado tanto el agua es lejos lo que más les voy a agradecer (Profesional 1, Rebellín).	Rebellín
ASOCIADAS A CAMBIOS EN EL AIRE				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Lluvia ácida	n/a	Deterioro actividades domésticas y productivas	Dice que nadie los ha ayudado con ese tema, que le han pedido a CONAF y no van. Ellos mismos le han dicho que en los pellines hay una larva que se transforma en insecto que viven ahí y que de repente atacan y los árboles se mueren, pero nunca han ido a ver y ella cree que puede ser más bien algo del aire (Bitácora 39, Cayumapu).	Cayumapu
ASOCIADAS A ASPECTOS PSICOSOCIALES				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Desconfianza institucional	Universidad y ONGs	Riesgo para la protección y monitoreo del humedal.	Relata que por ejemplo ha ido a su campo (...) con sus alumnos a hacer una práctica en ingeniería forestal y que después fueron desde Puerto Montt la gente del GEF SIRAP a hacer un proyecto para cerrar el bosque y la orilla del río para protegerlos de los animales, pero que le ofrecieron una cosa y después de hacer todo el estudio le dijeron que ella tenía que pagar 5 millones por la inversión en su parte del campo, pero cuando le fueron a presentar el proyecto no era así. Entonces ella cree que siempre pasa lo mismo: la universidad y las ONG reciben platas porque tienen que trabajar, entonces ellos hacen proyectos y estudios que no quedan en nada pero que no les importa porque como el trabajo se justifica les basta con eso; rinden las platas y ya está. Ella dice que está aburrida de recibir gente en su campo para que haga proyectos y estudios que no le sirven para nada, porque ninguno de sus problemas se preocupan por resolver. Y lo peor para ella es que después además se molestan cuando ella les dice que se han gastado toda la plata en ir de acá para allá, en cursos y cosas y al final no se resuelve nada. Dice que es una convencida de que nadie hace nada por el resto, esa es su experiencia con todos los que han ido a hacer proyectos a su campo (Bitácora 39, Cayumapu).	Cayumapu

Desconfianza institucional	Instituciones del Estado: Municipalidad	Riesgo para la protección y monitoreo del humedal.	Pero es que la Municipalidad tiene un asunto ambiental pero….un departamento, pero ni nos contestaron, no se dieron el gusto ni de contestar (cuando denunciamos a INFODEMA) (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
Divisiones intra y entre comunidades	Celco: pago indemnizaciones a particulares	Debilitamiento de la cohesión social; Riesgo para monitoreo del humedal	Después hubo gente que después aparentemente perseguía lucas, entonces se trató de hacer algún cuento para que sean compensados por CELCO y de hecho hubo gente en la cuenca que fueron compensados económicamente. Ahora a nosotros CELCO no nos dijo nada, no nos pasó plata, nada (Habitante 1, Rebellín).	Rebellín
	Conflictos de interés a propósito de medida 5	Amenaza para la cohesión social	Los que están atrás de todo esto y se benefician (de las compensaciones) son los asesores, que se cuelgan de estas situaciones y profitan (Dirigente 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco
ASOCIADAS A AMENAZAS TRANSVERSALES Y MULTICAUSALES				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Migración rural urbana por desempleo y envejecimiento de la población	n/a	Pérdida de tradiciones familiares y comunitarias	Mis sobrinos se recibieron de la universidad, uno está en CODELCO en el Salvador, otro está en Buenos Aires, entonces se van po, en el verano no más vienen a pasear al campo, así que vamos quedando los viejos ahí no más (...) Es que Valdivia está sin industria, no hay trabajo, entonces para la juventud sale a buscar trabajo por otros lados (Agricultor/a 1, Cayumapu).	Cayumapu
Urbanización: presión inmobiliaria	n/a	Inseguridad, desconfianza, externalidades ambientales	No! Bueno…hacia Pedro Aguirre Cerda ya nos pusieron una población que…que se llama, que se llama….Norte Grande y trajeron pura gente mala de Santiago. Bueno aquí nos han entrado a robar, a mí no me habían robado nunca, me habían robado animales, pero el año pasado nos entraron a la casa. Fui como a las 6 de la tarde a Valdivia y en media hora nos desbalijaron la casa! Entonces que vengan a poner otra cuestión ahí para nosotros sería terrible! (...) No se perdió toda la tranquilidad po! Esto era una cosa más tranquila que otro poco antes! Daba gusto vivir aquí po, ahora no po. En la noche, camiones, autos (...) Claro, más peligroso también po! (....) Claro! Yo estoy encerrado aquí, yo estoy al medio de…bueno, yo colindo también por el lado de allá con la universidad, y es el único…porque aquí al lado, acá abajo me pusieron casas, al lado de allá también pusieron casas, pa allá también, acá al frente también (...) Está dentro del radio urbano, eso está pegado al lado del puente nuevo. Y yo creo que en un par de años más esto va a pasar a ser urbano (...) Ahí va a haber que vender por metro cuadrado no más…y arrancarse pa otro lado (Agricultor/a 1, Cabo Blanco).	Cabo Blanco

Tabla 4.14.11. Amenazas del sector Surponiente del HRC.

AMENAZAS SURPONIENTE				
ASOCIADAS A FLORA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Aumento plantas acuáticas	Flecha de agua	Obstaculiza-ción para acceso a muelles y uso de transporte fluvial	Mira, ese pasto es la flecha de agua, ese se ha empoderado totalmente acá. Ese está siendo súper agresivo, y acá no estaba, estaba en los sectores más arriba y (...) yo creo que donde desapareció el huiro las semillas pudieron salir más fácilmente y están llegando más acá. Pero es un pasto muy agresivo, a ese sector de ahí, que te digo, de la Isla Guape Grande, a ese sector ya lo tapó (...) Es crecimiento de un año y tanto (...) y está como compitiendo con la totora (...) En las partes que no hay mucha marea, se estacionó y se quedó (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa, Estero San Ramón, Isla Guape Grande
	Totorilla		Y está saliendo, no sé si se alcanzan a ver que se ve una totorita chica que se llama a totorilla. Una que se ve entremedio de la laguna allá… se ven como unas mechitas allá… más bajita… también es como una plaga… se va a tapar con el tiempo, se va a tapar completo eso (...) Eso había pero muy poco, eso salía más en el humedal pero en la parte de la vega, no en el agua, en el río como está saliendo ahora. Capaz que haya subido el terreno con el terremoto que hubo (2010)... y ahora está saliendo... porque pal lado del Potrero (…) hay como una laguna igual donde pasa el relleno (…) y pa ese lado (…) está tapado pero completo pa allá, y antiguamente unos veinte, veinticinco años atrás nosotros pasábamos en bote por ahí, remando, sin ningún problema, y ahora no se puede. En el invierno yo creo que se puede andar en kayak, pero en bote como hacíamos antes no (Habitante 4, Punucapa).	El Potrero, Punucapa
	Totora		La totora nunca se ha desaparecido… al contrario, parece que fue salitre que le echaron (…) Porque yo creo que en los años se va a tapar todo esto porque antes llegaba (…) donde está el muelle viejo allá abajo, donde está el cuadrado grande... hasta ahí llegaba el totoral. Y este muelle que no lo ocupaba yo... debe ser unos 8 años... lo dejé de ocupar y en 8 años creció todo eso, del cuadrado hasta donde está allá adelante. Así que sacando la cuenta yo creo que en unos 16, 20 años más va a estar tapado todo esto yo creo (Habitante 4, Punucapa).	Punucapa

	Luchecillo		Yo creo que ahora el luchecillo nació, está igual como en los años 80´, ya, o sea ahora ya no tengo pa qué ser científico, pero yo te digo porque yo voy al campo y todo el tema, el luchecillo ya se repobló nuevamente, totalmente repoblado. Y va a pasar lo mismo de que el luchecillo cada vez que, si tú no limpias, se apodera de los esteros y lo tapa, lo cubre (...) Antes había como un caminito, tu llegabas a El Pelú. Y mira cómo está el huiro ahora... todo eso blanco es huiro (...) Mira aquí cómo se metió por todos lados (...) Porque ellos trasladaban animales de aquí para acá, así. Pa que vean cómo se tapó, porque hay que pensarlo dos veces si los vas a tirar o no porque o si no se te pueden enredar. A ese nivel de aumento de luchecillo y la flecha. Porque igual tu sabes que cuando todas las raíces crecen en el barro, el barro se pone mucho más pesado para moverlo, para romperlo. Porque tu podi pasar caminando, pero cuando está con muchas raíces, más pesado, teni que irte por la superficie (...) Nosotros necesitamos acceder a nuestro campo, tenemos que salir en caso de emergencia, tenemos que limpiarlo, y ha llegado el reclamo que no quieren que limpiemos, que no se puede, y yo lo encuentro no sé po, tonto po, porque el que convive somos nosotros, y tenemos que vivir po (Oficio 3, Punucapa).	El Pelú, Estero San Ramón
ASOCIADAS A FAUNA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Introducción especies exóticas	Visón	Riesgo para fauna nativa: huevos de Cisnes, peces, Coipos	Y dicen que hay un depredador, el visón, no sé. He visto pocos, pero dicen que esos pocos tienen que ser muy dañinos, porque se comen los huevos de los cisnes, se comen los peces chicos, los coipos (…) Lo que dicen que el visón se come las crías de los coipos, entonces por ahí está la cosa. El visón es un depredador pero terrible (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa, Frutillar, Quitaqui, Cau Cau
		Disminución fauna nativa: Coipo y consiguiente aumento de totora	Está creciendo todo lo que es la totora, la totorilla que le llaman y ya porque el Coipo no existe ya porque se lo está comiendo el visón. Y eso preocupa igual del humedal porque al final se va a tapar de totora y no está como antiguamente era (...). Se están tapando los esteros por la totorilla porque ya no hay Coipo, antiguamente el Coipo se alimentaba de eso. Ahora ya no se ven (…) Más o menos ya va a ser, que se perdió hace unos dos, tres años más o menos. Se perdió, total,	Quitaqui, Punucapa, sector Cruces, El Arenal, Estero San Ramón

			ahora ya no vimos un Coipo más (...) Yo que ando a Valdivia, todos los días en lancha, no he visto ni un Coipo, nada, nada (Dirigente 1, Quitaqui).	
		Deterioro actividades domésticas y productivas	A mí no me ha hecho daño gracias a Dios, porque en esta punta acá no ha llegado, pero lo que sí ha hecho daño llegó donde don Reinaldo, llegó donde Canano que está al principio, del primer estero se comió como cinco gallinas mató, y lo pillaron, si lo mataron a palos lo mataron, a uno mataron. Entonces por eso se supo que era el visón que estaba haciendo daño. Igual la señora Amalia (…) también afuera, también le mató mucha gallina y no sabían a qué echarle la culpa, y resulta que era el visón (…). Dice que con una uña que tienen (…) cortan hasta las mallas delgadas, las cortan y dentran, si ella tenía todo con malla, y dentró el bicho (…) dice que cortó con la uña el alambre, y se metió y le mató sus gallinas, el visón (Agricultor/a 1, Punucapa).	Quitaqui, Punucapa, Cau Cau, San Ramón
	Criadero animales exóticos	Riesgo para la biodiversidad; Riesgo para el estatus legal del humedal	Para la biodiversidad, dice que todo son áreas protegidas y se supone que no podría haber animales exóticos dentro del Santuario y esta isla está dentro del Santuario (Oficio 2, Punucapa).	Isla Rialejo
	Ciervos	Riesgo para fauna nativa: fuga de especies exóticas	Lo que yo no sé es si todavía estarán esos animales ahí, pero yo creo que sí. Esos animales (*los ciervos*) cruzaban a nado antes pa acá, pal fundo Plaza de Armas porque mi papá siempre los veía (...) y los ciervos son grandes… se venían allá al fondo. No sé después si se volverían (Agricultor/a 1, La Punta).	Isla Rialejo, Santa María, Plaza de Armas
	Pato negro	Riesgo para fauna nativa: apareamiento de especies exóticas con fauna nativa	Igual ha tenido fuga de animales exóticos. El más complicado fue el pato negro o ganso negro, no me acuerdo qué es lo que es. Pero era un bicharraco negro que era súper agresivo. Pero era como familia de los cisnes; ese era el miedo, que se podía cruzar con los cisnes (…) Los persiguieron hartas veces pero nunca los pudieron agarrar (...) Fue como una pareja. Igual, es que el pato emigra mucho entonces igual había fuga de patos silvestres en cautiverio (Oficio 3, Punucapa).	Isla Rialejo
	Perros vagos	Riesgo para fauna doméstica	Los perros han hecho harto daño aquí, los perros que han venido a botar. Vienen a botar perras, las perras paren y ahí se va armando la jauría. El otro día andaban los de Conaf haciendo una encuesta por lo mismo, por los perros. Porque matan gallinas, matan corderos nuevos, y ovejas grandes igual, y el animal cuando ataca, la	Punucapa

			jauría de perros atacan todos parejo. Un día a un primo le mataron una vaca, andaba una vaca a punto de parir; la arrinconaron en el risco, se enredó en el boqui, en la enredadera y ahí cayó y no se pudo parar, y ahí empezaron a comerla viva. Cuando llegamos nosotros ya, nada que hacer. Le faltaba una semana no más pa que para la vaca (Habitante 4, Punucapa).	
	Chaquetas amarillas	Deterioro actividades domésticas y productivas	Se ha hecho un problema grave porque imagínese, aquí los turistas, mucha gente que ha venido una vez ya no vuelve porque hay mucha chaqueta amarilla, ¿se fija? Para el tiempo de las costumbristas, porque la chaqueta amarilla aparece en el verano, en este tiempo es muy poquito lo que anda, o sea, prácticamente nada, pero cuando hay fruta sobre todo, cuando las manzanas están maduras, no sé, algunas uvas, algunos parrones que no son muchos pero algunos hay… y la carne, que son especialistas. Y para el tiempo de la costumbrista del mes de febrero, no, ahí es una plaga (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa
Pesca ilegal	Pescadores	Riesgo para ictiofauna	Pero todavía indirectamente llegan pescadores, o sea, y no hay control porque son nocturnos, siempre andan pescando de noche, entonces ahí… pero igual funciona, están de alguna forma (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa, Tambillo
Caza ilegal	Cazadores	Riesgo para fauna nativa: zorros	Pero ya los zorros también dice que ya no hay zorros, no nos van quedando porque los han muerto todos igual. Y como el zorro es dañino, tiene que matar para comer, y cómo se llama, tiene que… así que alguna persona que los cazó, me contaron así no, que la zorra fue a hacer su nido debajo de la casita que hay, que existe, y este señor veía que se metían ahí con sus tres cachorritos, el zorro, dice que calentó una tetera de agua hirviendo y los peló con el agua hirviendo. Así de esa manera los mató (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa
	n/a	Riesgo para fauna nativa: Coipos	No hace mucho tiempo, no hace mucho tiempo, porque… pero eso yo sé quiénes (…) de repente personas tan, cómo le dijera yo, sin criterio ni… hay personas que no les interesa nada, no sé cómo no piensan. Se los comieron todos esos, los cazaron y se los comieron (...) Ellos terminaron con los coipos, porque ellos se los cazaron y se los comieron todos, pero no dejaron ni uno siquiera pa que procrearan de nuevo y pudieran hacer una parejita de coipos (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa

Plaga	Murciélagos	Riesgo para salud humana	El gran problema de esto es que tiene un problema de murciélagos. Entonces igual uno cuestiona un poco el tema porque realmente deberían haber tratado (…) la lancha deja a la gente en Punucapa, y viene pa acá con el grupo, que le vengan a limpiar, y después van a buscar la gente y la traen pa acá (...) Pfff… terrible, terrible, terrible. Yo digo que gracias a Dios que no se les ha enfermado nadie, pero es así, esa es la realidad (Oficio 3, Punucapa).	Quincho turístico Forestal Arauco en San Ramón
Cambios en el hábitat	Zorro	Riesgo para fauna doméstica	Todavía dijo el vecino que andaban unos poquitos (zorros), porque le comieron los patitos a él, le comieron las gallinas, pero él nunca le hizo nada dice, porque necesitan comer. Igual aquí yo tengo hartas aves y hoy día mi hijo fue a ver los animales para arriba y me dice 'mami, el zorro te llevó una gallina' (Agricultor/a 1, Punucapa).	Colegual
	Guiña		Peleamos con (…) la guiña que llega también (…) Ha llegado acá, ha matado varias gallinas (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui
	Puma		A la vecina del muelle el puma le comió 12 corderos. A la que vive al lado de la antena le mató 2 gansos que empollaban y ni siquiera se los comió. Por eso ella ya no tiene ninguno; optó por vender gallinas y corderos para despreocuparse del puma (Bitácora 15, Quitaqui).	Quitaqui
ASOCIADAS A EXPANSIÓN FORESTAL				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Tala de bosque nativo	n/a	Escasez hídrica	Unas napas de agua yo creo que cada día se están secando más, y eso da miedo, porque también que la gente que… persona que llega acá a comprar un, por decirlo, un gringo que llega a comprar o persona con plata llega no más y tala todo lo que hay, miéchica (...) Se ha talado mucho, porque se ha talado mucho, mucho, mucho, entonces las aguas se van secando, porque les va dando el calor a los esteros, a los pozos y eso se seca (Agricultor/a 1, Punucapa)	Colegual
	n/a	Disminución fauna nativa	Antes dicen que se veían venados (*pudú*) incluso en los montes, pero ahora con la pérdida del bosque nativo ya nada de eso se ve (Bitácora 15, Quitaqui).	Quitaqui
Plantaciones de eucalipto	n/a	Escasez hídrica	Ahora está muy seca la tierra, hay que regarla con agua, con abono (…) Las tierras más secas, igual que usted siembra eucalipto, el eucalipto le come todo lo que es el abono porque (...) se toma 60 litros de agua en el día (…) por eso que se han secado los sectores... no es aquí, en otros sectores igual porque aquí no hay tan cerca los... las plantaciones que aquí está la empresa	Quitaqui, Punucapa

			Arauco que tiene aquí comprado pero igual estamos lejos. Pero igual el eucalipto... se ha secado igual en otros sectores (...) Se han secado las vegas (Dirigente 1, Quitaqui)	
	Puma	Deterioro actividades domésticas y productivas; Migración rural urbana	Porque hoy día también como no dejan de botar los bosques, rozar para criar, también un poquito preocupado porque se está tapando el bosque y ya están llegando los animalitos que son carnívoros más a la casa y antiguamente no porque antiguamente era más limpio (...) claro, como el puma (...) que está llegando más, porque hay más matorrales. Así que eso se ha cambiado un poco. Porque antiguamente los abuelos criaban hartos animales y vivían de la crianza, del queso, todo el asunto, y todo eso se ha ido perdiendo. Y ahí se ha ido perdiendo todo porque igual nosotros de repente no vamos a estar acá, y los hijos ya van a pescar, van a vender y se van a ir. Todo esto al final puede ser forestado acá en Quitaqui y eso también preocupados acá en Quitaqui porque todo se va perdiendo, las generaciones que van quedando (Dirigente 1, Quitaqui).	Quitaqui, Punucapa, Colegual
Contaminación	Pesticidas	Disminución de abejas	Y las fumigaciones de los pinos, porque el líquido que le echan no solamente cae ahí, sino que también con el viento se traslada (…) Y eso ha afectado a las abejas, directamente a las abejas, que es lo que uno nota, ¿ve? (Habitante 3, Punucapa)	Punucapa, San Ramón
	Sedimentos	Deterioro calidad del agua del humedal	Cuando están explotando (...) por ejemplo, ellos explotan invierno y verano, y como las máquinas que trabajan aquí, arruman todos los desechos aquí, los desechos los van arrumando, y te remueve mucha tierra aquí, son tremendas máquinas, eso queda todo suelto (...) Aquí están explotando ahora en esta parte y resulta que aquí hay una quebradas que bajan aquí, hacia abajo, y van a llegar aquí a San Ramón, al estero San Ramón (Oficio 1, Punucapa).	San Ramón
ASOCIADAS A CAMBIOS EN EL AGUA				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Cambios en el nivel del suelo por aparición y desaparición de islotes	Sedimentos	Obstaculización para acceso a muelles y uso de transporte fluvial	Empezaron a aparecer islotes y de tierra firme, ¿ya?, y don Roberto (*Schlatter*) dijo que era el sedimento, y que eran las mismas fecas de las aves cuando empezó, y que la misma totora que se fue cubriendo y fue creciendo. Pero el problema (…) es que tú la ves y al otro mes puede que no está po, desapareció, y después vienen dos	San Pedro, Punucapa, Frutillar

			meses más y volvió a aparecer (…) porque realmente en las mareas bajas tú ves y afloraron montones de… como montículos. Allá en el campo, en San Pedro (…) ahí se formó… yo me atrevo a decir que ya tiene que tener unos cinco metros cuadrados, y ahora tiene pasto, tiene árboles y tiene un montón de cosas, y eso… ¿cuál es la explicación de eso? Porque ahí… y eso le está pasando a Frutillar, porque en Frutillar la tierra como que subió, entonces ya el acceso del bote tiene que ser con marea alta, no con marea baja. Pero porque el terreno, si tú te bajas, tú pisas y hay tierra firme, entonces claro, ahí hablan de que están embancados, pero es la tierra la que está subiendo (…) puede ser que esté equivocado o no (…), pero el terreno (…) los canales se están secando, pero porque la tierra ha estado subiendo (...) Y la gente necesita salir de sus casas, entonces para salir de sus casas va a haber que limpiar (...) Eso tiene que ser del 2000 más o menos (Oficio 3, Punucapa).	
		Riesgo para el estatus legal de los derechos de propiedad de la tierra	Todos los campos que están a la orilla del santuario, los deslindes… supongamos que esto sea el río, mi campo, cien tantos metros por orillas al río Cruces, ¿ya? Pero resulta que con el terremoto del sesenta (*silba*), esto está acá ahora, pero legalmente acá está el deslinde. Entonces todo lo que está aquí abajo es mío, esa es la teoría, ¿ya? Pero también el Estado dice 'no, es que también cuando hay agua sumergida, todo lo que está bajo el agua es del Estado'. Entonces (...) porque también eso la Conaf lo vio cuando se iba a transformar a reserva, ellos hicieron una campaña para preguntar si yo (...) ´¿donaría esa parte que está abajo del agua?´ y todos dijeron que no, por supuesto (...) Entonces igual ahí hay una complejidad que va… puede que a futuro pueda llegar ahí a saltar en algo, te fijas. Porque… sobre todo ahora como que la tierra está subiendo. Entonces qué pasa si aparece un islote acá, ¿ese islote de quién va a ser, del Estado? ¡No po, es mío! Si por escritura estoy acá. Ahí puede generarse una segunda polémica, te fijas, que puede ser, no sé po, puede que sea en veinte años más o yo me muera y mis hijos, mis nietas o nietos van a tener que, va a existir ese problema (Oficio 3, Punucapa).	San Pedro, Punucapa, Frutillar
Desconfianza respecto a calidad del agua	Celco	Riesgo para salud humana	No sé po como que la gente le agarró como desconfianza al agua y eso yo creo que todavía... A veces en el	Punucapa

			verano, los amigos, los turistas, los amigos de las familias… las familias amigas que vienen, los niños van un rato a chapotear a la playa pero así como… ¡te bañaste al tiro! Y yo sé una amiga de los nietos del vecino del frente (…) que a ellos les pasó que se les irritó la piel (…) unos dos veranos atrás (Habitante 5, Punucapa).	
		Deterioro actividades domésticas y productivas	Lo que es preocupante son la gente que se dedica al cultivo alrededor del río Cruces - porque como no hay un informe científico del estado de las aguas -, no sabemos qué estamos cultivando, qué estamos produciendo. El mismo caso de mi hermana (…) que ella tiene invernaderos, y yo varias veces le advertí, yo no sé si tu sabes qué estás cultivando. Bueno, si cultivas flores no es tanto el cuidado, pero si cultivas hortalizas, comestibles, es delicado (...) Pero lo que pasa es que donde tiene sus plantaciones y sus cultivos en invierno por la subida de las aguas eso todo queda inundado y obviamente que quedan las tierras impregnadas de esa agua, aunque después se seque pero quedan los residuos, lo que dejó las aguas (Dirigente, 1 Frutillar).	Frutillar
Descarga residuos domésticos	Embarcaciones de turismo, turistas, pobladoras/es	Deterioro calidad del agua del humedal	Las embarcaciones siempre emanando residuos, aceite, combustible, sin quemarse (…) Bueno, todo el mundo sabe que no debemos botar basura pero por ejemplo cuando sucede la Fiesta de la Candelaria en Punucapa quedan toneladas de basura y cuando van los fines de semana las embarcaciones con sus turistas después los vecinos tienen que salir a recolectar la basura de todo lo que dejan botado ellos, entonces también hay una cuota de despreocupación de los mismos armadores de no instruir a sus pasajeros de que no se debe botar basura. Y si lo hacen en la calle obviamente que también lo hacen en el río, cuando van navegando (Dirigente 1, Frutillar).	Punucapa
ASOCIADAS A CAMBIOS EN EL AIRE				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
"Polvo gris"	Celco	Deterioro actividades domésticas y productivas	Comienza a recordar que cuando ocurrió "lo de la celulosa" un polvo gris cayó sobre todas las plantas y cultivos y desde entonces ya no crecen como antes. Las papas salen muy chicas, las arvejas no crecen mucho. Ella ha probado todos los abonos y semillas que le han pasado de Indap pero no pasa nada. Igual todavía hace huerta (Bitácora 10, Quitaqui).	Quitaqui, Punucapa

Contaminación	n/a	Deterioro actividades domésticas y productivas; pérdida de prácticas tradicionales.	No se regó nunca, solamente con el agua de la lluvia, nunca se regó. Pero antes no era… se daban más las cosas. Yo pienso que se daban más porque el aire era más limpio, ahora el aire está más contaminado. Las cosas se daban solamente con abono, fíjate que, nosotros plantamos (...) mi papá ponía una lienza y hacía los hoyos (...) nosotros veníamos con un canasto con papas echando una papa, como niños, a todos los hoyitos. Después venía el abono, se ponía la papa, se le ponía la champita, porque no se arreglaba la tierra como se hace ahora (...) no había que arreglar tierra (...) sobre la champa el abono, y se tapaba (...) ahora la mayoría de la gente le saca el pasto, pica la tierra, que esté blandita para sembrar... sabe que eran unas papas así (Agricultor/a 1, Punucapa).	Colegual, Punucapa, Quitaqui
ASOCIADAS A ASPECTOS PSICOSOCIALES				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Divisiones intra y entre comunidades	Celco: pago indemnizaciones a particulares	Debilitamiento de la cohesión social; Riesgo para monitoreo del humedal	Y acá la gente que trabajaba en turismo -por ejemplo los restaurantes- les ayudaron, si les cayeron un par de monedas del cielo… Celco ahí les entregó para que esta gente en algo, no sé po, arreglara sus locales, qué sé yo, no fuera tan grave la pérdida. Pero yo creo que el turismo no falló, siempre vino gente para acá, y creo que vino más gente, porque querían mirar, si la gente es novedosa igual, querían ver si realmente habían o no habían cisnes, cómo estaba el río, y eso. Eso no falló, pero igual se le ayudó montones a ese tipo de gente y todavía yo creo que les siguen ayudando. Pero en la parte agrícola, en la parte ganadera, no, muy poco, muy poquito. Y debe ser por eso, porque nosotros como pequeños agricultores nunca reclamamos, no teníamos idea de qué estaba pasando. Solamente el problema era los cisnes, los cisnes, los cisnes… incluso se hicieron unos documentales referidos a los cisnes (Habitante 3, Punucapa).	Punucapa
	Dirigentes y Estado: conflictos de interés a propósito de medida 5 (fallo judicial)	Debilitamiento de la cohesión social	Pero sí el Estado o este gran proyecto que está ahora (*programas de desarrollo comunitario)* debería enfocar a esa cosa, a generar puntos de atracción hacia la comunidad (…) Y que se genere algo interesante, que Punucapa se abra, que Tambillo se abra, te fijai; 'no, es que yo quiero un muelle, que queremos que nos coloquen luz, que queremos…'… Yo te digo, todo eso (…) es una necesidad de calidad de vida, pero pa eso está el Estado po, ¡si el Estado es el que tiene	Punucapa, Frutillar

			que poner la luz, el MOP es el que tiene que armar el muelle, no la plata de… no ésta plata! Esta plata es para desarrollo, te fijai, (…) ¡y el Estado tiene que hacer su pega! (…) El ejemplo más claro: Punucapa un 60% tiene luz y el otro no tiene luz. ¡Yo lo encuentro inaudito!, ¿te fijai? Pero si cien pasos más allá, veís pal cerro, están todos con luz. O sea, cuál es la explicación, o sea, 'no, es que es muy pocas personas'. No sé po, yo creo que estamos mal (…) En Quitaqui tampoco tienen luz, te fijai. Pero esta plata no tiene que estar haciendo esa pega, y ahí es donde están equivocados los dirigentes (Oficio 3, Punucapa).	
	Armadores: oligopolio	Debilitamiento de la cohesión social; Obstaculización para el desarrollo de actividades productivas	Nosotros tenemos problemas ahora con esos dueños de lanchas porque nosotros, se armó una agrupación de artesanos para vender los productos locales y artesanía típica de acá y los guías turísticos los llevan como corderitos para allá, a ciertos lugares, ´no, que no pasen para allá´, con altavoces (…) Según... andan con el tiempo muy preciso. Pero podrían abrirse más a la comunidad porque igual se benefician en traer gente acá, los traen a la iglesia, lo típico de acá es venir a visitar la iglesia (Dirigente 1, Punucapa).	Punucapa
		Obstaculiza-ción uso de muelles y transporte fluvial; Obstaculización para el desarrollo local de actividades productivas	Y es triste porque en el fondo estas empresas grandes ganan plata con el pueblo y no dejan que el pueblo se beneficie de la gente que viene y más encima no hay ningún beneficio en transporte o sea que nos dieran, no sé, una tarifa especial y que uno dijera, ya, por último (Habitante 5, Punucapa).	Punucapa
Desconfianza institucional	Instituciones del Estado: Autoridades medioambientales	Riesgo para protección del humedal; Riesgo para monitoreo del humedal	Y el Estado llega y toma la decisión y te bota caca a tu patio, porque el río es nuestro patio, es nuestra casa, de la cual vives todos los días. Y el Estado autorizó, y después el Estado se lava las manos y más encima el Estado –ahora- demanda… o sea, entra a la demanda, compensación, y nadie habla de que el Estado ¿por qué se está llevando la otra mitad el Estado po? ¡Si el que autorizó fue el Estado, esa plata debía ser toda pa las comunidades!, ¿te fijai? Entonces eso pa mí es como ilógico, ¿verdad? Igual, todo el plan que se ha hecho, hay un gran compromiso del Estado y te lo digo, yo no creo en el Estado que va a cumplir, porque no cumplió nunca (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa

	Instituciones del Estado: Conaf	Riesgo para monitoreo del humedal	Se los comieron todos esos, los cazaron y se los comieron. Y son personas que son cuidadores del bosque, de la flora y fauna de Conaf. Ellos terminaron con los coipos (Agricultor/a 1, Punucapa).	Punucapa
	Instituciones del Estado: SAG	Riesgo para monitoreo del humedal; Incredulidad frente al accionar técnico; Deterioro actividades domésticas y productivas; Riesgo para aumento de Puma	El puma sigue siendo un tema. También ha escuchado que los del SAG los crían cuando son cachorros, acostumbrándose y perdiendo el miedo a los humanos; luego los sueltan en el monte y como con las plantaciones no encuentran comida, bajan a las casas. Los mismos del SAG luego les dicen a la gente que no los pueden matar y que si los ven les saquen fotos (Bitácora 15, Quitaqui).	Quitaqui
		Riesgo para monitoreo del humedal; Riesgo para aumento de visón	El visón está del año 2000 aquí en el santuario, ¡y estamos en el 2014 y recién lo están viendo!, y lo ven como plaga ahora, pero pasaron catorce años po mi amor, qué querís que te diga, o sea, qué esperaste, que el visón ya se transformara en algo ya dañino para poder… vamos a tratar de tomar medidas, y las medidas (…) son medidas de cabro chico (..) si yo no entiendo cómo (…) o sea, un día vienen (…) los del SAG y bueno… hubo un proyecto, no sé tú lo viste, que había que comprar quinientas trampas para apalear y todo el tema, y llegan y empiezan a traer las trampas, y después las empiezan a buscar… pero yo creo que (…) como funcionario, yo tengo que saber que a Juanito Pérez le pasé la trampa, mínimo ¿cierto? Y ellos no sabían dónde estaban las trampas. Pero fue tanto, yo creo que los acosaron tanto que los tipos lo único que querían era apalear la cuestión y empezar a entregar cosas, trampas, trampas, que al final de las trampas creo que queda la mitad (Oficio 3, Punucapa).	Quitaqui, Punucapa
	Científicos	Utilización de métodos de investigación que minan la credibilidad del accionar científico; Riesgo para monitoreo del humedal; Debilitamiento de la cohesión social	Yo no sé si tanto los científicos… mira, igual los que andan pescando, yo no sé si son colegas suyos, no tengo idea quiénes sean… ¡unos sacos de plomo! Andan pescando, andan colgando la red al frente de las casas, te cachai, o sea ¡no pueden! Porque tu le estai diciendo al de arriba que están pescando... ¡¿por qué yo no puedo pescar y ellos si?! Entonces hay un choque. Han dejado las redes tres días instaladas, ancladas en el santuario... ¡tres días! ¡Y al tercer día la van a buscar! ¡Están locos! Porque en las redes... cae el picurio, caen las hualas,	Punucapa, San Ramón

			caen todos esos animales, y mueren... entonces, se enredan, se ahogan ¡y se mueren! Entonces cómo alguien que está estudiando, que tiene que cuidar, está perjudicando... ¡aunque sea una! Él como sea, no debería haberlo hecho (...) Pero ahí hay un problema, no se están haciendo las cosas bien. Y lo que más me da lata es que la plata se la están llevando ellos po. Entonces tu después no le podi pedir al campesino ¡hágalo bien!... No están ni ahí (Oficio 3, Punucapa).	
	Universidades	Riesgo para monitoreo del humedal; Debilitamiento de la cohesión social: prevalencia de criterios económicos por sobre criterios socioecológicos	Si igual es como un mal ejemplo, de repente sucede. Yo te digo, acá las universidades ganaron mucha plata con esta cuestión. Las universidades venían, los tipos llegaban en avión, los de Concepción… llegaban en avión, después los trasladaban en radiotaxi particular, estaban tres días, se iban, y se iban en avión. Cuánta plata hay de por medio, entonces la gente por eso está como aburrida po. Viendo que pasa mucha plata por aquí, y acá no pasa nada. Yo te digo, el puro ejemplo, las lanchas que tiene Conaf, malas, malas. O sea, la única la que tiene ahora es la Karen, que es una lancha que la fueron a buscar al sur... al parque... estaba botada, esa no la compraron (...), la trajeron porque estaba botada, la restauraron y recién le compraron un motor ecológico, que es el de 60 que anda trayendo. ¡Recién le compraron un motor que no contamina! (Oficio 3, Punucapa).	Punucapa
ASOCIADAS A AMENAZAS TRANSVERSALES Y MULTICAUSALES				
AMENAZA	**AGENTE**	**DESCRIPCIÓN DE EFECTOS**	**CITA**	**LOCALIDADES**
Migración rural urbana por desempleo y envejecimien-to de la población	n/a	Riesgo para monitoreo del humedal; Obstaculización para uso de transporte fluvial; Pérdida de tradiciones comunitarias	En Punucapa (...) todos los parceleros que vivíamos ahí en el sector del Frutillar (...) venían a Valdivia con la misma actividad, trayendo sus productos a Valdivia, y ahí nos juntábamos (...) adultos y niños compartíamos el fin de semana acá en el muelle en Valdivia, todos nos reuníamos, era como - aparte del lugar donde venían a vender sus productos- era como un centro de eventos, de conversación, de comunicación de todas las cosas que sucedían, de intercambio de productos, de plantas, de semillas y todo. Y ellos también, bueno, siguieron viajando también en la misma forma, pero (...) fue pasando el tiempo, ya los vecinos empezaron - los hijos digamos, tal como me sucedió a mí- empezaron a emigrar a la ciudad y no a retornar tan rápido ni tanto al sector, claro. Entonces empezaron a hacer sus actividades ya en Valdivia,	Frutillar, Punucapa, Quitaqui, Tambillo

			porque también había que ser realista, el campo -las actividades que se podían desarrollar ahí- no tenían… no te ofrecían una buena… un futuro para poder progresar (…) y mucha gente que venía acá a Valdivia se daba cuenta de que acá la gente tenía otro tipo de vida (…), porque allá en el campo obviamente te levantas a la mañana y tienes que empezar a trabajar inmediatamente, a buscar leña, a cultivar la tierra, a buscar los animales, a cosechar, y no tienes descanso, no tienes fin de semana, no tienes sábado ni domingo, entonces es así (Dirigente 1, Frutillar).	
Urbanización: presión inmobiliaria	n/a	Riesgo de relleno de humedales; Riesgo para avifauna	La punta de la isla Teja que es parte inundada (…) todo eso es importante que se proteja porque ahora se está planificando la construcción de toda la isla (…) Me preocupa la expansión de la zona urbana porque peligra que se extinga (*la avifauna*) (Dirigente 1, Frutillar).	Isla Teja; Sector El relleno (Bucarey)
Urbanización: electrificación	n/a	Riesgo para avifauna: colisión con cables de alta tensión	Nos da mucha lástima de repente cuando encontramos un cisne que chocó en un cable de alta tensión, prácticamente con el cuello cortado, entonces imagínate un golpe de corriente hasta para un ser humano… un pequeño golpe… que prácticamente le "cerciora" el cuello (Oficio 2, Punucapa).	Punucapa

4.14.4.12. Indicaciones para el monitoreo

En este parámetro se presentan un conjunto de indicaciones propuestas por las/os informantes a ser consideradas en el desarrollo del monitoreo. Los contenidos del parámetro surgen desde la interpretación de las entrevistas, pero responde a una codificación del material textual que recoge tanto las indicaciones frente a la pregunta directa sobre este punto, como aquellas expresiones espontáneas dentro del diálogo en que se hizo referencia a los estudios y acciones necesarios para mejorar la situación socio-ambiental del humedal. Si bien la mayoría de los informantes manifiesta una disposición positiva a continuar participando y aportando al monitoreo desde el CEL, la masiva evidencia sobre la desconfianza institucional, impone ser muy cautos en no diseñar formas de intervención que lesionen la autonomía de las personas y comunidades sobre esta materia. Por consiguiente hay una serie de indicaciones de orden general que se relacionan con el diseño y accionar de los científicos a cargo del monitoreo:

Indicaciones generales

1. Es muy importante para las futuras acciones del monitoreo tener una profunda consideración por los procesos de división intra y entre comunidades que generó el desastre, situación que se ha agravado, de acuerdo a varios informantes, por la implementación del Programa de Desarrollo Comunitario, por las compensaciones individuales y por las distintas visiones respecto al rol de CELCO, los Servicios Públicos, las ONGs y la Universidad en la relación con las comunidades y sus dirigentes. Las acciones de investigación y monitoreo (muestreos, mediciones, entrevistas, talleres, etc.) generan intervenciones que no pasan desapercibidas por las comunidades y, por lo tanto, es muy importante tomar medidas de resguardo para no generar nuevas divisiones.

2. En este escenario de desconfianza institucional instalada en las comunidades, el monitoreo debe diferenciarse claramente de las otras medidas tanto en sus propósitos como en su accionar. Se debe cautelar la independencia de los estudios y la transparencia en la entrega de los resultados. Por lo tanto, todos los procesos informativos deben ser con prescindencia absoluta de CELCO, en términos de presencia corporativa, intelectual y financiera. Las comunidades comprenden el fallo como una sanción contra la empresa y, por lo tanto, no se ve con buenos ojos una tutela sobre estos procesos. Sobre este punto se realizan menciones como las siguientes:

"(Los dirigentes) comentan también sobre la desconfianza absoluta hacia la empresa y hacia la UACh, porque les parece evidente que si la empresa paga el estudio, luego querrán editar la información que se publique (Bitácora 4, navegación de transecto en barco Orión, junio 2014).

"Lo primero que quiero saber es quién se encargará de hacer los monitoreos, porque yo había entendido que la misma empresa lo realizaría y eso no me parece

correcto, ya que Arauco no debe ser "juez y parte" (Dirigente 1, Locuche, octubre 2014).

3. Al iniciar el monitoreo, los equipos científicos a cargo de los distintos estudios deberían identificar aquellos/as socio-bioindicadores y amenazas aportados por el estudio del CEL y que son pertinentes a sus áreas de competencia. A partir de esta información se pueden establecer vinculaciones empíricas con las actuales hipótesis de trabajo, levantar nuevas hipótesis y/o tomar resguardos metodológicos y prácticas donde corresponda. Hay temas específicos que generan alta preocupación en las comunidades, como los de salud pública, calidad del agua y contaminación del aire, sobre los cuales los informantes manifiestan particular interés en que sean dilucidados. En el monitoreo, esta situación puede presentar dos escenarios: a) Que algunos de los temas de preocupación comunitaria expresados por los socio-bioindicadores se vinculen efectivamente a las líneas de diagnóstico y por lo tanto tengan continuidad y respuesta en el monitoreo. En este caso, los resultados que den cuenta sobre estas preocupaciones se deben comunicar de modo oportuno a las comunidades, sin desconocer ni pretender cambiar las percepciones instaladas, sino acompañando la evidencia con procesos de conversación y diálogo de mediano plazo; b) Por otra parte, si los temas de preocupación no pueden ser abordados o resueltos desde el trabajo científico del monitoreo o corresponde a procesos que escapan a su ámbito de acción, resulta fundamental identificar y canalizar esas inquietudes a las autoridades competentes.

Indicaciones específicas

1. Para facilitar el diálogo entre el conocimiento científico y local se hace necesario profundizar en la relación entre taxonomías locales y taxonomías científicas. Hay una serie de denominaciones vernaculares de organismos que tienen diferencias incluso entre localidades, así como una serie de

especies ecológica y morfológicamente identificadas por los habitantes del HRC, pero de las que se desconocen sus nombres. Este componente taxonómico abre un espacio de colaboración mutua interesante entre conocimiento ecológico local y conocimiento científico.

2. Se propone considerar de modo prioritario las vinculaciones de cambios ambientales y agentes contaminantes con los riesgos para la salud humana y animal. Hay una preocupación persistente por la aparición de patologías asociadas a contaminación de agua y aire (alergias, dermatitis, problemas respiratorios) y/o por el aumento en la frecuencia de otras (cáncer). Esto incluye una preocupación por los usos recreativos del río dado que las personas coinciden en el aumento de las irritaciones en piel y ojos. Se sugiere realizar monitoreos de calidad de agua en aquellos lugares más utilizados como balnearios por la población ribereña. Las/os agricultores también manifiestan preocupación en torno a los efectos de los contaminantes en la salud del ganado.

3. Hay recurrencia en la solicitud para evaluar el impacto de la expansión de las plantaciones forestales (cambio uso de suelo) sobre distintos parámetros que afectan directamente la conservación del socio-ecosistema (escasez hídrica, reducción de hábitat, deterioro de caminos, contaminación, pesticidas, etc). Esta preocupación es particularmente mencionada por parte de habitantes de la zona norponiente.

4. Se indica la necesidad de abordar como problema de conservación del ecosistema y por lo tanto necesario de monitorear, los problemas asociados al manejo de residuos domiciliarios y fosas sépticas. Igualmente la necesidad de monitorear la contaminación generada por la descarga ilegal de residuos sólidos, vertederos industriales clandestinos, particularmente en Cabo Blanco y la zona suroriente y el monitoreo de residuos líquidos de los campos lecheros.

5. Se propone establecer una vinculación de las actividades del monitoreo con los sistemas productivos. Hay una percepción generalizada de que se ha puesto el foco en el daño al turismo, pero la agricultura y la ganadería, en particular la de tipo familiar o pequeña escala, sufre efectos del desastre y mantienen razonables dudas sobre una serie de efectos medioambientales que dañan la producción o la productividad.

6. Se solicita monitoreo y acciones de control para especies introducidas muy dañinas para la economía familiar y para la conservación del ecosistema. Particularmente relevantes por las menciones de informantes en casi todas las zonas son el visón, la chaqueta amarilla y hay preocupación por los efectos que otras, de aumento explosivo, puedan tener en el humedal tales como la flecha blanca.
7. Se sugiere la necesidad de indagar sobre el aumento de la resistencia a agentes contaminantes (principalmente en relación al agua) por parte de las especies que habitan el humedal.

Indicaciones en relación a las técnicas y lugares de monitoreo

1. Frente a las dudas en torno a la contaminación del agua se propone prestar especial atención al monitoreo de calidad del agua en zonas habitadas (río, pozos, esteros) y formas más directas y transparentes para comunicar los resultados a los/as interesados. Además, en esta línea hay una solicitud específica de monitoreo de esteros contaminados por efecto de las forestales en la zona norponiente y una indicación para el control y monitoreo de pozos sépticos cerca de cursos de agua.

2. Se solicita realizar muestreos de calidad del agua y contaminantes donde comienzan los brazos de ríos tributarios, porque de acuerdo a las/os informantes la contaminación se acumula en esos lugares.

3. Se propone que el monitoreo por contaminación del agua se realice también en las zonas ribereñas y la franja intermareal, ya que aún tiene

usos productivos (cultivos y ganado) y se han observado cambios cualitativos de comportamiento del ganado, así como de productividad y sanidad vegetal.

Indicaciones a los modos de comunicación e información

1. Se propone que el monitoreo cuente con mecanismos públicos de comunicación de los avances y hallazgos en sus distintos componentes, elaborado en lenguaje simple y distribuido en las distintas comunidades. Varios/as informantes establecen una duda razonable sobre el grado de vinculación entre potenciales hallazgos del monitoreo y la responsabilidad de la empresa u otros agentes para hacerse cargo de los daños.

2. Frente a cambios en el ecosistema o identificación de agentes provocando daños en el HRC, se propone establecer mecanismos claros y expeditos de denuncia y comunicación desde las localidades, así como medios materiales para la vigilancia. Se indica que una vigilancia efectiva debe contar con los actores locales y no sólo CONAF o Carabineros.

En relación a la continuidad del monitoreo del CEL y la disposición de los actores locales a seguir participando, las respuestas, en general, son positivas. Sin embargo, la desconfianza institucional en torno a la efectividad de los estudios para recuperar y conservar el humedal, así como la desconfianza generalizada sobre el comportamiento ambiental de la empresa, dificulta proyectar este trabajo en el tiempo sin provocar cierto agotamiento e incredulidad en la población. No obstante lo anterior, durante el estudio se registraron algunas respuestas muy positivas en torno al rol que este tipo de investigación pueda tener en dar voz a las comunidades sobre estas materias. Para ilustrar esta disposición se reproduce el siguiente diálogo.

Investigadora: *¿Y usted cree que las personas que viven cerca del humedal deberían participar de alguna suerte de monitoreo del humedal, en complemento al trabajo que los científicos puedan realizar?*

Informante: *Claro, estas visitas que hace usted yo creo que son buenas, porque ahí se va interiorizando de lo que está pasando. Así como me está preguntando a mí, le puede preguntar a un grupo de gente, entonces ese grupo de gente también le va a responder, y ahí va sacando conclusiones. Yo creo que es la única forma. Porque uno hacer algo por… es medio difícil, siempre se preocupa más por lo de uno. ¿Y qué podríamos hacer nosotros? Mirando un montón de espacios, no podríamos hacer nada, no sé, nos preocupamos sí cuando llegan turistas, de recoger los papeles que botan, la mugre esa, pero en el río ya meternos a algo más es como algo mayor para nosotros. Pero es bueno lo que hacen ustedes de venir a visitarnos y hacer este tipo de preguntas, este tipo de charlas, qué sé yo, que en algo yo creo que ayudan al sistema, ¿cierto?, lo mejora o yo creo que en ningún caso lo va a desmejorar, siempre vamos a tratar de ir mejorando. (...) Por eso es bueno que personas como ustedes salgan así a terreno y hagan esas entrevistas, como lo estamos haciendo ahora* (Habitante 4, Punucapa, noviembre 2014)

4.14.5. Discusión

En este estudio se ha constatado una importante vinculación y conocimiento del ecosistema por parte de los habitantes de las localidades ubicadas alrededor del HRC. En el contexto de la investigación la mayoría de los entrevistados identifican transformaciones negativas concretas asociadas al desastre ambiental de 2004 y responsabilizan como agente principal de este daño a la Planta Valdivia de la empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A.. No obstante lo anterior, los actores locales también manifiestan un alto grado de conciencia y conocimiento sobre actividades que ellos y otros agentes practican y han practicado y que también contribuyen al deterioro del socioecosistema (uso de pesticidas, basurales clandestinos, rellenos industriales, caza y pesca ilegal, etc.), así como la fragmentación y pérdida de efectividad del conocimiento ecológico, en otras situaciones emergentes.

Además, es importante establecer las limitaciones de este estudio para capturar y comprender de un modo profundo y dinámico el sentido holístico que le otorgan ciertas personas de gran sabiduría y experiencia a lo que desde la ciencia

denominamos conocimiento ecológico local. Con este reconocimiento no se pretende generalizar ni hacer la equivalencia de que todo actor local porta y practica una sabiduría ambiental intrínseca, pues hay individuos y grupos también dentro de las comunidades que no contribuyen a la conservación de su ecosistema. Sin embargo, es la convivencia cotidiana con distintos agentes no humanos en un paisaje pleno de belleza escénica lo que otorga integridad a los proyectos de vida asentados en estos territorios. Por ello, al acercarnos a las conclusiones de este estudio pensamos que nada retrata mejor este sentido holístico que lo expresado por esta agricultora de Punucapa:

Porque los animales tienen entendimiento, pero todo animal tiene entendimiento. Yo a veces me quedo con la boca abierta del entendimiento que tiene todos los animales, ¡si solamente les falta hablar! Es que uno nunca se detiene -cuando es más joven- a ver, o no sé, a convivir, no cierto, con todo esto. Los animales saben todo. A mí de repente… me asusto, me asusto, porque los animales saben, yo hablo de este gato y él puede estar por allá y él sabe que yo estoy hablando de él. El perro es igual, a un silbido mío -él no le hace caso a nadie-, a un silbido mío él donde esté llega…(…).

Hay una pareja de bandurrias que duerme en dos pinos grandes aquí arriba, y cuando me ven empiezan (imita el sonido), y yo les digo '¡qué están haciendo ahí, locas, ya despertaron ya!', les digo en la mañana (imita el sonido), ¡como que me responden! Dios mío, dijera, me viera alguien, diría esta señora está loca (risas), ¡está hablando con los pájaros! (risas). Pero yo por eso digo, los animales a una ya la conocen, le tienen… tienen tanto entendimiento. Claro, como uno no les hace nada, entonces ellas duermen tranquilas, pero a la orilla de la casa, ve. Pero todo eso uno lo ve ahora con los años, porque cuando uno es más joven no ve esas cosas, no ve esas cosas, entonces por eso dicen, 'esta vieja se puso tonta'. Mi marido a veces me dice 'esta mujer está tonta –dice- hablando con los perros, con los gatos'. Yo le digo 'si ellos me entienden, tú no me entiendes' (risas).

Nosotros tenemos harto bosque nativo, nosotros somos los únicos que estamos quedando con bosque nativo,… yo cuando llegué aquí esto estaba casi pelado, porque esto estaba abandonado, o sea, de los abuelos, los abuelos se murieron, los tíos se murieron, entonces esto estaba aquí. Estas personas de aquí de los lados sacaban leña, vendían, a la hora que se les ocurría entrar le sacaban y esto estaba… pero si ahora esto se ha vuelto a regenerar, se ve, ahí hay un castillo precioso de puro hualle y coihue, hay un castillo precioso ahí, y para atrás ahí tú te quisieras ver los coihues que hay, que usted los mira para arriba y se llega a marear. Es un esto… y eso está ahí, nosotros no dejamos cortar nada, no cortamos nada nosotros de eso, todo lo contrario, estamos protegiendo el bosque nativo. Aquí atrás hay un coihue muy viejo y da mucha semilla, ¡y viera cómo han salido los nuevos!, así que cercamos todo eso, lo cercamos pa que no entre ningún animal, para que se vuelvan a regenerar los coihues. Si los cuidamos nosotros (Agricultora 1, Punucapa, noviembre 2014)

4.14.6. Conclusiones

En relación al objetivo de generar parámetros que faciliten el monitoreo del CEL las principales conclusiones son las siguientes:

- Se identificaron una serie de hitos históricos relevantes para la organización de las experiencias y percepciones locales sobre el devenir del HRC y que son decisivos para la actual comprensión del socioecosistema. Los efectos del terremoto del año 1960, el fin de circulación de los vapores, el cierre de los puertos y el desastre ambiental de 2004, son experiencias negativas y que los habitantes vinculan con el empobrecimiento gradual pero sostenido de la vida económica y social de las comunidades, lo que se traduce en abandono de ciertos espacios y actividades tradicionales y la migración de los jóvenes.
- En el ámbito de las experiencias positivas, predominan relatos previos a la crisis de un ecosistema acuático abundante en especies ícticas, avifauna y de aguas cristalinas, además de gran actividad y movimiento de pasajeros y carga por el río. También se destaca la importancia del río para la vida familiar y cultural, que si bien perdura como memoria, en la práctica se ha

visto seriamente limitada por efecto de la contaminación y la desconfianza. Todos las/os informantes consultados reconocen el año 2004 como el inicio de un período de profunda crisis ambiental e identifican primariamente a la Planta de Celulosa de Valdivia como agente responsable de la misma.

• En cuanto al parámetro de transformaciones, éste se operacionalizó en una serie de socio-bio-indicadores que permitieron registrar los cambios detectados por los informantes en el medio biótico y social para los últimos 10 años. La riqueza y variedad de la información recopilada da cuenta tanto de las complejas interacciones socioecosistémicas como de la capacidad perceptiva de los informantes para dar cuenta de estos cambios a través de precisas observaciones. Si bien hay información que evidenciaría la recuperación de ciertos organismos y sistemas, por ejemplo el Luchecillo y el aumento de los Cisnes, también lo hay en la dirección contraria, es decir la drástica disminución de otras especies, como el Coipo y la Tagua, y la alteración ecosistémica en direcciones insospechadas, por ejemplo el aumento de especies como la flecha de agua, o directamente negativas como en el caso del Visón. Parte de los relatos que han dado origen a los socio-biondicadores, están asentados en un estrecho conocimiento ecológico, mientras otros manifiestan la incertidumbre local frente a cambios desconocidos.

• En relación a los socio-indicadores, destacan, negativamente, aquellos que evidencian una profunda desconfianza institucional y divisiones intra y entre comunidades. Estas transformaciones están asociadas tanto al desastre ambiental como al manejo posterior a la crisis por parte de la empresa, los servicios públicos e incluso las universidades. Entre los indicadores de cambio de mayor preocupación para las comunidades humanas se encuentran los niveles de contaminación del agua y sus efectos en la salud, las actividades productivas y los usos domésticos y recreativos.

• Con respecto a las amenazas, nuevamente aparece la desconfianza institucional como un elemento que puede incidir negativamente en cualquier iniciativa interinstitucional para la recuperación del HRC. Esta desconfianza no debe entenderse como un estado o disposición permanente

de las comunidades, sino como un efecto de las transformaciones negativas sufridas por ellas en los últimos años y por el sentimiento bastante generalizado de no haber sido suficientemente consideradas durante el desarrollo de esta crisis ambiental. Contribuyen a esta desconfianza las amenazas latentes a la salud humana y animal provocada por agentes contaminantes que, a juicio de los informantes, no han sido del todo aclaradas.

• Otras amenazas transversales para la conservación el ecosistema son la irrupción del visón, que aparece como factor de preocupación común en todas las zonas del estudio, la escasez hídrica atribuida al aumento de las plantaciones forestales, especialmente en el sector norponiente del humedal y las transformaciones en el cambio uso del suelo provocado por la presión inmobiliaria en el suroriente.

• A lo largo del desarrollo del estudio se ha constatado una disposición positiva de los informantes para participar de este proceso y una comprensión cabal de la importancia del tipo de información que genera el estudio del conocimiento ecológico local. No obstante lo anterior, no es posible asegurar a priori la mantención de esta disposición a participar del proceso de monitoreo, pues la desconfianza se extiende al grado de efectividad que estos estudios puedan lograr para el mejoramiento de la vida comunitaria y la recuperación del HRC.

4.14.7. Referencias

Bahamonde, N.; Carstens, B. 2012. Álbum de Punucapa. Imágenes e historias de una comunidad rural de Valdivia. Ediciones Kultrún: Valdivia.

Barrientos, M. s/f. Apuntes personales para CONAF (2006) “Plan Integral de Manejo Ambiental del Humedal del Río Cruces (PIGA)”. Material inédito.

Blaikie, P.K., Brown, P., Dixon, P., Sillitoe, M., Stocking & Tang, L. 1997. Knowledge in action: local knowledge as a development resource and barriers to its incorporation in natural resource research and development. Agricultural Systems 55:217–237

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. Ecological applications 10: 1251-1262.

Escobar, A. 2000. El lugar de la naturaleza y la naturaleza del lugar: ¿globalización o postdesarrollo? En: Edgardo Lander (comp.) La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas Latinoamericanas. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.

Fairclough, N. 1992. Discourse and Social Change. Cambridge: Polity Press.

Gómez-Baggethun, E. (2009). Perspectivas del conocimiento ecológico local ante el proceso de globalización. Papeles de relaciones ecosociales y cambio global 107: 57-67.

Ingold, T. 2000. The Perception of the Environment: Essays in livelihood, dwelling and skill. Londres & New York: Routledge.

Joas, H. 1996. The creativity of social action. Chicago: The University of Chicago Press.

Leff, E. 2006. Aventuras de la epistemología ambiental: de la articulación de las ciencias al diálogo de saberes. México: Siglo XXI.

Long, N. 2001. Development Sociology: Actor Perspectives. London: Routledge.

Ministerio de Educación (MINEDUC). 2014. Fichas de establecimientos educacionales. En línea. Disponible en http://www.mime.mineduc.cl/mvc/mime/portada

Molitor, M. 2008. Sobre la Hermeneútica Colectiva. Revista Austral de Ciencias Sociales, N° 5, 2001, pp. 3-14.

Noë, A. 2004. Action in perception. MIT Press.

Pedersen, P. 1992. Historia de San José de la Mariquina (1551-1900)- Ediciones de la Frontera. Santiago, Chile.

Reyes-García, V. 2007. El conocimiento tradicional para la resolución de problemas ecológicos contemporáneos. Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global 100: 109-116.

Reyes-García, V. 2009. Conocimiento ecológico tradicional para la conservación: dinámicas y conflictos. Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global 107: 39-55.

Saldivia, S. 2011. Mariküga, entre historia y memoria. Santiago, Chile.

Schatzki, T. 2002. The site of the social. A philosophical account of the constitution of social life and change. Pennsylvania: The Pennsylvania State University Press.

Schatzki, T. 1996. Social practices. A Wittgensteinian Approach to human activity and the social. Cambridge: Cambridge University Press.

Villanueva, M. 2014 “Misión de Pelchuquín. Imágenes y relatos de lo personal a lo colectivo 1950-1980”. Imprenta Austral: Valdivia.

Warburton, H. and A. Martin. 1999. Local people’s knowledge in natural resources research. Socio-economic Methodologies for Natural Resources Research. Chatham, UK: Natural Resources Institute.

4.15. Servicios Ecosistémicos (Estudio 15)

4.15.1. Antecedentes

Dejando atrás la división disciplinaria entre ciencias sociales y ecológicas, un número creciente de investigadores/as han comenzado a integrar ambas disciplinas bajo el enfoque analítico del sistema socio-ecológico (de aquí en adelante SSE en singular y SSEs en plural), generando marcos conceptuales (Folke, 2006; Gallopín, 2006; Ostrom, 2009; Collins *et al*., 2011) y metodologías aplicadas a casos de estudio (Adger *et al*., 2005; Chapin *et al.*, 2006; Raymond *et al*., 2009; Ernst *et al*., 2013).

Bajo la perspectiva de análisis del SSE, se reconoce la mutua influencia entre subsistema social (humano) y subsistema ecológico (biofísico) (Gallopín, 2006), tomando en consideración que el comportamiento humano genera eventos de diversa magnitud, frecuencia e intensidad que afectan la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, lo que a su vez altera la capacidad de éstos para proveer servicios ecosistémicos (de aquí en adelante SE en singular y SEs en plural) fundamentales para el bienestar humano (MEA, 2005a; Collins *et al*., 2011).

Si bien dentro de la literatura científica se reconoce la importancia que los SEs tienen sobre el bienestar humano (MEA, 2005a), los medios de vida y las actividades económicas de los grupos sociales vinculados al ecosistema que los provee (TEEB, 2010), constantemente son ignorados o subvalorados en los procesos de toma de decisiones que afectan a SSEs a distintas escalas espaciales (Swinton *et al.*, 2007). En gran medida, lo anterior ocurre ya que las decisiones que producen cambios significativos en los ecosistemas se generan considerando en primera instancia criterios de costo-beneficio económico, mientras buena parte de los SEs carecen de valor monetario y no se transan en los mercados. Por tal motivo, a escala planetaria se acelera la degradación de los ecosistemas por factores antrópicos, como el cambio de uso de suelo, la extracción no sustentable de materia y energía desde el capital natural y la contaminación del agua, suelo y aire como consecuencia de procesos de explotación industrial (MEA, 2005a).

Entre los ecosistemas más expuestos y sensibles a estas modificaciones se encuentran los humedales (MEA, 2005b). No obstante, la importancia de estos ecosistemas en relación a la provisión de diversos SEs, ha sido ampliamente reconocida en la literatura científica (MEA, 2005b; Hein *et al.*, 2006; Ramsar, 2009; Palomo *et al.*, 2014). Particularmente, los humedales constituyen el hábitat para una gran diversidad de aves, peces, plantas y contribuyen sustancialmente en la regulación del clima global, el control de las inundaciones y la erosión, proveen alimentos, fibra y forraje, y permiten la creación de espacios para la educación, la investigación científica y la recreación (MEA, 2005b, Ramsar, 2009).

En este contexto, el objetivo general de este estudio es la evaluación de los SEs del humedal del Río Cruces y sus ríos tributarios (de aquí en adelante HRC). El estudio analiza los SEs bajo el esquema de *cascada*, propuesto por Haines-Young & Potschin (2010), vinculando directamente los SEs con las funciones ecosistémicas que los generan y con los beneficios y valores que estos SEs entregan a las comunidades humanas a distintas escalas espaciales y temporales.

Dentro de este marco, el estudio propone como objetivos específicos **1)** generar una delimitación espacial del SSE-HRC; **2)** Identificar las principales funciones ecosistémicas y los SEs que provee el SSE-HRC, y analizar su vinculación; **3)** Identificar de manera espacialmente explícita áreas de valor en relación a la provisión de SEs dentro del SSE-HRC; **4)** Identificar de manera espacialmente explícita fuentes de y zonas bajo amenaza en el SSE-HRC; y **5)** Sugerir métodos de valoración que puedan ser útiles para una planificación basada en la integridad ecológica y bienestar social del SSE-HRC[27].

[27] Durante el proceso de investigación, algunos de los objetivos específicos fueron ajustándose o modificándose. Particularmente, el objetivo número 3 del informe de avance, *Identificar los actores sociales vinculados a la provisión y demanda de los SEs del HRC y cómo los SEs contribuyen a su bienestar*, no fue finalmente desarrollado y por tanto no se presenta en este informe final. Los motivos son principalmente de carácter metodológico, ya que en principio se pensó, para el cumplimiento de este objetivo, obtener una muestra de tipo probabilística basada en encuestas que permitieran posteriores inferencias sobre una población mayor, así como extraer y analizar información proveniente

El estudio se organiza de la siguiente forma: La sección 2 presenta el marco teórico en que se sustenta la investigación, la sección 3 expone la metodología utilizada, la sección 4 entrega los resultados y finalmente, en la sección 5 se discuten los principales hallazgos y se entregan las conclusiones del estudio.

4.15.2. Marco teórico

Se consideró el marco de análisis de los SEs (MEA, 2005a; Haines-Young & Potschin, 2010) y el enfoque de los SSEs (Chapin *et al.*, 2006; Young *et al.*, 2006; Ostrom, 2009; Collins *et al.*, 2011), como referencias teóricas útiles para el desarrollo del trabajo, entendiendo los SEs como las contribuciones que los ecosistemas realizan para el bienestar humano (Haines-Young & Potschin, 2010) y el SSE como aquel donde ocurre la interacción mutua entre poblaciones humanas y ecosistema, a cualquier escala espacial o temporal. Siguiendo las ideas de Schröter *et al.* (2014), los ecosistemas cuentan con la potencialidad de largo plazo de entregar SEs para el bienestar humano, la que puede ser incrementada o reducida por medio de prácticas de manejo y cambios en la cobertura y uso del suelo. Por otro lado, un determinado SE puede ser utilizado directamente para satisfacer una necesidad humana fundamental (para mayor detalle sobre las necesidades humanas, revisar Max-Neef, 1991), incorporándose a una función de utilidad (*e.g.* de una unidad económica familiar), o utilizado como un insumo o bien económico, incorporándose a una función de producción (*e.g.,* de una empresa agrícola) (Schröter *et al*., 2012).

El uso corriente que se da a un determinado SE constituye un flujo que emerge desde el subsistema ecológico hacia el subsistema social. Particularmente, los SEs pueden ser clasificados en servicios de provisión, regulación y culturales (Haines-Young

---

del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Sin embargo, durante el desarrollo de la investigación, se estimó que la realización de entrevistas extensas a un grupo específico de personas, contribuiría a dar una mayor profundidad a los resultados y alcances de este diagnóstico. Adicionalmente, la utilización de la información proveniente del Censo Agropecuario y Forestal, implicaba destinar bastante tiempo a trasformar la información censal disponible a escala comunal, a información relevante a nivel de localidad, escala espacial relevante para esta investigación. No obstante, se considera relevante abordar los aspectos centrales planteados en el objetivo específico número 3 en futuras investigaciones sobre SEs en el HRC.

& Potschin, 2010), los que contribuyen en distinta medida a otorgar seguridad, materiales básicos para la realización de una buena vida, salud y buenas relaciones sociales en el subsistema social (MEA, 2005a).

Sucesos naturales y antrópicos, que pueden ser clasificados como pulsos y presiones (Collins *et al.*, 2011), generan alteraciones sobre los ecosistemas y su capacidad de proveer SEs. Los pulsos constituyen eventos discretos que cuentan con una intensidad, frecuencia y magnitud (*e.g*., derrame de desechos tóxicos sobre un río, sequías, aplicación de pesticidas), mientras las presiones son eventos sostenidos y crónicos, en los que sólo es variable su intensidad (*e.g*., cambio climático, cambio de uso del suelo, erosión del suelo). Tanto pulsos como presiones generan cambios en la estructura y funciones de los ecosistemas. Estos cambios a su vez producen alteraciones tanto en la capacidad como en el flujo de SEs que circula hacia el subsistema social, cambios que a su vez inciden en el bienestar y comportamiento de las poblaciones humanas (Collins *et al.*, 2011).

En el modelo de *cascada* (Haines-Young & Potschin, 2010), el bienestar se asocia a la generación de beneficios tangibles e intangibles, directos e indirectos. Los seres humanos valoran estos beneficios en distinta medida dependiendo de una serie de condiciones, que van desde consideraciones éticas hasta su condición socioeconómica y sociocultural.

Particularmente, los valores sociales y económicos de los SEs han cobrado gran importancia no sólo desde la investigación sino también desde la toma de decisiones y han sido evaluados espacial y no espacialmente.

La evaluación espacial constituye un método consistente que permite analizar las localizaciones, distribuciones, asociaciones, interacciones y evoluciones espaciales al abordar la relación entre sociedades y su entorno (Buzai & Baxendale, 2011). Actualmente las herramientas de la geoinformática han potenciado las posibilidades analíticas para abordar problemáticas socio-espaciales, constituyéndose en una herramienta ampliamente validada en los análisis socio-ambientales integrados (Bryan *et al*., 2010; Sherrouse, 2011; Fagerholm *et al*., 2012; Palomo *et al.,* 2014).

El manejo de recursos naturales implica el involucramiento de distintos grupos (Hatton *et al.,* 2013), dentro de los cuales, tanto la comunidad local como la científica esperan y exigen que múltiples valores sean incorporados en los planes de manejo de ecosistemas (Raymond *et al.,* 2009). A pesar de esto, aún se percibe el descuido de algunos métodos de evaluación de SEs que dejan fuera los valores sociales o intangibles (Raymond *et al.,* 2009; Fagerholm *et al.,* 2012).

Los beneficios de indagar en el valor que las personas atribuyen a los ambientes están siendo cada vez más reconocidos entre instituciones que planifican los recursos naturales, catalizando en algunos casos la toma de conciencia de la ciudadanía en torno a los beneficios de la naturaleza y la incorporación del conocimiento ecológico local en la toma de decisiones (Fagerholm *et al.,* 2012). En el caso del estudio que actualmente se desarrolla en el HRC, la necesidad de identificar los SEs y además conocer los valores que se despliegan desde diversas experiencias situadas en el SSE-HRC, hizo necesario buscar una técnica que incorporara tanto las opiniones de científicos/as, como las valoraciones de ciudadanos/as.

La búsqueda del valor social respecto del medioambiente se orientó a consultar a un grupo de ciudadanos/as acerca de qué es lo que valoran en el HRC, considerados/as como sujetos con una experiencia situada en el territorio. De esta forma, el concepto de valor fue asociado a "ideas, comportamientos, resultados y experiencias" y considerado como un elemento que puede adaptarse pero que por lo general es percibido como estable (Adamowicz *et al.,* 1998 en Hatton *et al.,* 2013).

4.15.3. Material y métodos

4.15.3.1. Delimitación del SSE-HRC

Para la delimitación del SSE-HRC se realizó una búsqueda y análisis de marcos conceptuales descritos en la literatura científica sobre los enfoques de SSEs y SEs. A partir de esto se determinó adaptar los marcos conceptuales de Collins *et al.* (2011) y MEA (2005a), como referencias teóricas para una delimitación del SSE-HRC. Tomando en cuenta ambos marcos conceptuales, se fijó un área espacialmente acotada considerando los grupos humanos cercanos al HRC, entendiendo que este ecosistema

es parte de un sistema hidrográfico más extenso, compuesto por un río principal y sus afluentes secundarios, que a su vez están contenidos en la macrocuenca del río Cruces, que forma parte de la hoya hidrográfica del Río Valdivia (Muñoz-Pedreros *et al*., 2012) y que por su condición estuarial, se encuentra en permanente interacción con las masas de agua de mar a través de los procesos de marea. Al mismo tiempo, se reconoce la relación dinámica de mutua influencia entre las poblaciones humanas y el ecosistema HRC, la que en un proceso de co-evolución genera alteraciones en la capacidad y flujo de SEs que el HRC provee.

Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, los humedales funcionan como vínculo entre los recursos terrestres e hídricos (EPA, 2014). Bajo esta premisa, la EPA asocia a los sistemas de humedales con las cuencas que los contienen, asumiendo que los humedales proveen de ciertos SEs como el control de inundaciones, la disponibilidad y calidad del agua, entre otros. Así, sus programas de protección están en concordancia con los programas de manejo de cuencas (*Watershed Planning).* Siguiendo la misma lógica, se consideró en este estudio a la macrocuenca del río Cruces, es decir, la cuenca que se inicia en la precordillera andina próxima al lago Calafquén y se cierra en la desembocadura del río Cruces hacia el río Calle Calle. Para verificar los límites de la cuenca se realizó una modelación que incluyó los siguientes insumos y procesos:

- Cálculo de la dirección del flujo hídrico por medio de análisis de pendiente. Insumo: modelo de elevación digital de 30m el píxel (Aster Gdem, fuente: Meti & Nasa, Japón).
- Cálculo de acumulación del flujo de agua.
- Punto de desembocadura de la cuenca.

La modelación fue ajustada manteniendo la consistencia con la cuenca delimitada por el equipo que elaboró el estudio número 12 del presente diagnóstico: “Estado actual del uso del suelo en el área de influencia del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios”. También se determinó incluir a la ciudad de Valdivia dentro del área de estudio, debido a la importancia relativa que tiene la magnitud de su población en influenciar la capacidad y el flujo de SEs que genera el HRC.

4.15.3.2. Identificación de las principales funciones y SEs del HRC y análisis de su vinculación

Se realizó una revisión de la bibliografía científica nacional e internacional, así como reportes y estudios vinculados con las propiedades e importancia de los humedales en general y el HRC en particular. Para la revisión de literatura científica se utilizó la base de datos ScienceDirect, donde se generaron perfiles de búsqueda conectando los conceptos *ecosystem service*, *ecosystem function*, *wetland*, *río Cruces*, *socio-ecological system* y *mapping*. Los artículos y reportes fueron clasificados y analizados. Adicionalmente, se consultó el trabajo desarrollado por el equipo de investigación del protocolo de mapeo de SEs ECOSER (http://www.eco-ser.com.ar/), quienes han indagado en el vínculo entre funciones ecosistémicas y SEs. A partir de lo anterior, se obtuvo una lista de funciones ecosistémicas y SEs que se estima el HRC general provee.

Con la lista de funciones y SEs determinada, se consultó a un grupo de científicos/as y profesionales del sector público (a nivel comunal), con distinto grado de vinculación al HRC, sobre la influencia relativa que cada una de las funciones ecosistémicas tiene sobre la provisión de cada SE que el humedal genera. Para esto se diseñó un cuestionario el que fue enviado a cada científico/a y profesional del sector público vía correo electrónico. El grupo de encuestados/as se definió a partir del conocimiento científico que cada uno/a tenía sobre distintas estructuras y procesos bióticos y abióticos del ecosistema, el cual fue generado a partir de acciones de investigación científica, monitoreo y/o planificación sobre el HRC. Los/as científicos/as y profesiones del sector público fueron seleccionados/as mediante una metodología de bola de nieve. La metodología de bola de nieve es una técnica de muestreo no probabilístico que es usada para identificar personas potencialmente difíciles de localizar. El método funciona como una cadena de referencia, donde una muestra inicial de personas lleva a otras dentro del universo poblacional que se busca, las que a su vez pueden llevar hacia otros/as integrantes de la misma población (Frank & Snijders, 1994).

El cuestionario presentaba una breve explicación sobre la delimitación del SSE-HRC, así como la definición de cada función y SE determinado como relevante. A partir

de esta información, se solicitó a cada científico/a y profesional del sector público, indicar la relevancia relativa de cada función ecosistémica en la provisión de cada uno de los SEs, mediante una escala numérica del 0 al 4, donde 0= nada relevante; 1= poco relevante; 2= medianamente relevante; 3= bastante relevante; 4= extremadamente relevante y N/S= no sabe, no responde. La información fue presentada en una matriz de m filas por n columnas, con m igual al número de SEs, mientras n igual al número de funciones ecosistémicas. Las personas debían establecer su valoración en cada celda de la matriz.

Una vez que se obtuvo la valoración de todas las personas, se determinó el número de opiniones válidas (*i.e.* distinto de N/S), la moda y el porcentaje de acuerdo en las respuestas, así como la influencia relativa de cada función ecosistémica sobre la provisión de cada SE. La Ecuación 4.15.1 presenta la relación entre la provisión del SE j y las n funciones que lo determinan;

$$SE_j = \sum_{i=1}^{n} \beta_{ij} F_i \qquad (4.15.1.)$$

Donde β_{ij} es el parámetro que representa la influencia relativa de la función ecosistémica i sobre la provisión del SE j, mientras F_i representa un indicador de la función ecosistémica i.

Para determinar el valor del parámetro β_{ij} se construyó una nueva matriz de k filas y $m * n$ columnas, con k igual al número de científicos/as y profesionales del sector público consultados. Cada fila de esta nueva matriz representa la matriz de valoración original de cada uno de los científicos/as y profesionales del sector público consultado/a.

Se calculó el valor promedio de cada una de las $m * n$ variables de la nueva matriz, excluyendo las celdas marcadas con la sigla N/S (no sabe/no responde). Con lo anterior se generó una distribución de los valores promedio de la influencia relativa de cada una de las n funciones ecosistémicas sobre cada uno de los m SEs. La Ecuación 4.15.2 presenta este valor promedio para la influencia relativa de la función ecosistémica i sobre el SE j,

$$b_{ij} = {\sum_{z=1}^{k} a_{ijz}}\Big/_{k'} \qquad (4.15.2.)$$

Donde b_{ij} representa el valor promedio de la influencia de la función i sobre el SE j, a_{ijz} es la valoración individual que el/la científico/a o profesional del sector público z da a la influencia de la función i sobre el SE j y k' es el número de científicos/as y profesionales del sector público que valoró esta influencia (valores distintos a N/S). Cada valor b_{ij} fue dividido por la suma de todos los promedios obtenidos para la influencia relativa de las n funciones sobre un determinado SE j, con el propósito de obtener valores estandarizados en un rango de 0 a 1. La Ecuación 4.15.3 muestra este valor estandarizado,

$$\beta_{ij} = {b_{ij}}\Big/_{\sum_{i=1}^{n} b_{ij}} \qquad (4.15.3.)$$

Donde β_{ij} corresponde al parámetro estandarizado que acompaña a la función ecosistémica i en la ecuación que determina la provisión del SE j (ver ecuación 4.15.1).

4.15.3.3. Identificación espacialmente explícita de áreas de valor en la provisión de SEs en el SSE-HRC

Se conformaron dos grupos de personas para determinar áreas de valor en la provisión de SEs en el SSE-HRC. Mientras por un lado, el factor común entre las personas de ambos grupos fue su conocimiento e interés por el ecosistema HRC, por otro lado, el factor que las diferenció fue la forma de adquirir este conocimiento. El primer grupo se conformó por las/os mismas/os científicas/os y profesionales del sector público consultados previamente por la influencia relativa que cada función ecosistémica tiene en la provisión de cada uno de los SEs identificados (ver sección 4.15.3.2), y representó el conocimiento e interés científico. El segundo grupo, se conformó por personas vinculadas al ecosistema HRC a través de la práctica cotidiana del habitar, su interés por la conservación y/o el desarrollo de actividades de carácter económico enfocadas al turismo, y representó el conocimiento y valor ciudadano. Las personas de ambos grupos fueron identificadas mediante referencias directas, utilizando la metodología de bola de nieve (Frank & Snijders, 1994), intentando contactar a personas con conocimiento integral del HRC en términos espaciales.

Dentro de las posibilidades teórico-metodológicas para abordar el análisis espacial, se optó por emprender una metodología híbrida, que fuera lo suficientemente flexible para incorporar las indicaciones de cada entrevistado/a y admitir la realización de métricas y procesamiento espacial cuantitativo. Es así como se incorporaron algunas ideas de estudios como el realizado en la cuenca baja de Murray-Darling en Australia (Raymond *et al*., 2009; Bryan *et al*., 2010) y en el Parque nacional Doñana, en España (Palomo *et al.,* 2014) y se siguieron las sugerencias extraídas de los análisis de Hatton *et al*. (2013) en torno a las maneras de realizar entrevistas en profundidad y mapeos enfocados en las valoraciones que representantes locales asignan a los usos múltiples del territorio.

Mapeo de intensidad, abundancia y diversidad de SEs desde el conocimiento científico

Se realizó una entrevista de mapeo individual a cada científico/a y profesional del sector público identificado/a como conocedor/a del HRC. Se utilizó un mosaico georreferenciado de imágenes satelitales *Quickbird* del área de estudio (proporcionadas por *Google Earth Pro*) ensambladas, el cual se confeccionó para representar el SSE-HRC bajo todos los criterios descritos más arriba (ver sección 4.15.3.1), constituyéndose en el mapa base del área de estudio, de dimensiones 150 cm x 180 cm y escala 1:23.000, que finalmente fue plastificado para admitir la repetición de mapeos. A las/os entrevistadas/os se les presentó un set de tarjetas, cada una de las cuales contenía una imagen referencial y una descripción de cada SE identificado. Por cada SE, se solicitó a las/os entrevistadas/os delimitar sobre el mapa un máximo de tres áreas de cualquier tamaño y forma donde, de acuerdo a su criterio, el SE fuera provisto por el ecosistema. Una vez el/la entrevistado/a delimitaba las áreas para el primer SE, se le solicitaba valorarlas distribuyendo 10 fichas de color verde sobre ellas, considerando que áreas con un mayor número de fichas verdes representaban una mayor valoración en términos de la importancia en la provisión del SE en cuestión. Cuando todas las fichas verdes estaban distribuidas sobre las áreas, el resultado era registrado mediante una fotografía tomada desde una cámara SRL nivelada sin inclinación sobre un trípode y una serie de fotografías con una cámara

secundaria sostenida en mano. Posteriormente, las fichas eran removidas de la imagen y las áreas borradas, repitiéndose el mismo procedimiento para el segundo SE. El proceso finalizaba una vez que el/la entrevistado/a delimitaba y valoraba áreas para cada uno de los SEs identificados, dando paso al mapeo de amenazas que se detalla más adelante.

La información obtenida de cada entrevistado fue ingresada a una base de datos identificando cada área mediante un campo identificador (columna) que contenía el nombre del entrevistado, el nombre del SE y el número del área (máximo tres áreas por SE). Cada área fue vinculada a su respectiva fotografía. La base de datos fue llevada a un Sistema de Información Geográfica (SIG), digitalizando cada área de acuerdo a la fotografía y a la información proporcionada por el/la entrevistado/a. El total de áreas se almacenó en entidades gráficas con forma geométrica de polígono que fueron vinculadas a la información de la base de datos original. Posteriormente, todos los polígonos fueron individualizados considerando el campo identificador mencionado anteriormente y transformados en capas *raster,* con resolución espacial de 50 metros cada píxel o celda y considerando el área de estudio, lo que resultó en capas *raster* de 944 columnas y 838 filas[28].

A partir de esto se realizaron tres conjuntos de análisis *raster*: 1) primero se hizo un análisis del comportamiento espacial de cada SE (*intensidad del SE-abundancia del SE),* 2) luego se realizó un análisis que combinó los SEs (*diversidad de los SEs)* y 3) finalmente se hizo un análisis integral que combinó el valor de todas la áreas individualizadas (*i.e.,* las áreas identificadas para todos los SEs) medido a través de las fichas verdes asignadas (*intensidad global)*.

Para el primer análisis, se identificó la *intensidad* de cada SE, definida como el valor de la sumatoria de fichas verdes asignadas a cada área (expresadas ahora en celdas con el mismo valor), mientras por otro lado se identificó la *abundancia* de cada SE, definida como la sumatoria de áreas superpuestas (expresadas en celdas con una valoración binaria: 0 y 1; no existe-existe).

[28] La asignación de valor a cada celda se realizó de acuerdo a cada análisis (*intensidad, abundancia, diversidad*), por ejemplo, un área delimitada con un valor *x* de puntaje asignado por medio de las fichas verdes, se transformó a raster y cada celda dentro del área delimitada por el entrevistado adoptó el valor total de fichas del área, el mismo proceso se realizó para los demás indicadores.

Así, se obtuvo un indicador de *intensidad* que diera cuenta de la priorización de áreas según cada SE y un indicador de *abundancia* que permitiera revisar el nivel de "acuerdo" entre los/as entrevistados/as respecto a los sectores del SSE-HRC que contuvieran SEs. La operatoria de *intensidad* se presenta como,

$$Intensidad\ SE_j = \sum_{i=1}^{n} A_{ij} \qquad (4.15.4.)$$

Donde A_{ij} es la capa *raster* que representa el área i delimitada por uno/a de los/as entrevistados/as para el SE j y donde cada capa A_{ij} se compone de celdas de 50 metros cuadrados que poseen el valor de las fichas asignadas. El número total de n capas *raster* para el SE j, corresponde al número total de áreas que delimitaron todos/as los entrevistados/as para el SE j. Las capas *raster* a su vez, se combinan de la siguiente manera:

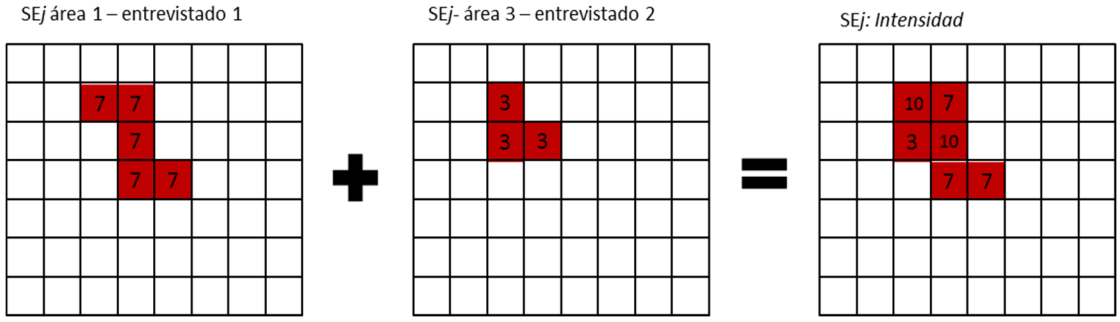


Figura 4.15.1. Ejemplo de operación aritmética para el cálculo de *Intensidad* por SE a través de álgebra de mapas. Para el ejemplo se consideran sólo dos personas entrevistadas. Las celdas en color rojo presentan la valoración que cada una de ellas dio a un área delimitada por la provisión del SE ***j***, mientras las celdas vacías contienen valor *0* y corresponden a píxeles fuera de las áreas delimitadas. La figura de la izquierda representa la capa *raster* que contiene la valoración del área 1 del entrevistado 1 para el SE ***j***, la figura del centro representa la capa *raster* que contiene la valoración del área 3 del entrevistado 2 para el SE ***j***. La figura de la derecha muestra la superposición de capas *raster* y la suma de los valores en las celdas.

Fuente: elaboración propia.

Para analizar las áreas, la *intensidad* de cada SE fue estandarizada en base al valor máximo resultante de la sumatoria de las intersecciones,

$$Intensidad\ estandarizada\ SE_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_{ij}}{valor\ máx} \qquad (4.15.5.)$$

Donde el numerador corresponde a la Ecuación 4.15.4 y el $valor\ máx$ corresponde al valor más alto resultante de la sumatoria de las intersecciones. Por medio de la estandarización, la escala de resultados va del *0* al *1* y permite analizar todos los SEs de manera comparativa en base a una escala relativa.

La *abundancia* fue analizada para cada SE mediante el conteo de áreas intersectadas. Este cálculo permitió complementar al de *intensidad* ya que muestra todas las intersecciones, sin importar el puntaje asignado, informando sobre las áreas donde existía acuerdo sobre la provisión del SE en cuestión. La operación aritmética fue igual al cálculo de *intensidad,* pero esta vez la capa *raster* contenía una valoración binaria, $Abundancia\ SE_j = \sum_{i=1}^{n} Z_{ij}$ (4.15.6.)

Donde Z_{ij} es la capa *raster* que representa el área i delimitada por un/a entrevistado/a para el SE j y donde cada capa Z_{ij} se compone de celdas de 50 metros cuadrados que poseen un valor binario 0 o 1 (no existe-existe). Las capas *raster* a su vez, se combinan de la siguiente manera:

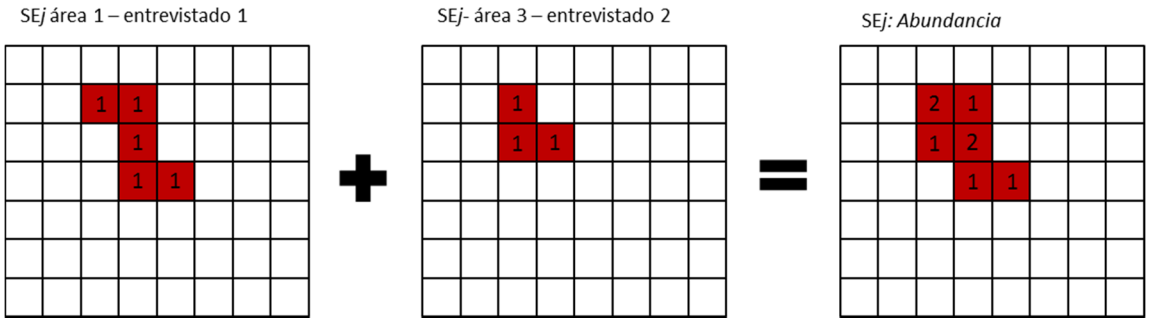


Figura 4.15.2. Ejemplo de operación aritmética para el cálculo de *Abundancia* por SE a través de álgebra de mapas. Para el ejemplo se consideran sólo dos personas entrevistadas. Las celdas en color rojo presentan los píxeles dentro del área delimitada por la provisión del SE ***j***, mientras las celdas vacías contienen valor *0* y corresponden a píxeles fuera de las áreas delimitadas. La figura de la izquierda representa la capa *raster* que contiene el área 1 del entrevistado 1 para el SE ***j***, la figura del centro representa la capa *raster* que contiene el área 3 del entrevistado 2 para el SE ***j***. La figura de la derecha muestra la superposición de capas *raster* y la suma de los valores (binarios) en las celdas. Así, las celdas con valor 1 en la capa *raster* ubicada a la derecha del signo igual, corresponden a celdas que contienen un área delimitada para el SE ***j***, mientras que las celdas con valor 2 contienen dos áreas delimitadas del SE ***j***.
Fuente: elaboración propia.

Esta operación fue realizada en cada SE agrupando todas las áreas que los/las entrevistados/as delimitaron para el SE en cuestión. Para analizar la *abundancia*, se mantuvieron los valores reales de la capa *raster* resultante de la operación aritmética, tal como muestra el ejemplo de la Figura 4.15.2.

El análisis de *diversidad* de los SEs permitió determinar el número de SEs a nivel de celda, a partir de la identificación realizada por los entrevistados/as. El análisis es realizado con las capas *raster* resultantes de la agrupación por SE, con un valor de celda equivalente al código numérico del SE. La operación fue una combinatoria múltiple de capas *raster* y el resultado corresponde a una capa *raster* compuesta de celdas con un único valor por cada combinación única de valores-código SE. Las capas *raster* se combinaron de la siguiente manera:

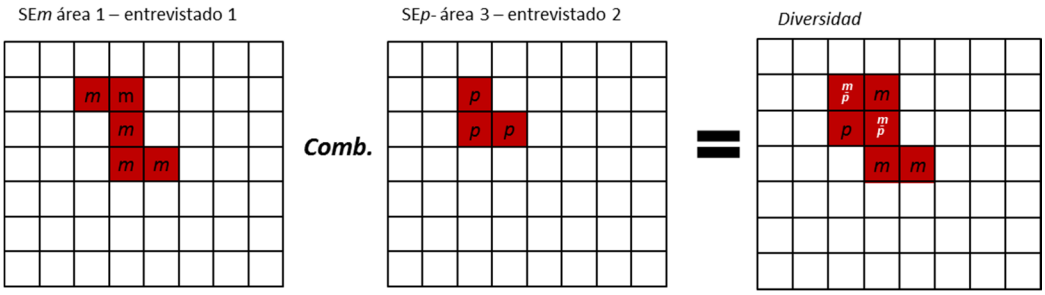


Figura 4.15.3. Ejemplo de combinación cualitativa entre capas *raster* para el cálculo de *Diversidad* de SEs. Para el ejemplo se consideran sólo dos personas entrevistadas. Las figuras que forman las celdas de color rojo, representan áreas de provisión de SEs,, mientras las celdas vacías representan zonas dentro del SSE-HRC, donde no se proveen SEs. La figura de la izquierda representa la capa *raster* que contiene el área 1 delimitada por el entrevistado 1 para el SE $\boldsymbol{m}$; la figura del centro representa la capa *raster* que contiene el área 3 del entrevistado 2 para el SE $\boldsymbol{p}$. La figura de la derecha muestra la superposición de capas *raster* y la combinación de los códigos de ambos SEs ($\boldsymbol{m}$ y $\boldsymbol{p}$) en las celdas. Las celdas con valor $\boldsymbol{m-p}$ en corresponden a celdas contenidas tanto en áreas delimitada para el SE $\boldsymbol{m}$ como para el SE $\boldsymbol{p}$, mientras que las celdas que presentan sólo valor $\boldsymbol{m}$ o sólo valor $\boldsymbol{p}$, se encontraban contenidas en áreas delimitadas para identificar sólo el SE $\boldsymbol{m}$ o sólo el SE $\boldsymbol{p}$, respectivamente.

Fuente: elaboración propia.

Las combinaciones cualitativas de la capa resultante de *diversidad*, fueron transformadas a valoración binaria para identificar la cantidad de SEs diferentes en cada celda, lo que luego fue procesado mediante una sumatoria en la tabla de atributos de la capa *Diversidad*,

$$Diversidad\ (Nº\ de\ SEs)\ = \sum_{i=1}^{n} SE_i \qquad (4.15.7.)$$

Donde SE_i corresponde a la columna del servicio i hasta n, que agrupa a todas las áreas delimitadas para el SE en cuestión, con valor de celda asignado 0 ó 1: no existe-existe. El álgebra de mapas es el mismo que el de la Figura 4.15.2 de *Abundancia.* Este procedimiento permitió verificar la cantidad de SEs diferentes que confluían en un área del HRC y además conocer la combinación específica en cada evento combinatorio.

Finalmente se realizó un análisis de *intensidad global,* donde se combinaron todas las capas *raster*, sin agruparlas por SE y sumando los valores de celdas asignados por medio de las fichas verdes. Esto dio como resultado una capa *raster* con todas las intersecciones posibles de las áreas identificadas por los/as entrevistados/as y la sumatoria que representa la priorización por área,

$$Intensidad\ global = \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} A_{ij} \qquad (4.15.8.)$$

Donde A_{ij} es la capa *raster* que representa el área i delimitada por un/a entrevistado/a para el SE j.

La *intensidad global* fue estandarizada utilizando el valor máximo de la sumatoria en intersecciones, de la misma forma que el indicador de *intensidad por SE,*

$$Intensidad\ global\ estandarizada = \frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} A_{ij}}{valor\ máx} \qquad (4.15.9.)$$

Mapeo de intensidad y diversidad de SEs desde el valor ciudadano

Utilizando el mismo mapa base que en el procedimiento de mapeo con científicos/as y profesionales del sector público, se realizaron entrevistas de mapeo individual con conocedores/as del HRC que sostenían un conocimiento y valor ciudadano sobre el ecosistema. Con base en el proceso de selección de las/os entrevistadas/os, se asumió que potencialmente cada una/o de ellas/os, valoraba

diversos aspectos vinculados al HRC, como la biodiversidad animal y vegetal, las formas y medios de vida que se desarrollan en torno al ecosistema, o el carácter histórico-patrimonial del HRC. Considerando estos valores como formas de entender y representar qué importa a la gente (Chan *et al.*, 2012), la entrevista se orientó a determinar un cierto número de áreas de valor para la/el entrevistada/o, las que posteriormente podían ser vinculadas con la provisión de SEs. De acuerdo al modelo propuesto por Haines-Young & Potschin (2010), la estructura biofísica del ecosistema soporta funciones que a su vez, producen diversos tipos de SEs que generan beneficios para los seres humanos. Estos beneficios son valorados de distintas maneras por los grupos sociales. Considerando este esquema, la entrevista apuntaba a identificar SEs desde las formas de valor que sostienen las personas en torno al capital natural (Raymond *et al*., 2009).

Una vez explicados los objetivos y alcances del estudio, así como los motivos que llevaron a contactar a la persona, la entrevista comenzaba con una conversación abierta en torno a las diversas formas de valor que ésta expresa en relación al HRC. Durante la última parte de la conversación eran introducidos y descritos de forma general los conceptos de SE, SSE y bienestar humano. Posteriormente, se solicitaba a la persona delimitar sobre el mapa base en posición vertical un máximo de 10 áreas que considerara valiosas. Al igual que en el procedimiento de mapeo aplicado a científicos/as y profesionales del sector público, las áreas podían ser de cualquier forma o tamaño. A continuación, se le pedía cuantificar el valor de estas áreas, distribuyendo libremente 50 fichas de color verde sobre ellas. Específicamente, áreas con mayor número de fichas verdes, representarían áreas más valiosas para la/el entrevistada/o. El mapa con las áreas delimitadas e identificadas con un código y las fichas asignadas, era registrado mediante una fotografía tomada desde una cámara SRL nivelada sin inclinación sobre un trípode y una serie de fotografías con una cámara secundaria sostenida en mano. Luego de la delimitación de áreas y valoración mediante fichas, se desarrollaba una conversación sobre las razones de la delimitación y valoración de cada una de las áreas. Durante esta etapa, un/a integrante del equipo de investigación guiaba la conversación mientras otro/a integrante anotaba las ideas más relevantes del relato generado por la/el entrevistada/o en su explicación de la

valoración de cada una de las áreas. Mediante un análisis *in situ*, las ideas centrales del relato eran vinculadas con uno de los SEs determinados previamente por el equipo de investigación (ver sección 4.15.3.2). De esta forma, cada una de las áreas identificadas por la/el entrevistada/o fue asociada a un SE, a partir del contenido del relato que surgió en la entrevista. Adicionalmente, las entrevistas eran completamente registradas con una grabadora de audio, para profundizar y recapitular en aquellos casos donde el análisis *in situ* fuese considerado insuficiente para vincular un área a un SE. La última parte de la entrevista consistía en el mapeo de amenazas, lo que será explicado en la Sección 4.15.3.4.

El procesamiento de la información levantada siguió las mismas etapas de organización que el descrito para científicos/as y profesionales del sector público. La individualización de áreas se hizo de acuerdo a un campo (columna) identificador con el nombre de el/la entrevistado/a, el número de área (entre 1 y 10) y el primer SE identificado por el/la investigador/a durante la conversación sostenida durante el mapeo.

A partir de las áreas transformadas a capas *raster* se calculó la *intensidad global* y luego la *diversidad* (ver los procesamientos y Ecuaciones para el cálculo de *intensidad global* y *diversidad*), que consideró todas las áreas agrupadas por SE a partir de lo identificado desde la descripción del valor entregada por el/la entrevistado/a.

4.15.3.4. Identificación de factores y áreas de amenaza en el SSE-HRC

Mapeo de factores y áreas de amenaza desde el conocimiento científico

El mapeo de amenazas se desarrolló en la última parte de la entrevista a científicas/os y profesionales del sector público. Sobre el mismo mapa se solicitó a cada entrevistado/a delimitar un máximo de tres áreas que indicaran factores de amenaza y/o sectores bajo amenazas de origen antrópico. Posteriormente, se requería distribuir 10 fichas rojas sobre estas áreas, siendo el número de fichas indicativo del grado de amenaza que pesaba sobre cada área o de la intensidad de la amenaza que provoca el factor identificado. Durante el mapeo se les solicitaba a las personas

justificar su delimitación y distribución de fichas, lo cual era registrado con una grabadora de audio digital y posteriormente analizado.

La organización y tratamiento espacial de los datos fueron realizados de la misma forma que en la sección de mapeo desde el conocimiento científico, aplicando el cálculo de *intensidad* (ver Sección 4.15.3.3) pero esta vez considerando como valor de celda, las fichas rojas asignadas en cada área. Los análisis aplicados fueron la *intensidad* y la *abundancia,* donde se combinó el total de capas *raster*, agrupadas por área de amenaza y sumando los valores asignados por medio de las fichas. Esto dio como resultado una capa *raster* con todas las intersecciones posibles de los/as científicos/as y la sumatoria a nivel de celda de las fichas asignadas, es decir, de la priorización por área. La *intensidad de amenazas* fue normalizada utilizando el valor máximo de la sumatoria en intersecciones, de la misma forma que el indicador de *intensidad por SE.*

Mapeo de factores y áreas de amenaza desde el conocimiento ciudadano

El mapeo de amenazas se desarrolló en la última parte de la entrevista. En este caso, se entregaban 20 fichas rojas a la persona entrevistada para que las distribuyera entre las áreas de valor que previamente delimitó (ver Sección 4.15.3.3), o en nuevas áreas delimitadas específicamente como áreas bajo amenaza o donde se identificara uno o más factores que provocaran algún grado de amenaza antrópica sobre el SSE-HRC. Durante el mapeo se les solicitaba a las personas justificar su delimitación y distribución de fichas, lo que era registrado con una grabadora de audio digital y posteriormente analizado.

La organización espacial de los datos se realizó de igual forma que lo descrito en el apartado anterior.

4.15.3.5. Sugerencia de métodos de valoración

La valoración de SEs está siendo incluida cada vez más en las evaluaciones de políticas, planes y programas públicos, aunque aún persiste el debate respecto de hasta dónde los costos y los beneficios asociados a cambios en los ecosistemas y en la provisión de SEs pueden y deben ser cuantificados (Fish *et al*., 2011). Dada la complejidad de los SSEs, existe una variedad de dimensiones distintas de valor relevantes a la toma de decisiones, las cuales pueden ser abordadas de distintas maneras, a saber: i) en términos monetarios a través de la determinación del Valor Económico Total (VET) y donde VET= valor de uso + valor de no uso (valores antropocéntricos instrumentales y no instrumentales); ii) en términos biofísicos y geoquímicos a través de las ciencias naturales (valores no antropocéntricos); y iii) en términos culturales a través de las técnicas interpretativas de las ciencias sociales, las artes y las humanidades (valores antropocéntricos no instrumentales) (Fish *et al.,* 2011; Rincón-Ruiz, 2014.

Cada una de estas dimensiones es válida es sus propios méritos. Del mismo modo, tanto los valores individuales como colectivos son legítimos en la evaluación de los ecosistemas y procesos de toma de decisiones (Turner 2010; Fish *et al*., 2011). La Figura 4.15.4 muestra las relaciones complejas entre la estructura y procesos del ecosistema hasta el valor que las personas le otorgan a los beneficios generados a partir de los flujos de los SE.

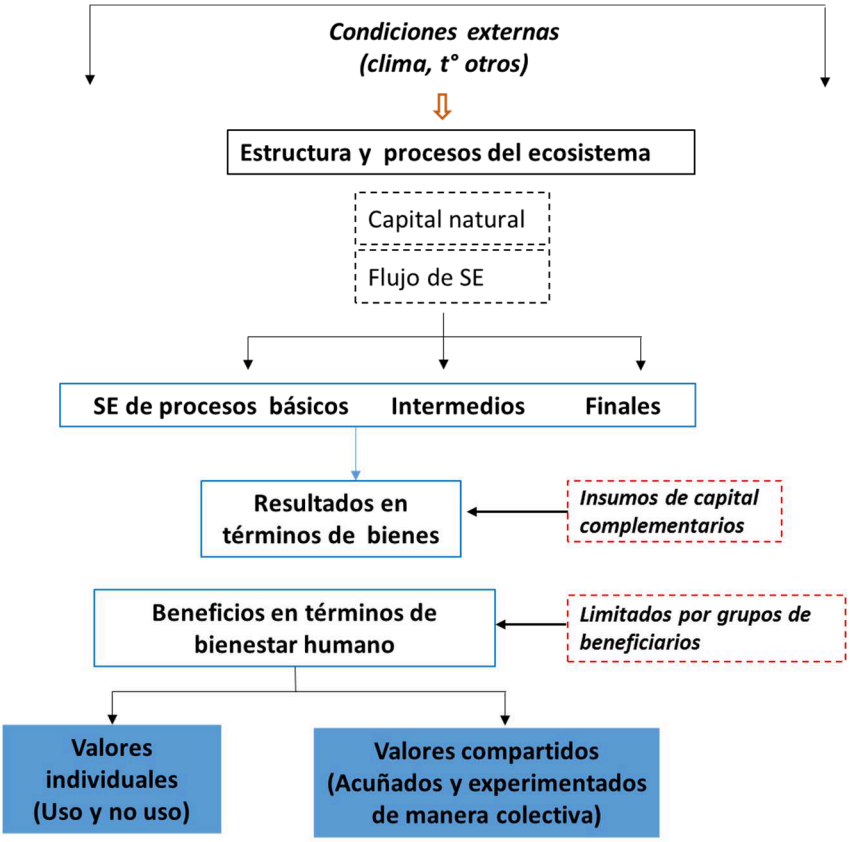


Figura 4.15.4. Marco conceptual que relaciona procesos, funciones, SEs, bienestar y valor.
Fuente: Adaptado de Turner (2010).

Para este objetivo, se llevó a cabo una revisión de bibliografía en relación al valor de los SEs y de aproximaciones metodológicas para la evaluación del valor, haciendo énfasis en la comprensión del concepto por distintas disciplinas y las distintas metodologías propuestas para la evaluación de los distintos tipos y componentes de valor.

4.15.4. Resultados

4.15.4.1. Delimitación del SSE-HRC

De acuerdo con la modelación, la cuenca completa del río Cruces posee cerca de 3.300 km^2. Acotando el área para que sea abordable durante este primer diagnóstico y considerando lo planteado en los objetivos, es que el SSE-HRC fue ajustado al sector bajo de la cuenca. Se consideró como inicio una línea longitudinal (norte-sur) 4,7 kilómetros al este de la Valdivia, de ARAUCO ubicada en San José de la

Mariquina. De esta forma, el área de estudio posee 1.087 km2 y el cauce principal del río Cruces -dentro de esta área- recorre 73,4 km hasta desembocar en el río Valdivia. Así, se consideró que el SSE-HRC corresponde a la zona baja de la cuenca del río Cruces, desde el punto donde se ubica la planta de celulosa hasta la ciudad de Valdivia, involucrando a comunidades humanas capaces de afectar y ser afectadas directamente por los cambios en el flujo, acceso y distribución de los SEs que provee el HRC. La Figura 4.15.5 presenta el mapa base del área de estudio (*i.e.,* el SSE-HRC) inserta en la macrocuenca del río Cruces. En la sección de anexos se incluye el mismo mapa en una resolución gráfica mayor para facilitar la visualización.

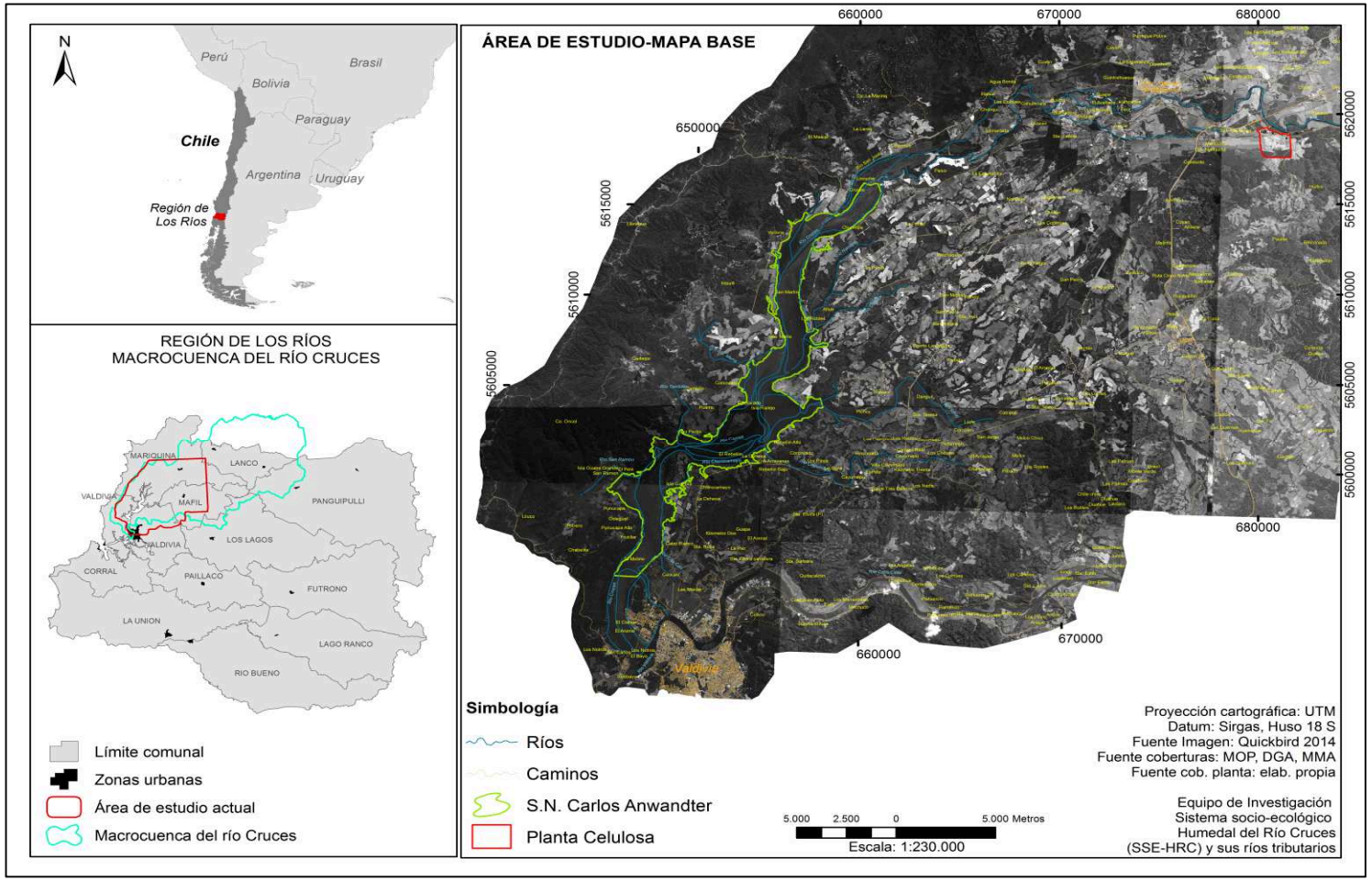


Figura 4.15.5. Mapa base del área de estudio definida como el SSE-HRC, ubicado dentro de la macrocuenca del río Cruces.

La macrocuenca del río Cruces posee un régimen pluvial y sus humedales son de tipo ribereño y palustre con influencia estuarina. La génesis de los humedales se debe al hundimiento de los terrenos colindantes al lecho del río y al anegamiento luego del megaterremoto de Mw 9.5 y posterior tsunami de 1960 (Muñoz-Pedreros *et al.,* 2012). Este origen es importante al momento de aludir a los usos productivos y los servicios que el humedal provee. Los grupos humanos que se encuentran dentro de la cuenca baja del río Cruces, próximos al ecosistema HRC y están representados en 155 pequeñas localidades rurales y suman a cerca de 8.637 habitantes[29]. Si se incluyen a los habitantes de la ciudad de Valdivia, los cuales según el Plan de Desarrollo Comunal elaborado el año 2011 eran 129.952 habitantes (Municipalidad de Valdivia, 2011), el número de personas que viven cerca de esta forma natural e interactúan directamente con ella, asciende a 138.589 aproximadamente.

Alrededor de los humedales del río Cruces y sus ríos tributarios se dan diversos usos de suelo asociados a la actividad humana, pudiendo identificarse patrones según la localización. De acuerdo al estudio número 12 del presente diagnóstico: *"Estado actual del uso del suelo en el área de influencia del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios*", en términos generales, al oeste del eje del río Cruces los terrenos bajos en cercanía a los humedales poseen predominantemente praderas y cultivos, pero al subir por la ladera oriental de la cordillera de la costa los terrenos comienzan a presentar plantaciones forestales, mayormente de *Eucalyptus globulus y nitens,* y menormente de *Pinus radiata* al sur en el sector del estero San Ramón, donde se encuentra la Isla Huape, al norte de la localidad de Punucapa. Hay algunos sectores donde las plantaciones se acercan a la ribera del HRC, como al norte del estero San Ramón, frente al sector de la Isla Teja, al norte del fundo San Martín y algunas áreas en el sector de Locuche e Illahue, en la sección superior del límite del HRC, donde el área se caracteriza por la presencia de bañados de poca profundidad. En el sector alto del estero Tambillo y a lo largo de toda la ladera oriental de la cordillera de la costa que recorre la quebrada del mismo estero, se presenta una alta densidad de bosque nativo, la cual en su ladera sur se conecta con el área privada protegida Parque Oncol, de la empresa Forestal Valdivia de Arauco.

[29] En base al catastro de localidades desarrollado por el Ministerio de Obras Públicas. Solicitado vía transparencia el año 2011.

Por el lado oriental del eje del río Cruces el uso de suelo es predominantemente cultivos con entradas de vegetación nativa arbustiva y mixta, que sigue los cursos de agua que desembocan al río Cruces, como los esteros Nanihue y Cudico. Al sur del río Pichoy hay una mayor superficie boscosa y entre el río Cayumapu y la entrada norte de la ciudad de Valdivia predominan las plantaciones forestales, especialmente en el cerro que divide las cuencas de los ríos Cruces y Valdivia (sector de Santa Elvira, en la ruta que une Máfil con El Arenal).

4.15.4.2. Identificación de las principales funciones y SEs del HRC y análisis de su vinculación

La revisión de literatura permitió obtener 97 artículos científicos, los que fueron clasificados en ocho carpetas temáticas. En base a la lectura y análisis se seleccionaron un total de once funciones ecosistémicas y nueve SEs, que proveen los humedales. Para esta clasificación, fueron especialmente determinantes los reportes de Ramsar (2014) y MEA (2005b). En algunos casos, el análisis al interior del equipo de investigación llevó a clasificar como funciones ecosistémicas algunos aspectos de los ecosistemas que en otras tipologías figuran como SEs. Lo anterior, se hizo considerando su coherencia dentro del modelo de *cascada* (Haines-Young & Potschin, 2010).

Tabla 4.15.1. Funciones ecosistémicas de humedales seleccionadas para la evaluación.

FE1: Almacenamiento de carbono en biomasa
FE2: Almacenamiento de carbono orgánico en el suelo
FE3: Almacenamiento de agua
FE4: Retención y traslado de sedimento
FE5: Retención de nutrientes
FE6: Reposición de aguas subterráneas
FE7: Protección de acuíferos por cobertura vegetal
FE8: Fertilidad del suelo
FE9: Control de enfermedades y plagas
FE10: Reservorio y protección de la biodiversidad
FE11: Purificación del agua

Los SEs fueron clasificados en las categorías de regulación, provisión y culturales siguiendo la clasificación de CICES (Haines-Young & Potschin, 2010). No obstante, en algunos casos, la denominación específica del SE no presentaba una correspondencia exacta con la de CICES, dado que los SEs escogidos fueron extraídos desde distintas tipologías, por lo que en estos casos se aplicó un criterio de proximidad entre el nombre y la descripción del SE seleccionado con los especificados en CICES.

Tabla 4.15.2. Servicios ecosistémicos de humedales seleccionados para la evaluación y agrupados según su clasificación.

SERVICIO ECOSISTÉMICO	DESCRIPCIÓN
REGULACIÓN	
SE1: Regulación climática	Los humedales cumplen dos roles importantes en la mitigación de los efectos del cambio climático: 1) Actúan como sumideros de carbono (la destrucción de ellos significaría una liberación de CO2, un GEI). 2) los humedales cumplirán un rol más activo frente al cambio climático, cuando se incremente la frecuencia de las tormentas, aumenten las alteraciones en los patrones de precipitación, aumente el nivel del mar y las temperaturas superficiales.
SE2: Control de inundaciones	Debido la capacidad de almacenar agua, los humedales contribuyen al control de inundaciones. La vegetación estabiliza las líneas de costa y protege de las tormentas, ya que disminuye la velocidad del viento, minimizando el impacto de las olas, el flujo y escurrimiento del agua, además atrapa sedimentos. Todo esto aporta a la reducción de la extensión, duración y frecuencia de las inundaciones producidas por excesos de precipitación y/o desborde de cuerpos de agua.
SE3: Control de la erosión	La vegetación de los humedales contribuye a la estabilización de orilla y a prevenir el desplazamiento de tierra.
PROVISIÓN	
SE4: Disponibilidad de agua	Debido a su capacidad de almacenar agua en el suelo y la superficie, contienen agua apta para el riego, el consumo animal y el consumo humano.
SE5: Agua fresca	Los humedales cumplen una importante función purificando el agua, reteniendo los contaminantes que acarrea en sus sedimentos, suelo y vegetación. Algunas plantas pueden absorber y guardar metales pesados, como hierro y cobre.
SE6: Producción potencial de cultivos y forraje	Las tierras temporalmente inundadas así como las áreas cercanas a los humedales pueden proveer diversas clases de cultivos que sirven de alimento, forraje y bienes de comercio.
SE7: Producción potencial de madera y productos no maderables	Los humedales y sus tierras cercanas pueden proveer madera para construcción, mueblería, artesanía y leña, así como fibras, semillas forestales, esencias, plantas medicinales y ornamentales.
CULTURALES	
SE8: Valores culturales	Los ecosistemas influyen los sistemas de conocimiento tradicional y formal de las poblaciones humanas que habitan en torno a ellos, sirviendo como fuente de educación, investigación científica e inspiración. Al mismo tiempo, constituyen la base para el desarrollo de relaciones sociales y son un pilar central para promover el sentido de pertenencia de las personas en el territorio.
SE9: Valores estéticos y oportunidades de recreación	Las personas encuentran belleza o valor estético en aspectos de los ecosistemas, como se refleja en el apoyo a creación de rutas escénicas y la selección de ubicaciones para el emplazamiento de viviendas. Las personas eligen donde ocupar su tiempo de entretención y esparcimiento basado en parte en las características de los paisajes naturales o seminaturales de una determinada área.

Las funciones y SEs presentados en la Tabla 4.15.1 y Tabla 4.15.2, respectivamente, fueron utilizados en el cuestionario presentado al grupo de científicos/as y profesionales del sector público. A través de la metodología de bola de nieve se obtuvo información sobre doce personas consideradas poseedoras de conocimiento científico, cuyo trabajo de investigación, monitoreo o planificación se había desarrollado o se desarrollaba en el HRC. Siete de ellas respondieron el cuestionario: cuatro investigadores/as de la Universidad Austral de Chile, una investigadora del Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, un profesional del Ministerio del Medio Ambiente y una profesional de la Dirección General de Aguas.

La Tabla 4.15.3 presenta el número de opiniones, el valor de la moda y el porcentaje de opiniones en la moda, para la valoración que realizaron los/as siete científicos/as y profesionales del sector público sobre la influencia relativa de cada función ecosistémica sobre cada SE. En términos generales el menor número de opiniones (4) se dio cuando se evaluó la influencia de la función ecosistémica almacenamiento de carbono orgánico en el suelo (F2), en los SEs regulación climática y control de inundaciones. Por otro lado, para los SEs control de la erosión y disponibilidad de agua, se contó con la opinión de los/as siete científicos/as en ocho de las once funciones que los influencian. En relación a los valores de la moda, en ambos SEs culturales, *i.e.,* valores culturales y valores estéticos y oportunidades de recreación, se obtuvo un valor 0 (nada relevante) para la influencia de seis funciones ecosistémicas sobre cada uno de los SEs. Lo anterior es indicativo de un desacople entre la generación de SEs culturales y los procesos y funciones del ecosistema. Por un lado, en algunos casos la utilización de variables biofísicas (*e.g.,* funciones ecosistémicas) como indicadores de SEs culturales es un proceso complejo, dado que la generación de beneficios a partir de un flujo de SEs culturales, requiere el desarrollo de una actividad por la persona o el grupo de personas que lo demanda (*e.g.,* actividades de ecoturismo sobre el HRC, salidas de campo en el marco de proyectos de investigación científica, desarrollo de actividades comerciales entorno al ecosistema) (Remme *et al.*, 2014), lo que orienta la generación de indicadores más cercanos a los beneficios que a los aspectos biofísicos del ecosistema. Por otra parte, en general la influencia de funciones

ecosistémicas sobre los SEs de provisión, reportó altos valores de moda (puntajes 3 y 4), como es el caso de los SEs producción potencial de cultivos y forrajes y agua fresca, mientras los SEs de regulación los valores altos fueron más escasos (*e.g.,* regulación del clima global, control de inundaciones). Lo anterior a pesar que la estructura y funciones del ecosistema son en general mejores indicadores de SEs de regulación, en la medida que sus beneficios se perciben independientemente de las acciones humanas, mientras que para obtener beneficios desde los SEs de provisión, se requiere comúnmente de algún tipo de contribución humana en forma de trabajo o bienes de capital (Remme *et al.*, 2014). Esta condición tiene incidencia en que sea justamente el flujo de SEs de provisión el que aumente y el flujo de SEs de regulación el que disminuya, a pesar que es este último el que sustenta la generación del primero (MEA, 2005; Lant *et al.*, 2008). El porcentaje de opiniones en la moda, indica el nivel de acuerdo entre quienes completaron la matriz. Sólo en la evaluación de la influencia de la función reposición de aguas subterráneas (FE6) sobre el SE disponibilidad de agua, el acuerdo fue absoluto, manifestando su opinión seis de las/os siete consultadas/os. Por otro lado, el menor porcentaje de acuerdo fue del 29% y se presentó en al menos la valoración de la influencia de una función, en siete de los nueve SEs analizados. En los otros dos SEs, el mínimo acuerdo subió a un 33%. En términos medios, la evaluación de la influencia de las once funciones en conjunto tuvo el mayor acuerdo en el SE disponibilidad de agua (61%), mientras el menor acuerdo se manifestó en el SE valores culturales (42%). Esto sin duda tiene relación con área del conocimiento donde científicos/as y profesionales consultados/as desarrollan su trabajo.

Tabla 4.15.3. Importancia relativa de las funciones ecosistémicas (FE) sobre la provisión de cada SE. Se muestra el número de opiniones (*i.e.* distinto a no sabe), el valor de la moda (escala ordinar del 0 al 4) y el porcentaje de opiniones en la moda, en relación a todas las opiniones.

Servicio/Función	Indicador	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5	FE6	FE7	FE8	FE9	FE10	FE11
SE1: Regulación climática	N° opiniones	5	4	7	6	6	6	7	7	7	7	6
	Valor moda	3*	4	4	0	0	0*	3	0*	0	2	0
	% en la moda	40%	75%	57%	50%	50%	33%	57%	29%	57%	43%	50%
SE2: Control de inundaciones	N° opiniones	5	4	7	7	7	6	7	6	7	7	6
	Valor moda	0	0	4	3	0	0*	3*	0*	0	0*	0*
	% en la moda	40%	75%	86%	43%	43%	33%	43%	33%	43%	29%	33%
SE3: Control de la erosión	N° opiniones	7	7	7	7	7	6	7	6	7	7	6
	Valor moda	2*	0*	2*	4	4	0	4	1*	0	4	0
	% en la moda	29%	43%	29%	57%	43%	83%	71%	33%	43%	43%	33%
SE4: Disponibilidad de agua	N° opiniones	5	5	7	7	7	6	7	7	7	7	7
	Valor moda	0*	0	4	0*	0	4	4	0	0*	4	4
	% en la moda	40%	60%	86%	29%	43%	100%	71%	57%	43%	71%	71%
SE5: Agua fresca	N° opiniones	6	5	7	7	7	6	7	7	6	7	7
	Valor moda	0*	0*	3	4	4	4	4	0*	2*	4	4
	% en la moda	33%	40%	57%	57%	43%	67%	86%	29%	33%	57%	71%
SE6: Producción potencial de cultivos y forraje	N° opiniones	5	5	6	6	6	5	6	6	5	6	6
	Valor moda	2	4	4	1*	1	3	4	4	4	3	0*
	% en la moda	60%	40%	50%	33%	50%	40%	50%	67%	60%	67%	33%
SE7: Producción potencial de madera y PFNM	N° opiniones	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6
	Valor moda	3	3	3	1*	1	2	3	4	2*	3	0*
	% en la moda	50%	50%	33%	33%	50%	60%	50%	50%	40%	67%	33%
SE8: Valores culturales	N° opiniones	6	5	7	7	6	6	7	6	5	7	7
	Valor moda	0*	0	1*	0	0	0	1*	0*	1*	3*	0*
	% en la moda	33%	80%	29%	43%	50%	50%	29%	33%	40%	43%	29%
SE9: Valores estéticos y oportunidades de recreación	N° opiniones	6	6	7	7	6	6	7	6	6	7	7
	Valor moda	0	0	4	0*	0	0	3	0	1	4	4
	% en la moda	67%	67%	43%	29%	50%	50%	43%	50%	33%	71%	57%

* Cuenta con más de una moda, el número que se muestra corresponde a la menor es éstas.

En la Figura 4.15.6 se presenta el comportamiento de los parámetros b_{ij}, descrito en la sección de metodología, para la influencia relativa de las once funciones ecosistémicas (i) sobre los nueve SEs (j), de acuerdo a la opinión de las/os consultadas/os.

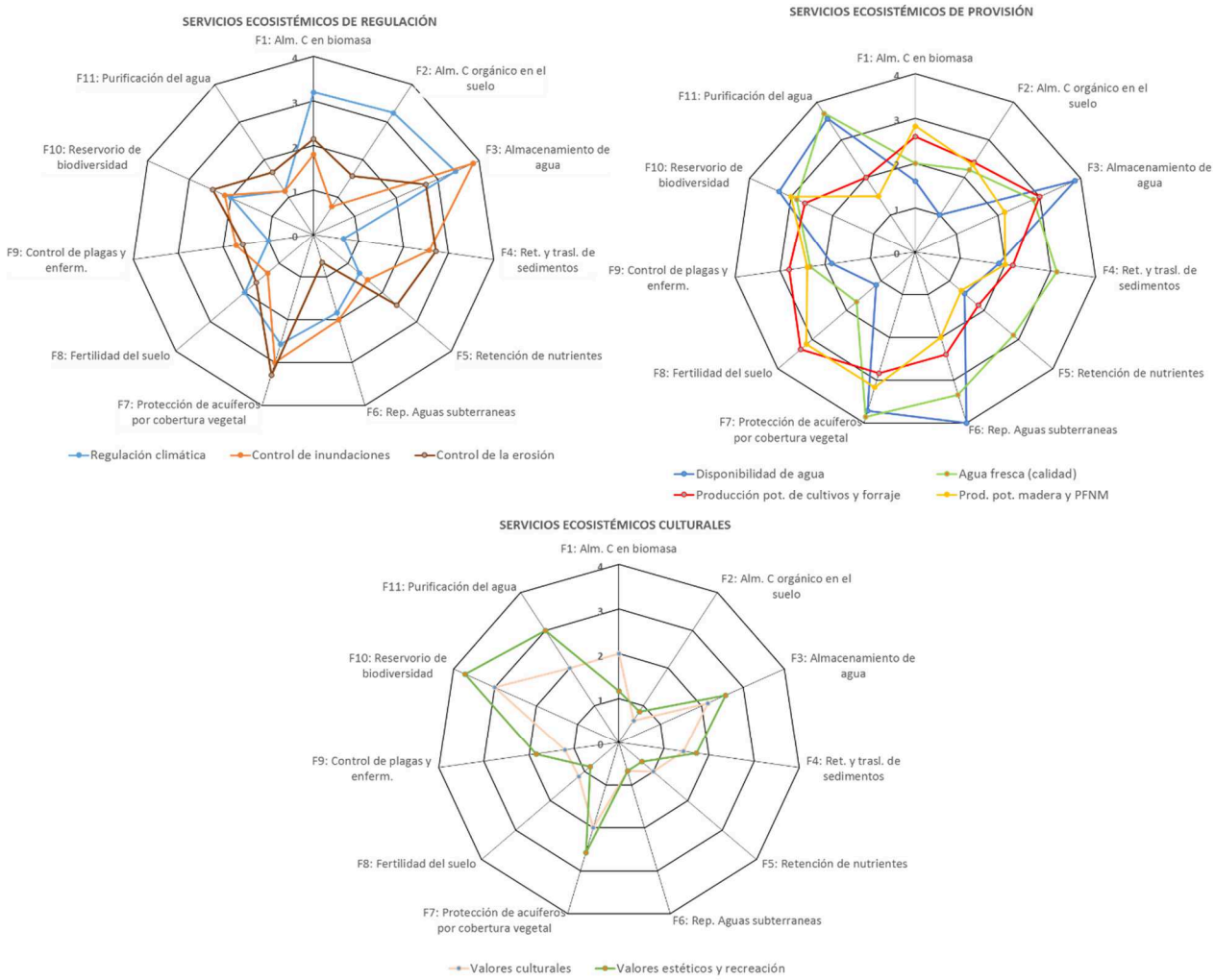


Figura 4.15.6. Influencia promedio de cada una de las funciones ecosistémicas sobre cada SE, en base a la opinión de científicos/as y profesionales del sector público, presentada por categorías de servicio. La figura superior izquierda muestra los tres SEs de regulación, la figura superior derecha los cuatro SEs de provisión y la figura inferior centrada, los dos SEs culturales. Cada una de las tres figuras presenta cuatro endecágonos concéntricos, desde cuyo centro se inicia una escala numérica en 0, hasta alcanzar el valor 4 en cualquier vértice del endecágono mayor. Las líneas de colores conectan el valor dado a la influencia que cada una de las funciones ecosistémicas tiene sobre la generación de cada SE, de acuerdo a un promedio de la opinión de los/as consultados/as.

Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo que las once funciones ecosistémicas generan el flujo de cada uno de los nueve SEs, se estandarizó el parámetro b_{ij} dividiendo cada uno de estos valores por la sumatoria de los once b_{ij} dentro de cada uno de los nueve SEs. Los valores estandarizados β_{ij} se presentan en la Tabla 15.4.4, los cuales representan la proporción en que cada función contribuye para la generación de cada SE.

Tabla 4.15.4. Valor de los parámetros β_{ij} que representan la influencia relativa estandarizada de cada función ecosistémica (FE) sobre cada uno de los SEs.

Servicio/ Función	FE1: Almace. de C en biom.	FE2: Almace. de C org. en el suelo	FE3: Almace. de agua	FE4: Reten. y traslad. de sedim.	FE5: Reten. de nutrien.	FE6: Rep. de aguas subt.	FE7: Protec. Acuí. por cobert. vegetal	FE8: Fert. del suelo	FE9: Control de enfer. y plagas	FE10: Reserv. y Protec. de la biodiv.	FE11: Purific. del agua
SE1: Regulación climática	0,14	0,14	0,15	0,03	0,06	0,08	0,11	0,09	0,04	0,09	0,05
SE2: Control de inundaciones	0,08	0,03	0,18	0,12	0,07	0,09	0,14	0,06	0,08	0,10	0,05
SE3: Control de la erosión	0,09	0,07	0,12	0,12	0,11	0,03	0,14	0,07	0,07	0,11	0,07
SE4: disponibilidad de agua	0,06	0,04	0,14	0,07	0,05	0,15	0,14	0,04	0,07	0,12	0,13
SE5: Agua fresca	0,06	0,07	0,09	0,10	0,09	0,11	0,12	0,06	0,08	0,09	0,12
SE6: Producción potencial de cultivos y forraje	0,09	0,09	0,11	0,08	0,07	0,09	0,10	0,12	0,10	0,10	0,07
SE7: Producción potencial de madera y PFNM	0,11	0,09	0,08	0,08	0,05	0,08	0,12	0,12	0,09	0,12	0,06
SE8: Valores culturales	0,12	0,03	0,12	0,08	0,06	0,04	0,12	0,07	0,07	0,17	0,12
SE9: Valores estéticos y recreación	0,06	0,04	0,13	0,09	0,03	0,03	0,13	0,04	0,09	0,19	0,15

A continuación, se presenta un análisis por SE de la información contenida en la Tabla 4.15.4.

Regulación climática (SE1)

El rango de los parámetros que acompañan a las funciones va desde 0,03 a 0,15, siendo el menor de estos valores, el que acompaña a la función retención y traslado de sedimentos y el mayor el que acompaña a la función almacenamiento de agua. Adicionalmente, las funciones almacenamiento de carbono en biomasa y almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, arrojaron parámetros con valor 0,14. Entre todos los SEs evaluados, ambas funciones alcanzan en este SE su valor máximo. Sumada su contribución con la que aporta la función almacenamiento de agua, explicarían en un 43% la generación del SE.

Control de inundaciones (SE2)

La función que obtiene el mayor parámetro es almacenamiento de agua (0,18), mientras la función con el parámetro menor es almacenamiento de carbono orgánico en el suelo (0,03). Ambas funciones obtienen respectivamente, su mayor y menor ponderación en este servicio, aunque para el caso de la función almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, su valor mínimo se repite también en el SE valores culturales. Destacan también por su importancia relativa las funciones protección de acuíferos por cobertura vegetal (0,14) y retención y traslado de sedimentos (0,12).

Control de la erosión (SE3)

La función protección de acuíferos por cobertura vegetal es la que obtiene el mayor parámetro en este SE, con un valor de 0,14, el que constituye el mayor valor alcanzado por esta función, repitiéndose en el SE control de inundaciones. En orden de importancia, la siguen las funciones de almacenamiento de agua y retención y traslado de sedimentos, ambas con valores de 0,12, y la función reservorio y protección de la biodiversidad con un valor de 0,11. Entre estas cuatro funciones explican un 49% de la generación de este SE. Por otro lado, la función reposición de aguas subterráneas, con un valor de 0,03, es la que menos influencia reporta en la generación del SE.

Disponibilidad de agua (SE4)

Coherentemente con la naturaleza del SE, las funciones ecosistémicas con alta influencia en la disponibilidad de agua son reposición de aguas subterráneas (0,15), protección de acuíferos por cobertura vegetal (0,14), almacenamiento de agua (0,14) y purificación del agua (0,13), explicando entre las cuatro el 56% de la provisión del servicio. Los parámetros asociados a las dos primeras alcanzan en este SE sus valores máximos, aunque en el caso de la función protección de acuíferos por cobertura vegetal, este valor se repite cuando se evalúa su influencia en los SEs control de la erosión y control de inundaciones. Por otro lado, tanto la función de almacenamiento de carbono orgánico en el suelo como la función de fertilidad del suelo, obtuvieron valores de 0,04 para sus parámetros, constituyéndose en las funciones con menor influencia en el SE. Adicionalmente, fertilidad del suelo alcanza también el valor mínimo de sus parámetros en este servicio y también en el SE cultural de valores estéticos y oportunidades de recreación.

Agua fresca (SE5)

Junto con el SE de producción potencial de madera y PFNM, es el segundo con menor rango en la distribución del valor de sus parámetros. El valor máximo de 0,12, correspondió a las funciones ecosistémicas de protección de acuíferos por cobertura vegetal y purificación del agua, mientras un valor mínimo de 0,06, se obtuvo para las funciones de fertilidad del suelo y almacenamiento de carbono en biomasa. Esta última función, repitió su valor mínimo en este servicio y los SEs de disponibilidad de agua y valores estéticos y oportunidades de recreación.

Producción potencial de cultivos y forrajes (SE6)

Es el SE con menor rango en la distribución del valor de sus parámetros. En contraste con lo que ocurre en los servicios de disponibilidad de agua y agua fresca, en este servicio la función ecosistémica de fertilidad del suelo es la que cobra mayor relevancia, obteniendo un valor de 0,12 en su parámetro. Adicionalmente, este es el máximo valor alcanzado por el parámetro de esta función entre todos los servicios, repitiéndose en el SE de producción potencial de madera y PFNM. Por otro lado, las

funciones de retención de nutrientes y purificación del agua, son las que se encuentran en el extremo inferior del rango, con un valor de 0,07 para cada parámetro.

Producción potencial de madera y PFNM (SE7)

Como se mencionó en la descripción del SE anterior, la función de fertilidad del suelo obtiene en este servicio su máximo valor (0,12), siendo además, junto con las funciones de protección de acuíferos por cobertura vegetal, y reservorio y protección de la biodiversidad, las funciones que tienen una mayor influencia en la generación de este servicio. Por otro lado, las funciones ecosistémicas con menos influencia en el SE son retención de nutrientes (0,05) y purificación del agua (0,06).

Valores culturales (SE8)

En términos generales, los SEs culturales fueron los que presentaron mayores rangos en la distribución del valor de sus parámetros. En particular, el servicio de valores culturales muestra una diferencia de 0,14 entre su valor máximo y mínimo, siendo el valor máximo de 0,17 para la función de reservorio y protección de la biodiversidad y el valor mínimo de 0,03 para la función de almacenamiento de carbono orgánico en el suelo. Además, el parámetro para cuatro funciones ecosistémicas fue de 0,12. Estas funciones son almacenamiento de carbono en biomasa, almacenamiento de agua, protección de acuíferos por cobertura vegetal y purificación del agua. De esta forma, las cinco funciones con mayor influencia explican el 65% de la generación del servicio.

Valores estéticos y oportunidades de recreación (SE9)

Es el SE con mayor rango en la distribución del valor de los parámetros (0,16) y también el que tiene el valor más alto de influencia de una función sobre un servicio (0,19). Al igual que en el caso del SE valores culturales, en este servicio la función ecosistémica que cobra mayor relevancia es reservorio y protección de la biodiversidad. Si se suma la influencia de esta función con la de purificación del agua, entre ambas explican el 34% de la provisión del SE. Las funciones que obtuvieron el menor valor en sus parámetros, fueron retención de nutrientes y reposición de aguas subterráneas, ambas con un valor de 0,03.

4.15.4.3. Identificación espacialmente explícita de áreas de valor en la provisión de SEs en el SSE-HRC.

Mapeo de intensidad, abundancia y diversidad de SEs desde el conocimiento científico

Los resultados del mapeo con los/las siete científicos/as y profesionales del sector público seleccionados, quienes a su vez respondieron el cuestionario previo de vinculación entre función y servicio ecosistémico (matriz función-servicio) se presentan en la tabla y los mapas a continuación. Los despliegues cartográficos están agrupados por SE, al igual que la tabla. Algunos comentarios generales respecto a la tabla se presentan a continuación y posterior a la presentación cartográfica de cada SE se ofrece un análisis descriptivo.

Tabla 4.15.5. Recuento de áreas delimitadas por científicos. Valor mínimo y máximo para Intensidad, y número de áreas y número de áreas intersectadas para Abundancia.

SEs y amenazas	Intensidad: puntaje fichas		Abundancia	
	Valor mínimo	Valor máximo	Nº máximo de áreas intersectadas	Nº de áreas
Regulación climática (SE1)	7	60	7	9
Control de inundaciones (SE2)	1	35	6	19
Control de la erosión (SE3)	2	37	6	16
Disponibilidad de agua (SE4)	2	30	6	15
Agua fresca (SE5)	1	46	6	10
Producción potencial de cultivos y forraje (SE6)	2	29	6	20
Producción potencial de madera y PFNM (SE7)	1	24	4	14
Valores culturales (SE8)	1	31	5	15
Valores estéticos y oportunidades de recreación (SE9)	2	23	6	20
Número de áreas delimitadas				**138**
Amenazas	1	26	6	20
Número total de áreas delimitadas				**158**

La Tabla señalada permite ver los resultados del mapeo desde el conocimiento científico en torno a los SEs. Durante el mapeo con los/las entrevistados/as se delimitaron 158 áreas, de las cuales 138 corresponden a SEs y 20 son áreas de amenaza o áreas amenazadas. El mapeo se delimitó en lo posible a tres áreas para cada SE, pero en algunos casos las/los entrevistadas/os optaron por delimitar menos áreas. Las razones para no identificar tres áreas tuvieron relación por un lado, con una

declaración explícita del desconocimiento en torno al comportamiento espacial del SE (y en ese caso el SE no se delimitó) o con un servicio que podía ser delimitado en menos de tres áreas.

Los rangos de intensidad corresponden al puntaje asignado mediante las fichas posicionadas sobre cada área durante el mapeo. El valor máximo y el valor mínimo son diferentes para cada SE. El número de áreas intersectadas corresponde a la abundancia del servicio y tiene que ver con la superposición de áreas para cada SE que cada entrevistado delimitó durante su sesión de mapeo (para mayor detalle revisar la Sección de metodología de análisis espacial).

Los mapas que se presentan a continuación representan un despliegue cartográfico que busca resaltar las áreas más representativas que reflejan la priorización y el nivel de acuerdo de los/las entrevistados/as con un interés y conocimiento científico respecto de las áreas que concentran cada SE. Cada servicio por ello, se interpreta mediante la observación de su respectivo mapa y será comentado haciendo hincapié en las observaciones que los entrevistados entregaron en paralelo a la delimitación[30].

[30] Se recomienda leer esta sección con el mapa de delimitación del área de estudio (Figura 4.15.5) disponible en alta resolución en la sección de anexos (Anexo 4.15.1) para una visualización rápida.

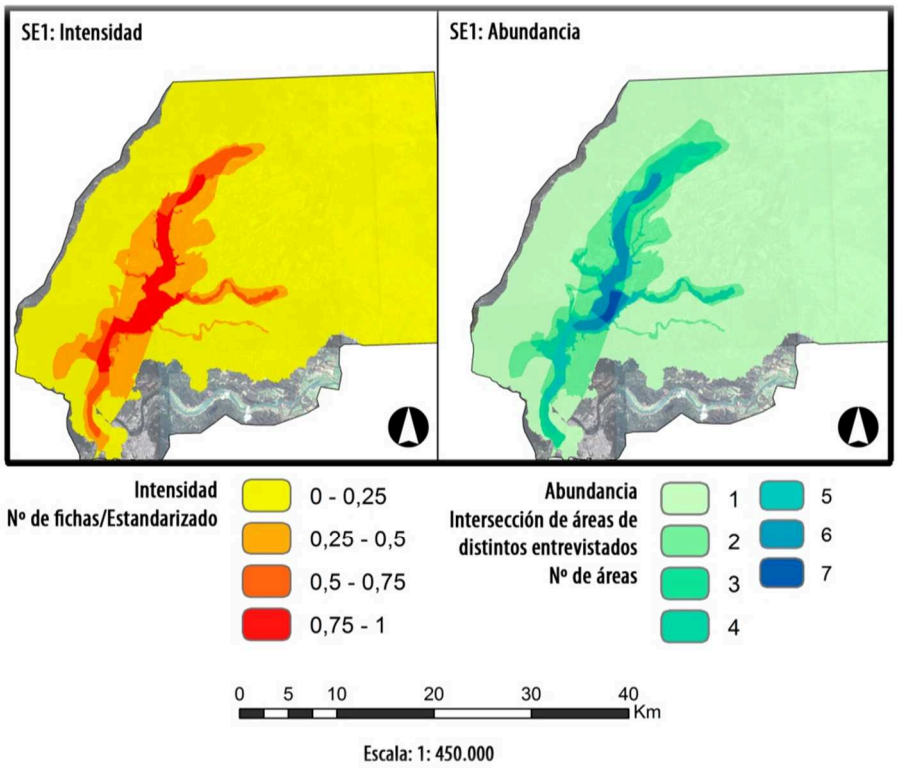


Figura 4.15.7. Mapa de Intensidad y Abundancia de SE Regulación climática (SE1).

Regulación climática (SE1)

El SE de regulación climática abarcó toda la cuenca, que además fue señalada como la macrocuenca del río Cruces completa. Se mencionó la extensión de este servicio hasta el lugar de confluencia de las masas de agua que fluctúan entre el humedal y la entrada de mar por el estuario e incluso un/una entrevistado/a recomendó la extensión del área hasta la localidad de Corral – al sur - y por el norte hasta el sector de Cahuincura, al noreste de Locuche. Las áreas de altos puntajes responden a la intersección entre las áreas de los entrevistados que delimitaron toda la cuenca y quienes se acotaron al humedal, sin embargo, ofreciendo una amplificación del mismo. Se incluyeron a los ríos Pichoy y Cayumapu por el Este y esteros Santa María, Tambillo y San Ramón, por el oeste. La sección intermedia del humedal, en el sector de entrada a los ríos Pichoy y Cayumapu es el área donde confluyen siete áreas de las/los entrevistadas/os. El cuerpo completo del humedal y su amplificación hasta la desembocadura del río Cruces hacia el río Calle-Calle contienen tres y cuatro

confluencias, mientras que la sección norte del HRC contiene cinco y sigue la línea de navegación.

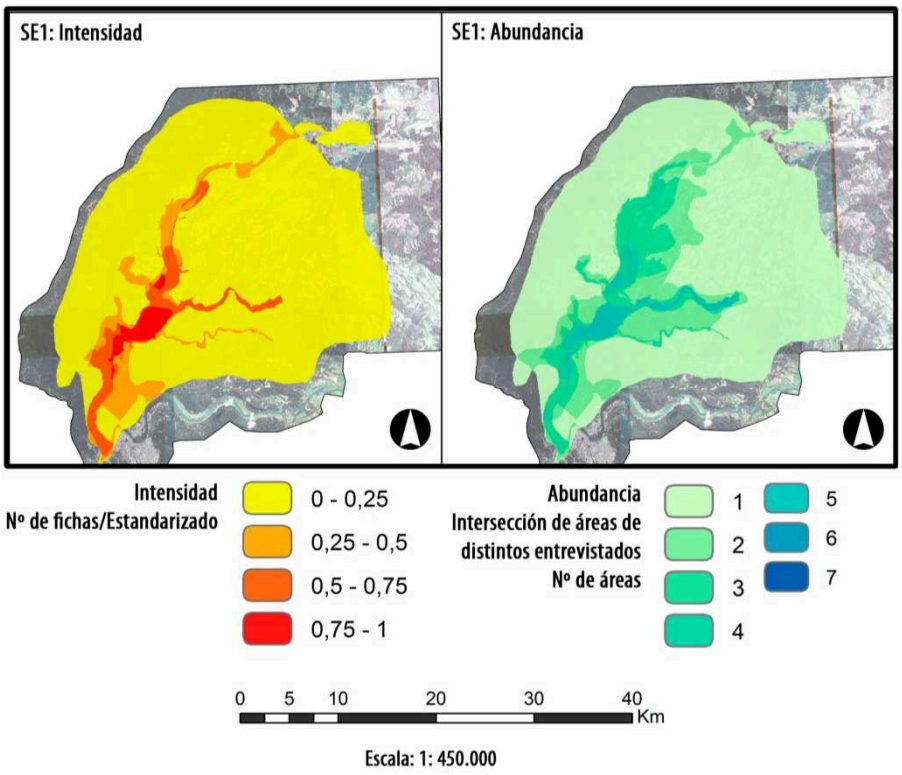


Figura 4.15.8. Mapa de Intensidad y Abundancia de SE control de inundaciones (SE2)

Control de inundaciones (SE2)

El área total del SE control de inundaciones corresponde a los límites gruesos de la sección baja de la cuenca del río Cruces y un corredor alrededor de San José de La Mariquina y el cauce principal del río. Se incluyó también a los ríos tributarios de ambos lados del eje central del río Cruces. Se comentó la pérdida de suelos capaces de controlar las inundaciones por causa de los rellenos de diversos fines, inmobiliarios y de uso agrícola, que estarían eliminando la cobertura boscosa dendrítica y de matorral arbustiva que naturalmente disipa la energía. El área principal responde a la sección media del cuerpo de agua en el HRC e incluye a la Isla Rialejo o Corcovado, y se extiende más allá de las riberas, hacia terrenos de inundación, recorriendo la orilla de Tres Bocas y Cabo Blanco donde se indicó una mayor priorización por las personas que

habitan el lugar. Más al norte y al este de San José de Mariquina, se identifica otra área, señalada por un bosque de hualves que allí se encuentra y que actúa como disipador de energía ante un desbordamiento del cauce. Cerca del límite norte del polígono del Santuario Carlos Anwandter (sectores de Cuyinhue y Paico) se indicó el sector donde inician los bañados, por la extensión de áreas inundables que facilitarían la disipación de agua en suelos de poca pendiente. Por el sur se recalcó la capacidad de controlar inundaciones en el cuello de entrada del humedal, desde la confluencia con el río Valdivia hacia el norte, que se activa durante las subidas de marea. En síntesis se pueden ver tres sistemas importantes de control de inundaciones: uno al sur del sistema HRC, de acción disipadora mareal, otro al norte, de acción disipadora fluvial y uno central, que recibe las masas de agua desde los ríos tributarios Pichoy y Cayumapu.

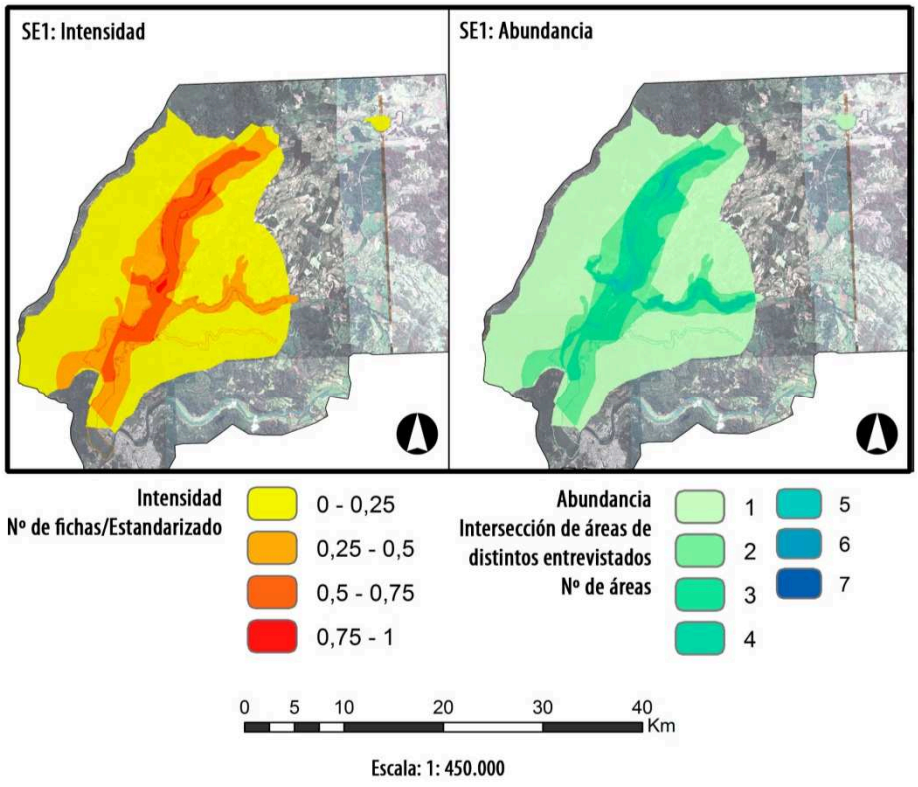


Figura 4.15.9 Mapa de Intensidad y Abundancia de SE control de la erosión (SE3)

Control de la erosión (SE3)

El SE control de la erosión se extendió en todo el HRC, las laderas orientales de la cordillera de la costa y los ríos tributarios Pichoy y Cayumapu. También se mencionaron las riberas a lo largo de todo el sistema acuático y se le atribuyó mayor importancia a las áreas boscosas, específicamente los bosques de hualves (como el sector alto cerca de la planta de celulosa) y áreas donde llega oleaje. Se hizo mención al cerro Oncol (desde la entrada al estero San Ramón) relacionando el control de la erosión a las quebradas de bosque nativo, que ayudan a prevenir el arrastre de material detrítico y orgánico hacia el humedal. Todo el sistema del humedal reporta importancia para el control de la erosión. Una/uno de las/los entrevistadas/os señaló una importancia mayor en las riberas del humedal y los tributarios al oriente, por lo que se diseñó -a solicitud de ésta/e- un buffer de 50 metros de borde desde el límite del polígono delimitado por la Secretaría Regional del Ministerio de Medioambiente para el Santuario Carlos Anwandter[31], que se extendió por el río Cayumapu y hacia el sur, llegando hasta la confluencia con el río Calle-Calle. Se identificó una importante formación boscosa y arbustiva en la ribera del río Cayumapu, la cual disipa energía de oleaje. El río Pichoy junto a sectores dentro del estero Santa María y frente al Fundo Santa María y sectores al norte del Fuerte San Luis de Alba, concentran la mayor confluencia de áreas delimitadas por los entrevistados.

[31] Descargada desde el portal web del Ministerio de Medio Ambiente en marzo de 2014.

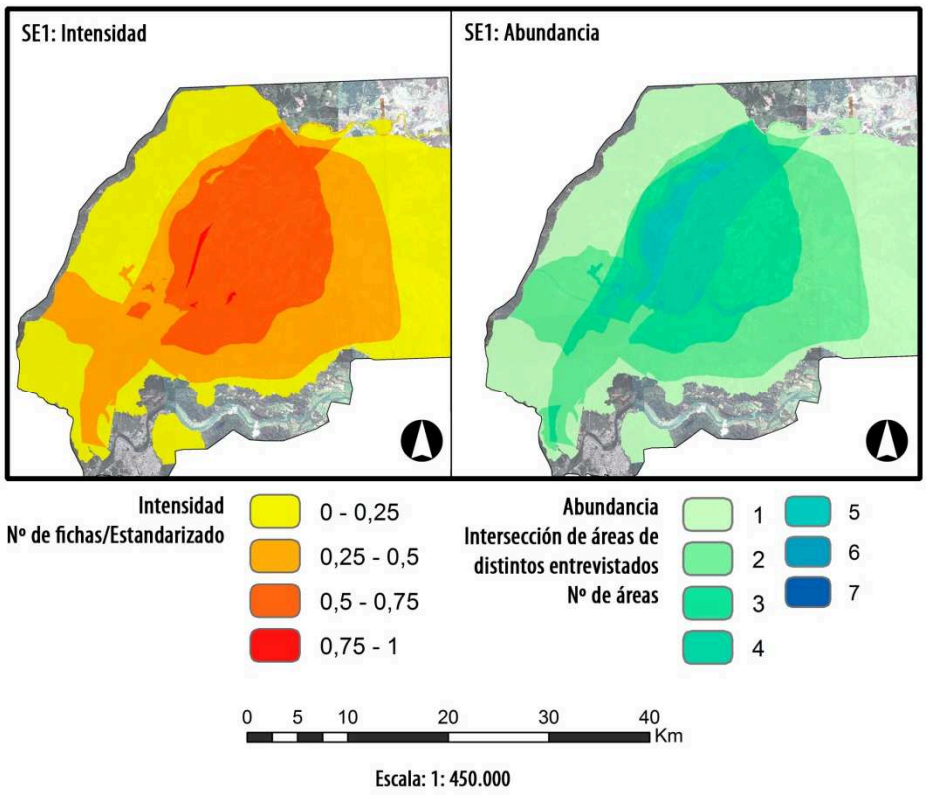


Figura 4.15.10. Mapa de Intensidad y Abundancia de SE disponibilidad de agua (SE4)

Disponibilidad de agua (SE4)

El área del SE disponibilidad de agua abarca toda la sección baja de la cuenca del río Cruces. Algunos/as entrevistadas/os aludieron a la inseparabilidad en la dinámica hídrica de los flujos subterráneos y superficiales, lo que daría prioridad a la cuenca completa. Es por esto que algunos/as optaron por ampliar sus áreas hacia la superficie cultivada del este del río Cruces e incluso incluir las laderas orientales de la cordillera de la costa donde un/a entrevistado/a resaltó el sector del estero Tambillo y las laderas que estarían entregando agua al sistema HRC. Otro/a entrevistado/a mencionó la sección norte del HRC junto a los terrenos al este. Las áreas de alto valor asignado (intensidad) corresponden a la mitad norte del humedal, con los suelos al este de uso agrícola, extendiéndose por el sur hasta Cayumapu y por el este hasta Máfil. El sector del Fundo Corcovado también fue señalado haciendo alusión a las zonas altas de cultivos y a la importancia de que reciban agua. Sin embargo, desde todos los entrevistados hubo comentarios acerca del desconocimiento de las fuentes de agua que las poblaciones aledañas al sistema del HRC utilizan, en este aspecto se

mencionó la necesidad de profundizar en un estudio de fuentes, usos y de un monitoreo. Las áreas de mayor abundancia se dan en el sector norte del humedal, extendiendo su eje navegable hasta el final del mapa base y señalando que llegaría hasta su nacimiento. Los suelos cultivados al este del sistema HRC, aledaños a los esteros Nanihue y Cudico y el río Pichoy también fueron directamente identificados. Asimismo se mencionó el estero Santa María y el bosque de hualve que se encuentra vecino a la planta de celulosa por su capacidad de retener agua. Un/una entrevistado/a delimitó la cuenca de Llancahue, a pesar de saber que se encontraba fuera de la cuenca del río Cruces, sin embargo aludió a la importancia estratégica de esta cuenca por ser la que provee de agua a la ciudad de Valdivia y a los habitantes que forman parte del SSE-HRC.

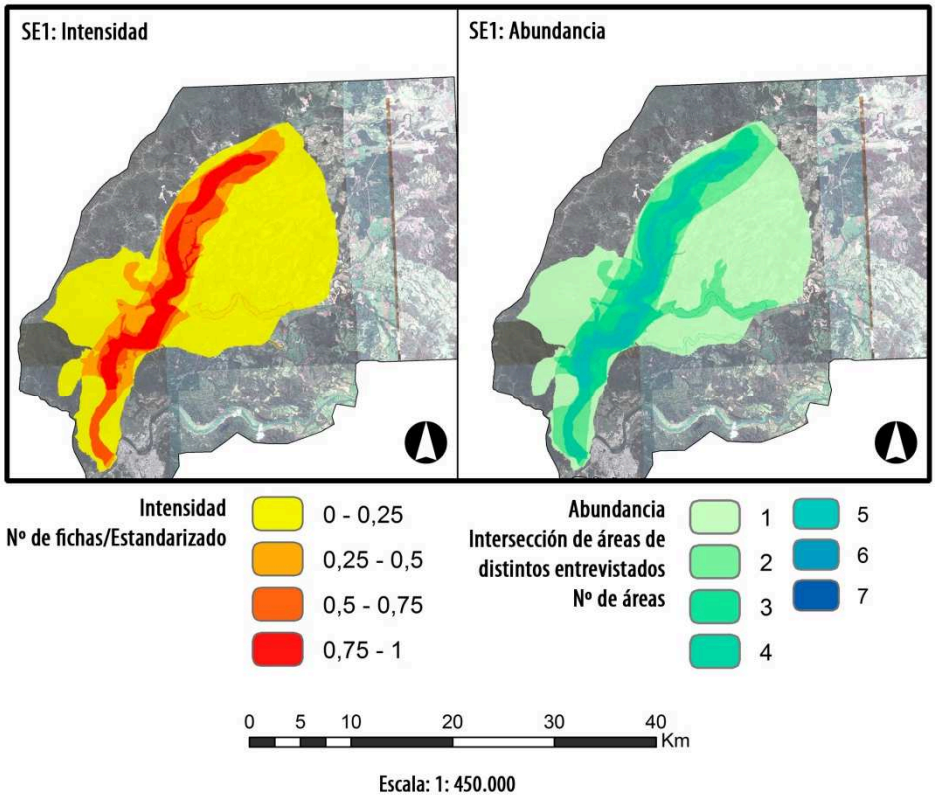


Figura 4.15.11. Mapa de Intensidad y Abundancia de SE agua fresca (SE5).

Agua fresca (SE5)

La delimitación del SE *agua fresca* respondió a áreas más acotadas y cercanas al sistema de HRC. Se hizo hincapié en la capacidad de las plantas acuáticas -vegetación macrófita- de purificar el agua mediante la retención de metales pesados, como las Totoras (Juncos o Vatros), *Egeria densa* y Fragmites (Maicillo) y las zonas con plantas de hojas flotantes (natantes). Las zonas que reúnen estas características corresponderían a todo el sistema HRC, sin el cuerpo lótico del río Cruces. Las áreas de más alto valor corresponden al borde del río Cruces y todas las áreas permanentemente inundadas. También resalta el borde las riberas de los ríos Pichoy y Cayumapu y los esteros Santa María, Tambillo y San Ramón por el oeste y Nanihue y Cudico por el noreste del humedal.

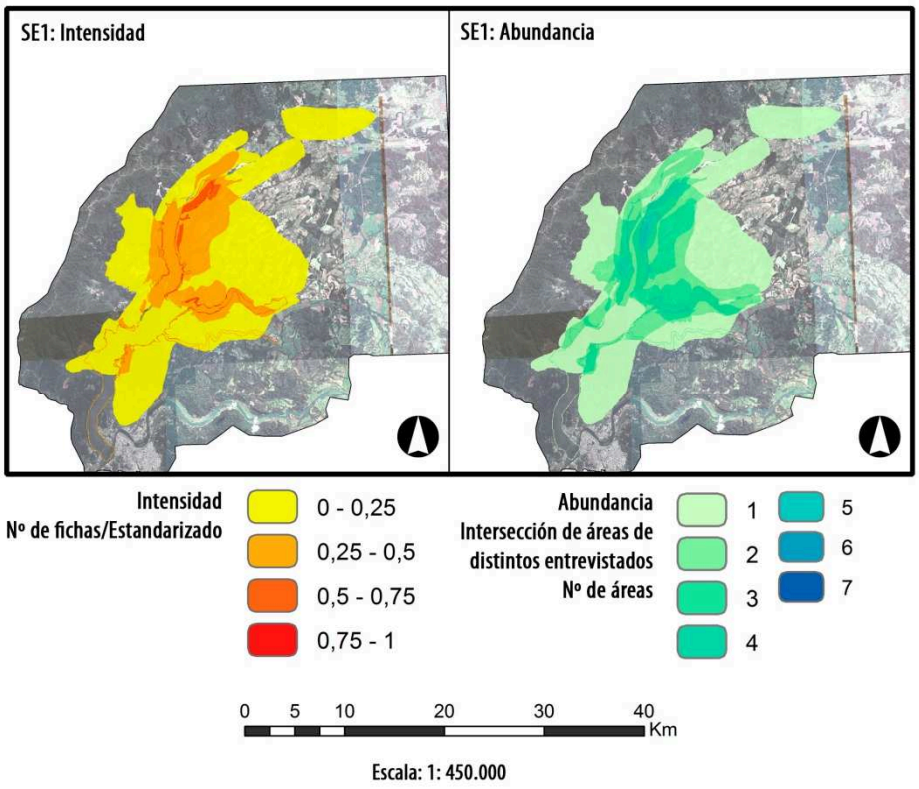


Figura 4.15.12. Mapa de Intensidad y Abundancia de SE producción potencial de cultivos y forraje (SE6).

Producción potencial de cultivos y forraje (SE6)

El SE producción potencial de cultivos y forraje abarca toda el área del HRC y algunas laderas orientales de la cordillera de la costa. En el sector este del HRC se identificó la presencia de suelos cultivados a partir de la imagen satelital y se destacó la importancia de las áreas que se inundan y despejan, y a la granulometría fina de sus suelos. Se mencionó también un sector potencial que no ha sido utilizado con fines productivos al norte del HRC, en el sector de los bañados, donde el relleno natural tendería a aumentar por la sucesión natural de la vegetación acuática, lo que generará zonas aptas para el cultivo gracias a su contenido de nitrógeno y fósforo. De las áreas fluviales, todas las riberas del humedal, junto con los bordes de los ríos Pichoy y Cayumapu cobran importancia. A su vez, los terrenos cultivados al noreste del humedal en el sector de los esteros Nanihue y Cudico, en Chunimpa y La Punta, y por el oeste del río Cruces, en Santa María y San Martín, poseen terrenos reconocidos como aptos para el cultivo gracias a la vinculación con el humedal. Se mencionó también a los terrenos cultivados al oeste del Fundo Santa María, que vierten residuos hacia el humedal, lo que podría solucionarse por medio del drenaje y el mejoramiento de praderas. Los sectores que concentran más áreas de intersección corresponden a los terrenos aledaños al humedal, resaltando las áreas de Chunimpa y en torno a los esteros Nanihue y Cudico. El borde del río Cayumapu y una extensión más amplia del río Pichoy fueron mencionadas por las actividades productivas que actualmente se desarrollan. El sector del estero Santa María y las laderas próximas también cobran importancia, así como el sector de Paico, al norte del Fundo Santa María, donde se mencionaron terrenos cultivados con altos rendimientos en zonas que se inundan y arrastran sedimentos.

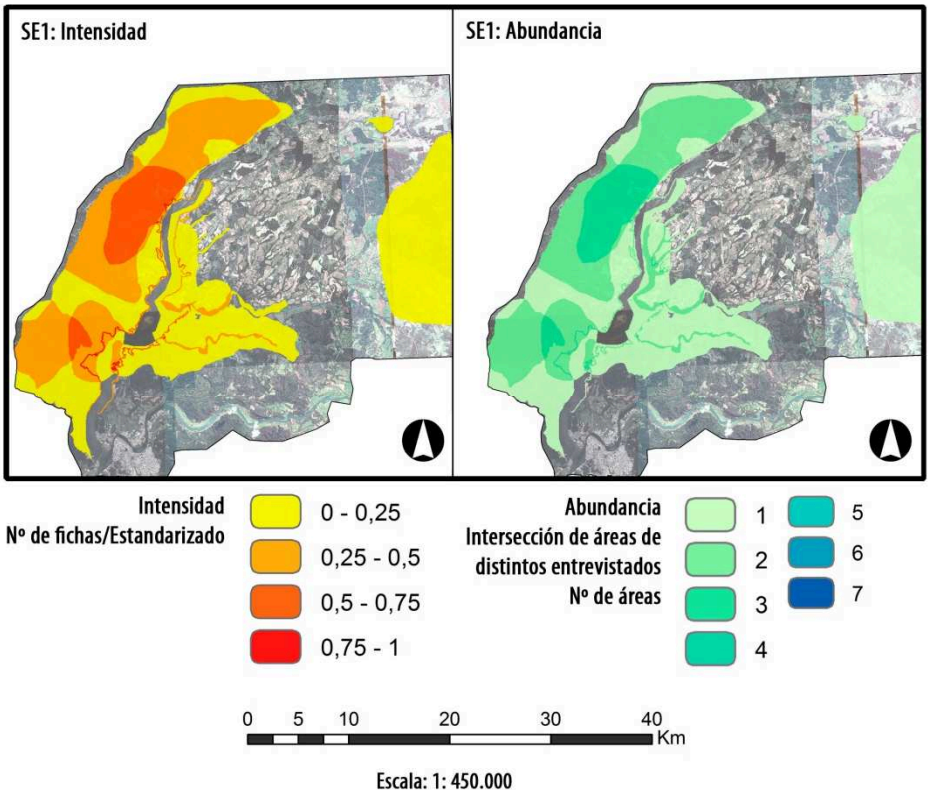


Figura 4.15.13. Mapa de Intensidad y Abundancia de SE producción potencial de madera y productos no maderables (SE7).

Producción potencial de productos maderables y no maderables (SE7)

El SE producción potencial forestal y productos no maderables abarcó toda la ladera oriental de la cordillera de la costa, extendiéndose hasta el sector de Cerro La Marina, donde hay una densidad considerable de plantaciones forestales. Por el sur se extendió hasta el final de la cuenca. Al este del área de confluencia del río Cruces con los ríos Pichoy y Cayumapu se destacaron otros suelos con plantaciones forestales. Se señaló también un área alejada al este, en las comunas de Máfil y San José de La Mariquina que también presenta plantaciones. El área cercana a Cerro La Marina, Locuche e Inipulli es el área de intensidad media alta más extensa, sin embargo los terrenos de ribera del humedal, en el sector del estero San Ramón y por el frente en el sector de Isla Culebra fueron los que recibieron mayor puntaje. El sector de la ribera de Tralcao fue señalado como un lugar de recolección de hongos asociados a formaciones de bosque nativo. Respecto a la abundancia de SEs, las áreas al noroeste del humedal (Cerro La Marina) y las laderas al oeste del humedal en Santa María y Quitaqui, junto

con el cerro Oncol, fueron señaladas por varios entrevistados por su cobertura de bosque nativo. Asimismo, la zona alta frente a Santa María, cerca de Chunimpa junto a las áreas anteriormente mencionadas fue sugerida para la elaboración de planes de manejo forestal. Una/un entrevistada/o indicó que el sector cercano al área privada protegida cerro Oncol debería tener un corredor protegido para conservar la biodiversidad.

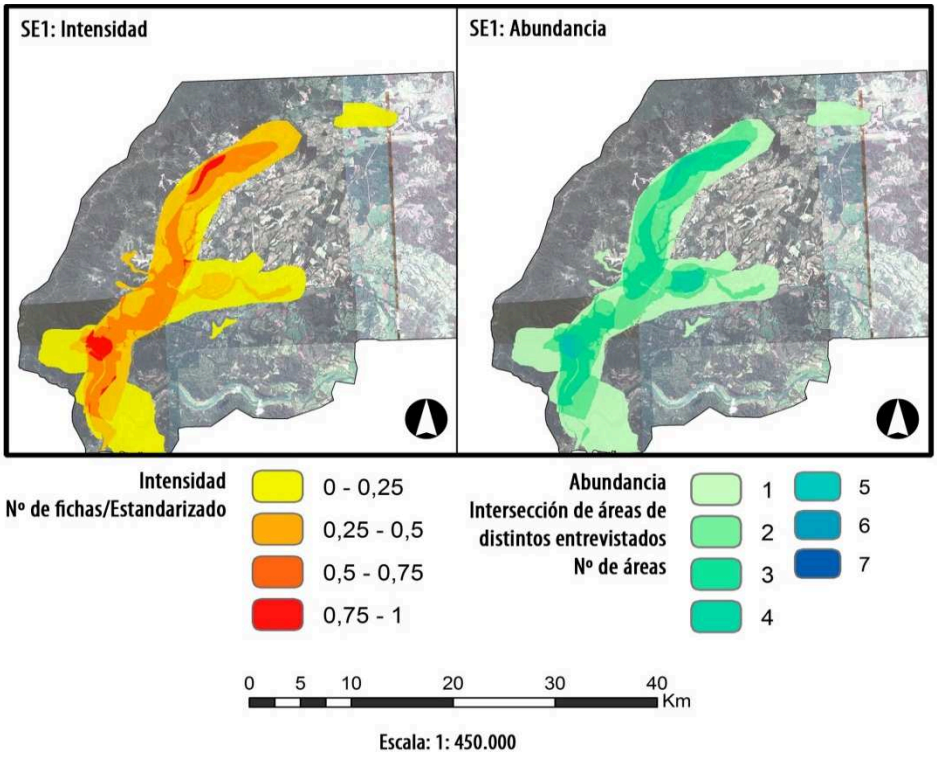


Figura 4.15.14. Mapa de Intensidad y Abundancia de SE valores culturales (SE8)

Valores culturales (SE8)

El área que abarca el SE valores culturales sigue el eje del humedal del río Cruces y se extiende en un grado menor hacia el este y el oeste. Incluye también al sector de Tralcao y alrededores del río Pichoy. Por el norte aparece otra área que encierra a la ciudad de San José de la Mariquina (y el bosque de hualves cercano) y por el sur el sector de Villa Cayumapu. En general, los entrevistados aludieron a lugares específicos que se encuentran poblados, donde se realizan fiestas costumbristas o bien, donde ocurrió algún hito histórico, asociándolo a un “sentido de identidad”. Los

sectores de mayor puntaje (intensidad) están al norte del humedal en la localidad de Cuyinhue, donde se ubica el puerto del mismo nombre y el Fuerte San Luis de Alba, y al sur del humedal, en Punucapa. El primero debido a la importancia histórica y geopolítica de haber sido la entrada de navegación hacia Valdivia durante la Colonia y el segundo, debido a las fiestas costumbristas como La Candelaria y los circuitos turísticos que inician o pasan por la localidad. Las áreas más señaladas (abundancia) corresponden a Punucapa y Tralcao junto al Puerto de Cuyinhue y entrada al humedal. Además, aparecen dos secciones del humedal, una al norte y otra al sur, que fueron escogidas pensando en el cuerpo completo del humedal pero en representaciones culturales diferentes y en función de la zona: una desde el sector bajo de Punucapa, Isla Culebra y Tambillo, y la otra en Locuche, Inipulli y Cuyinhue. Finalmente el humedal aparece encerrado completamente por un/una entrevistado/a que le atribuyó valor a la investigación científica que se desarrolla y la educación ambiental que potencialmente podría incorporarse.

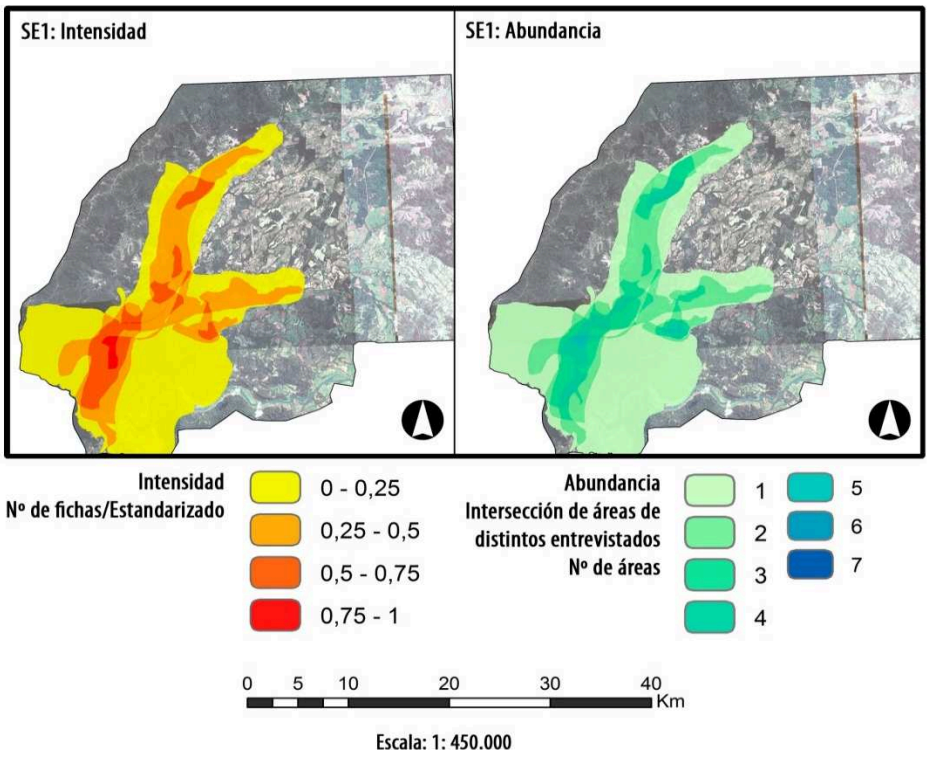


Figura 4.15.15. Mapa de Intensidad y Abundancia de SE Valores estéticos y oportunidades de recreación (SE9)

Valores estéticos y oportunidades de recreación (SE9)

El SE valores estéticos y oportunidades de recreación siguió por el norte un área similar al SE valores culturales, al sur el área del servicio se amplía hacia el cerro Oncol por el Oeste del río Cruces y hacia el este del mismo, abarcando Villa Cayumapu y toda el área sur hasta el río Calle-Calle y cubriendo la ciudad de Valdivia. Durante la delimitación de este servicio algunos entrevistados aludieron al valor del paisaje de agua que el cuerpo del humedal entrega, "yo quiero vivir cerca del agua" fue una expresión señalada por uno de ellos para ilustrar el valor intrínseco de todas las áreas aledañas al humedal. Se mencionó que todas las actividades recreativas vinculadas al humedal poseen un valor relacionado a este servicio. El sector de Tres Bocas posee el puntaje más alto, debido a la cercanía del humedal y a las urbanizaciones cercanas (Cabo Blanco y La Dehesa). Además, el eje navegable del río Cruces en los ríos Pichoy parte de Cayumapu fueron señalados junto a la Isla Rialejo, aludiendo a la vista que desde esos lugares se puede obtener del humedal y la cuenca. El sector norte en el área de los bañados también fue señalado por las oportunidades de recreación que existen, indicando que no han sido suficientemente desarrolladas. La entrada fluvial al humedal por el río Cruces (por el norte), la sección central del humedal y Villa Cayumapu, concentran las áreas delimitadas por los entrevistados. Algunos de ellos aludieron a las vistas desde algunos sectores, como la isla Rialejo o algunos bosques de roble y hualve, y la desembocadura del río Cau-Cau.

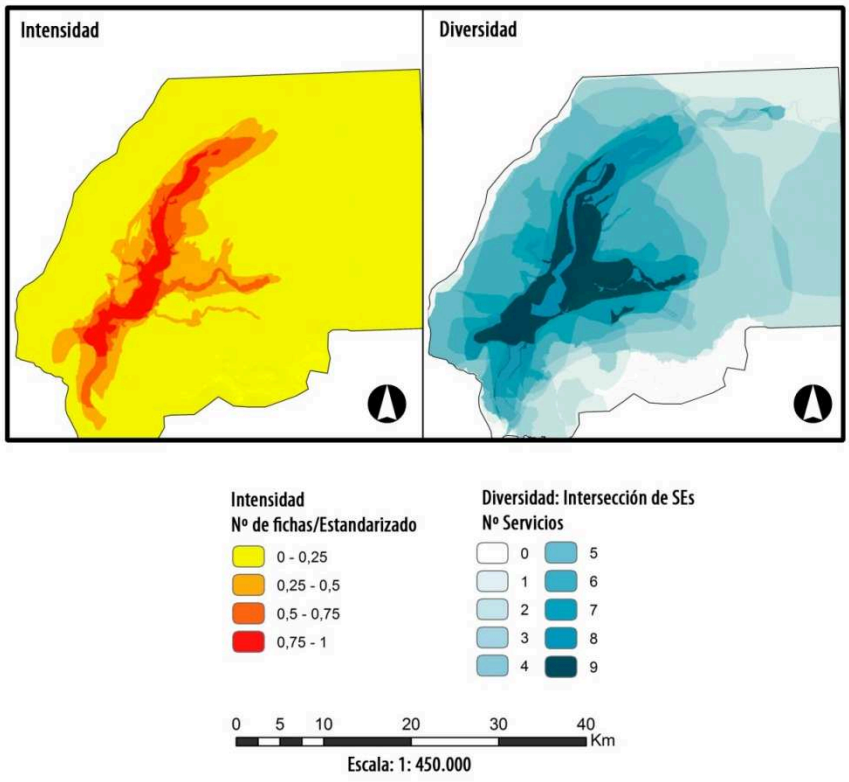


Figura 4.15.16. Mapa de Intensidad global y Diversidad de SEs

Mapa de Intensidad global y Diversidad de SEs

El mapa de análisis integral de servicios ecosistémicos muestra la superposición de todas las áreas individualizadas en el SSE-HRC, sin agruparlas por SEs. Se puede ver que la intensidad integral se concentra en el sistema del humedal, y a partir del mismo se propaga, disminuyendo su intensidad en la medida en que se aleja del centro del sistema fluvial. Además del centro del sistema del HRC, destacan los ríos tributarios Pichoy y Cayumapu por el oriente y Santa María, Tambillo y San Ramón por el oeste del humedal. La diversidad se presenta como la superposición de diversos SEs, ésta se revisó mediante la combinación de las nueve capas *raster* presentadas (ver Sección 4.15.3.3). El resultado es una capa que concentra a los nueve servicios en las orillas del sistema del humedal, algunas extensiones de terrenos alrededor del cuerpo de agua y los bordes delgados de orilla al sur, cerca del sector de Isla Teja y la confluencia con el río Calle Calle. El río Pichoy y un pequeño sector de Villa Cayumapu también

concentran una alta cantidad de SEs. A partir de las orillas del humedal, comienza a propagarse en menor medida la concentración de SEs, destacando todo el eje navegable del río Cruces, las áreas de los bañados al norte y el borde del río Cayumapu, así como el río Santa María, Tambillo y San Ramón, por el oeste del eje del río Cruces. Finalmente se pueden ver que las laderas orientales de la cordillera de la costa y el contorno de la cuenca por el sureste resaltan levemente por la confluencia de servicios.

Mapeo de intensidad y diversidad de SEs desde el valor ciudadano

La Tabla 4.1.5.6 resume las áreas delimitadas en el mapeo con habitantes y ciudadanos con una vinculación concreta con el sistema HRC, para luego presentar las cartografías escogidas e ilustrar los resultados del análisis espacial.

Tabla 4.15.6. Recuento de áreas delimitadas desde el valor ciudadano. Valores máximos y mínimos de intensidad y número de áreas.

SEs asociados a las áreas de valor y amenazas	**Intensidad: puntaje fichas**		
	Valor mínimo	Valor máximo	Nº de áreas
Regulación climática (SE1)	-	-	0
Control de inundaciones (SE2)	5	5	1
Control de la erosión (SE3)	-	-	0
Disponibilidad de agua (SE4)	15	15	1
Agua fresca (SE5)	10	10	1
Producción potencial de cultivos y forraje (SE6)	2	23	9
Producción potencial de madera y PFNM (SE7)	4	8	3
Valores culturales (SE8)	2	20	20
Valores estéticos y oportunidades de recreación (SE9)	3	28	17
Biodiversidad	5	6	12
Áreas de valor delimitadas			**64**
Amenazas en áreas de valor	1	12	31
Amenazas en nuevas áreas	1	28	25
Total de áreas delimitadas (Áreas de valor delimitadas + áreas nuevas de amenaza)			**89**

La Tabla presenta los SEs que fueron reiteradamente identificados por medio de la metodología descrita previamente. Sumado a esto, durante las sesiones de mapeo emergió un concepto que no está contenido en la lista de SEs elaborada en

este estudio. Corresponde a la *Biodiversidad,* que fue atribuida a 12 áreas delimitadas por las/los entrevistadas/os. Este concepto está considerado como parte de la estructura biofísica que sustenta las funciones del sistema HRC, sin embargo, en tres sesiones de mapeo fue ampliamente utilizado para justificar el valor de las áreas delimitadas, por lo que se decidió ofrecerla dentro de los despliegues cartográficos y así reflejar lo que el grupo de interés ciudadano por el HRC le presentó al equipo de investigación.

Los rangos mínimos y máximos de intensidad, de la misma manera que en el caso del mapeo de opinión científica, muestran los valores reales a partir de la sumatoria de superposición de áreas, que luego fueron estandarizados para el despliegue cartográfico.

A continuación se presentan los indicadores de Intensidad global y de Diversidad y los tres SEs más mencionados junto al cuarto concepto de biodiversidad, ya que representan el 91% de áreas delimitadas por los/las entrevistados/as.

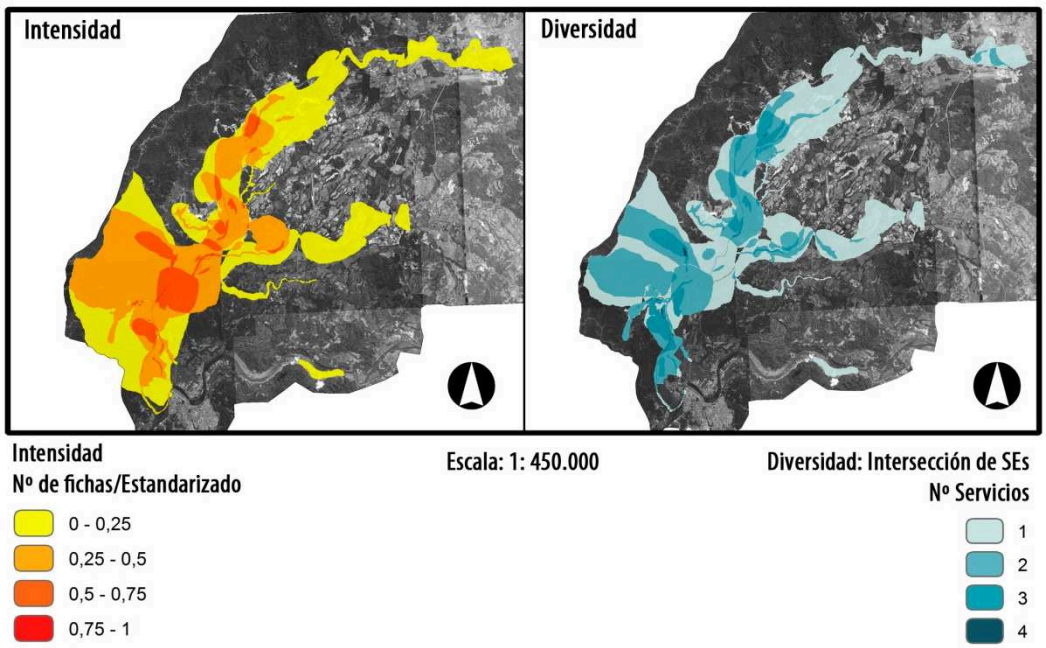


Figura 4.15.17. Mapa de Intensidad global y Diversidad de SEs

Mapa Integral de intensidad global y diversidad

El análisis integral se realizó con 64 áreas. Los puntajes más altos de *intensidad* se concentran en el sector central del humedal, con la Isla Rialejo, el estero Tambillo, el sector de Punucapa y el eje navegable del río en el sector de entrada al río Pichoy. La entrada al HRC por el norte también presenta un puntaje medio alto y en la entrada sur un puntaje medio. La *diversidad* muestra que las áreas más nombradas están en el eje del río Cruces y el HRC y el sector sur de la ladera oriental de la cordillera de la costa. A continuación se describen los resultados específicos por SE y el concepto emergente de biodiversidad.

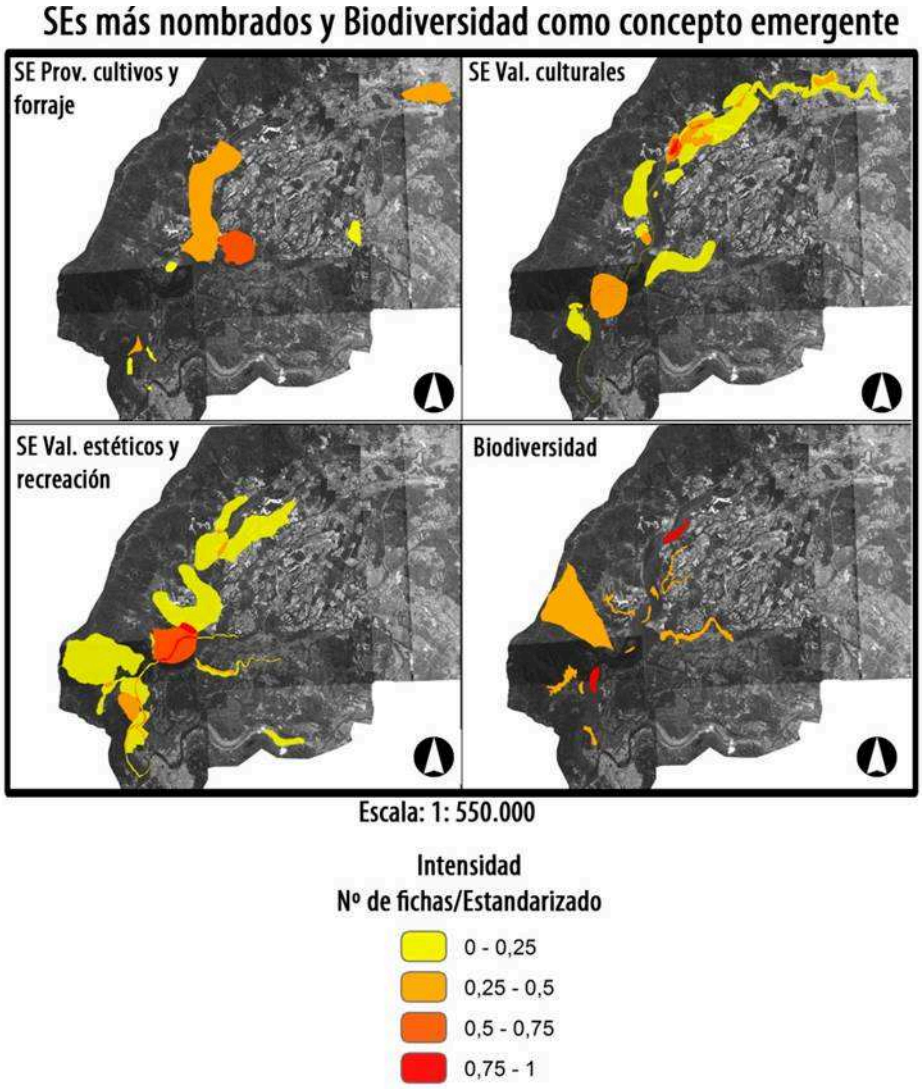


Figura 4.15.18. Mapa de Intensidad de SEs más nombrados y Biodiversidad

Provisión potencial de cultivos y forraje (SE6)

De las 64 áreas delimitadas, nueve fueron vinculadas a la provisión de cultivos y forrajes por cinco entrevistados, mencionando actividades productivas locales como la ganadería en el fundo Montt, una Cecinería en Iñaque, o un bosque cerca de Rucaco donde algunas personas solían cosechar dihueñes y pescar, actividad que según los relatos locales, se detuvo luego de la muerte de los peces provocada por el desastre de la planta de celulosa en el año 2004. Además se mencionaron lugares en el entorno de la isla Teja, la desembocadura del río Cau Cau y el sector cercano a Santa Rosa, los dos últimos asociados a actividades agropecuarias tradicionales que ya no se desarrollan pero que fueron significativas para el área sur del HRC durante varias décadas.

Valores culturales (SE8)

Los valores culturales se identificaron en todo el sistema del HRC por cinco entrevistados/as que delimitaron un total de 20 áreas. Se puede ver la ruta fluvial del río Cruces delimitada por una persona que enfatizó en su valor como ruta navegable, también fue resaltado el sector de la Isla Rialejo y Tres Bocas, mencionado por las oportunidades de transporte y conectividad hacia la ruta 205. También destaca el área norte del HRC, la ciudad de San José de la Mariquina, reconocida por su significado histórico y sus habitantes. Un/a entrevistado/a se refirió directamente a la importancia que la ciudad cobró por el daño sufrido a causa del desastre ambiental del 2004. Avanzando hacia el sur, el sector de Cuyinhue se destacó por la iglesia; Illahue, por su historia colonial; Paico, por el intercambio de mercancías que se generó históricamente y Locuche; por la feria costumbrista que se organiza actualmente para intercambiar productos locales y la presencia del fuerte San Luis de Alba. Más al sur, el sector de Chunimpa, por la importancia histórica, recordado como el lugar donde se generó la moneda de intercambio “Chunimpana”. El sector bajo del río Pichoy fue identificado por las poblaciones que ahí habitan pero también asociado a una amenaza por la actividad agropecuaria. El sector de Punucapa fue delimitado por sus ferias costumbristas y la fiesta religiosa de La Candelaria. Finalmente el sector del estero San Ramón fue señalado por la casa Manns, mencionada como un elemento cultural importante para la historia local, recordado por ser una importante hacienda ganadera

y de trigo, que dio trabajo a varios habitantes y que sufrió un incendio y luego la pérdida de terrenos por el maremoto de 1960.

Valores estéticos y oportunidades de recreación (SE9)

Este servicio fue asociado a 17 áreas delimitadas por seis entrevistadas/os, por la vinculación a las actividades turísticas o al valor estético intrínseco. La primera fue adjudicada al fuerte San Luis de Alba, a la feria de Locuche, a Chunimpa, a Punucapa, a la casa Manns junto al muelle San Ramón y a Frutillar; como sectores de potencial actividad turística. Desde la perspectiva estética, el río Cayumapu, la confluencia del río Cau Cau con el río Cruces, el río Santa María y la ruta completa de navegación por el río Cruces, fueron identificadas aludiendo a los paisajes fluviales, mientras que la Isla Corcovado (Rialejo), el sector de San Martín y el área privada protegida Parque Oncol, fueron señalados aludiendo a lugares con valor paisajístico por la abundancia de biodiversidad. Cabe resaltar el vínculo que existe entre este SE y los valores culturales antes descritos, por cuanto el primero tiende a sustentarse en elementos del segundo.

Biodiversidad

La biodiversidad fue asociada durante los mapeos a lugares específicos que concentran una característica vinculada a la fauna y la flora presentes. Bajo esta lógica es que se identificaron sectores de nidificación y alimentación de cisnes de cuello negro y gaviotas Cáhuil en el borde sur de la isla Rialejo; nidificación en el sector de Chunimpa donde solían haber grandes totorales; nidificación frente al fundo Santa María donde se han visto colonias de patos Yecos y Garzas; sectores de bosque nativo en la entrada al estero San Ramón, en la isla Culebra, en el estero Cau Cau, en el corredor Tambillo-Quitaqui y toda su ladera de ascenso atribuidos al bosque nativo que aún permanece (ambos destacan por ser el área más grande identificada), en el río Santa María, y finalmente por el este en los bordes de los ríos Pichoy, Nanihue y Cudico. Finalmente se señaló un área cerca de Frutillar donde había una antigua huillinera donde desovaban Huillines (*Lontra provocax*) que también –de acuerdo al relato- ha dejado de existir.

4.15.4.4. Identificación de factores y áreas de amenaza en el SSE-HRC

A continuación se presentan los resultados del mapeo de amenazas realizados desde el conocimiento científico y desde el valor ciudadano, respectivamente. Luego de cada despliegue cartográfico (ver Fig. 4.15.19 y 4.15.20) se hará un análisis descriptivo para posteriormente comentar de manera integrada los resultados.

Mapeo desde el conocimiento científico

Durante el mapeo con entrevistados/as científicos y profesionales, surgieron los conceptos de factores de amenaza y áreas bajo amenaza, que fueron delimitados indistintamente y seguidos de una explicación desde las/los entrevistadas/os que permitió luego clasificarlos.

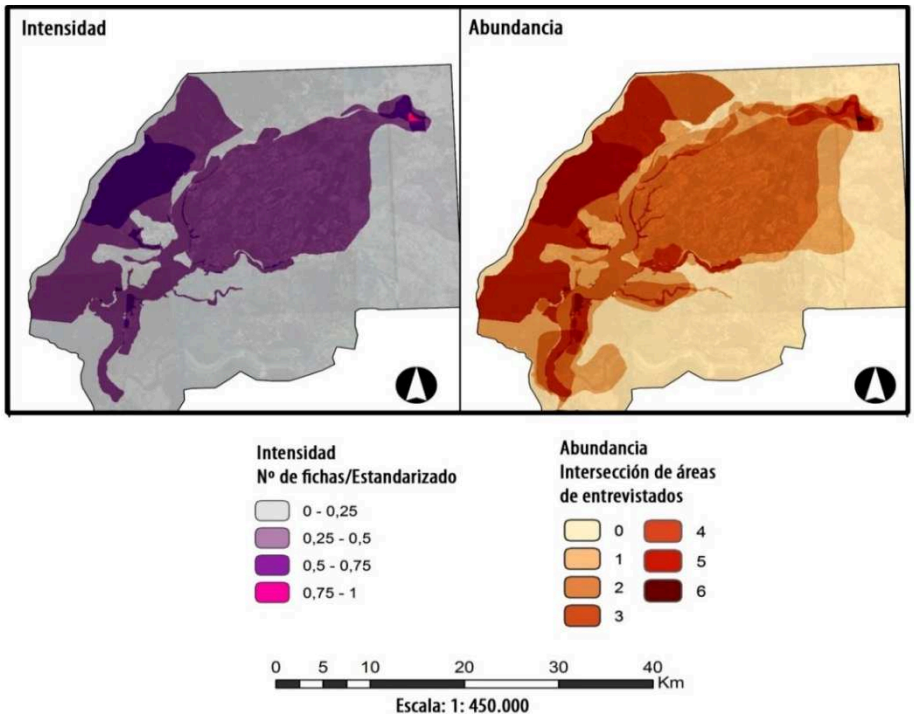


Figura 4.15.19. Mapa de Intensidad y Abundancia en torno a las amenazas identificadas desde el conocimiento científico.

El sector que concentra la intensidad más alta de amenaza corresponde al área donde se localiza la planta de producción de celulosa de Arauco. El tamaño de esa área fue diferente según cada entrevistado, lo cual ocurrió por un lado, debido a que algunos/as decidieron voluntariamente agrandar el área e incluir incluso a San José de

la Mariquina y una sección del río Cruces; mientras que otras/os no conocían los límites del terreno industrial y optaron por áreas más pequeñas. Las ideas vinculadas a esta zona giraron en torno a la fuente de contaminación permanente, representada en la planta, algunos/as entrevistados/as señalaron la contaminación del cuerpo de agua (río Cruces) y la llegada de estos contaminantes al sistema HRC. Una persona aludió a la planta explícitamente como una amenaza potencial permanente, sosteniendo su opinión en el evento del año 2004.

El segundo sector que concentra intensidades de amenaza alta se ubica en el área media de la ladera oriental de la cordillera de la costa y corresponde a laderas con predominancia de plantaciones forestales y bosques de vegetación nativa en algunas quebradas. Los conceptos más señalados vinculados a este sector aludieron a la presencia de las plantaciones forestales como fuente de amenaza, específicamente a la práctica de tala que deja sin protección suelos naturales, provocando la caída de sedimentos a los cuerpos de agua. Algunas personas mencionaron el uso de pesticidas que estaría también cayendo al agua por la misma práctica y reflexionaron respecto de la necesidad de medir esto científicamente. El estero Santa María, en su totalidad, también concentra intensidades altas, sin embargo, esta vez las elecciones fueron explicitadas como áreas bajo amenaza, es decir, áreas que por su condición particular y localización, concentran elementos que están bajo la amenaza de actividades antrópicas. En ese sentido, el sector de Tres Bocas fue también mencionado como un área bajo amenaza, esta vez debido a la expansión inmobiliaria y las prácticas que ella implementa (relleno de humedales para habilitar terrenos de construcción) junto a los impactos negativos vinculados al deterioro del paisaje. Se mencionó el proyecto inmobiliario que se intentó desarrollar en el sector, sin éxito a la fecha y se aludió también a la cercanía de esta área al cuerpo acuático. La urbanización fue señalada también en el sector de Cayumapu.

El área nororiental del área de estudio, a partir del río Pichoy hacia el norte que llega al eje del río Cruces y la planta de celulosa, fue encerrada aludiendo a la

concentración de usos de suelo para la producción de cultivos y forraje, las lecherías presentes y los químicos implementados en la agroindustria. Finalmente, el cuerpo acuático completo del río Cruces y las áreas permanentemente inundadas, junto a los ríos Cayumapu, Pichoy, Santa María, Tambillo y San Ramón; fueron encerrados como áreas bajo la amenaza por contaminantes, las especies de animales introducidas, la carga ejercida por la actividad turística (navegación motorizada) y la recepción de algunos contaminantes provenientes de la ciudad de Valdivia y trasladados aguas arriba por la fluctuación de las mareas, elemento físico asociado a la condición estuarina del HRC, en este caso el sistema se expandió hasta la confluencia con el río Valdivia.

Respecto de la abundancia, se puede apreciar en el mapa que la mayor cantidad de delimitaciones ocurrió en el área de la planta de celulosa, la cual fue señalada por seis entrevistados/as. El sector de Tres Bocas fue señalado por cinco entrevistados y algunas áreas pequeñas al sur de ésta, incluyendo a Cabo Blanco, La Dehesa y al sur, Cau Cau. El sector de plantaciones forestales al oeste del río Cruces aparece delimitado por cuatro personas y tres de ellas ampliaron el área abarcando prácticamente toda la ladera oriental de la cordillera costera, llegando por el norte hasta el sector de Cuyan y por el sur hasta el límite con el área privada protegida Parque Oncol. Finalmente se puede apreciar el área de Tralcao, donde una persona mencionó el reemplazo de bosque nativo por plantaciones forestales.

Mapeo desde el valor ciudadano

El mapeo de amenazas con el grupo de ciudadanos se presenta a continuación. Al igual que el caso presentado anteriormente factores y áreas de amenaza fueron delimitados, seguidos de una explicación de cada entrevistada/o que permitió luego clasificar los conceptos en torno a estos elementos.

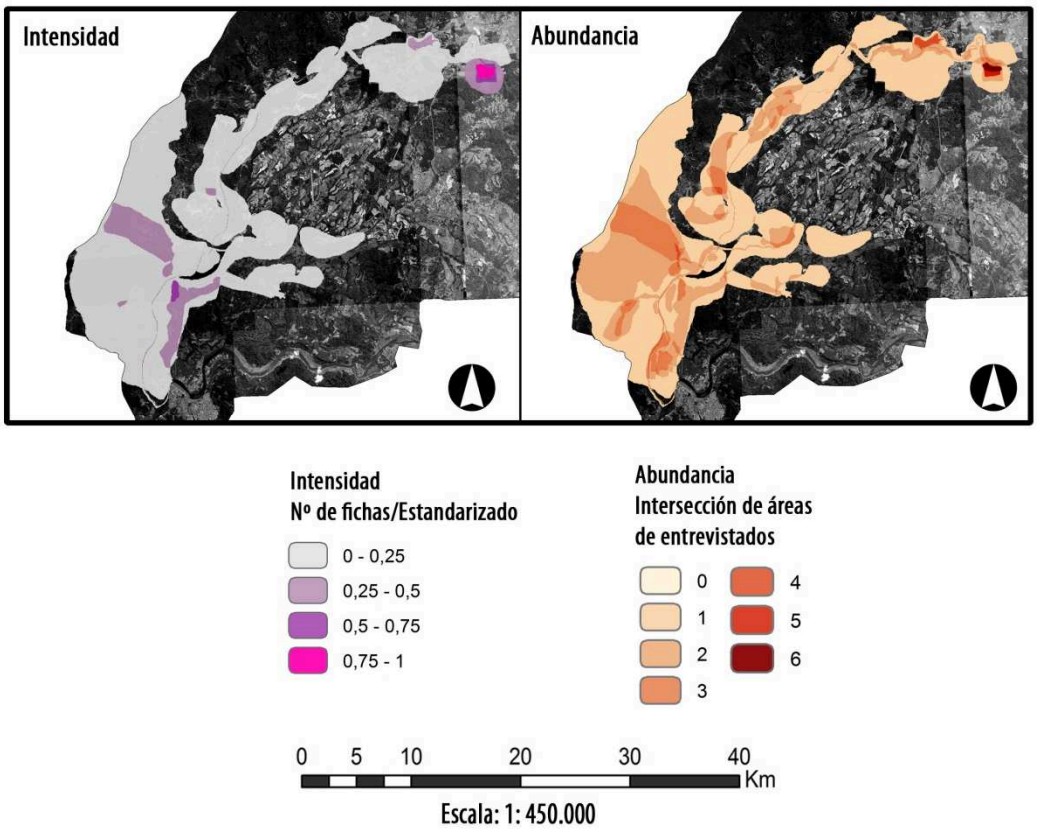


Figura 4.15.20. Mapa de Intensidad y Abundancia en torno a las amenazas identificadas desde el valor ciudadano.

El área que concentra la mayor intensidad de amenaza es, tal como en el caso del mapeo desde el conocimiento científico, la localización de la planta de producción de celulosa de Arauco, con seis personas que delimitaron el área. Algunas de ellas aludieron a los contaminantes que se vierten al río, en ese mismo sentido se encerró el área al nororiente de Paico y Cuyinhue, pero como un área amenazada que estaría recibiendo los contaminantes de manera directa. Otros/as entrevistados/as aludieron a los malos olores emanados desde la planta (esto fue en el caso de entrevistados/as del sector norte del área de estudio). La segunda zona corresponde al sector de Tres Bocas y concentra una intensidad alta en la punta donde se intentó implementar el proyecto inmobiliario, incluyendo a sus alrededores a la ribera del río Cayumapu y la ribera del río Cruces, aludiendo a la presión inmobiliaria que también se está generando y que podría aumentar de no existir una planificación territorial que considere la protección de este sistema. Villa Cayumapu fue también delimitada por la misma situación y además se mencionó la presencia de la fábrica de quesos Coval -en

la intersección de la ruta 205 con la T-305 (desvío hacia Máfil) - que siguiendo el relato de un/a entrevistado/a, habría contaminado gravemente el sistema HRC.

La ciudad de San José de La Mariquina también fue identificada por un lado, aludiendo a su vulnerabilidad frente a la amenaza permanente de la planta de celulosa y por otro lado, por otro/a entrevistado/a que se refirió a dicha ciudad como una fuente de amenaza por el escaso manejo de residuos domiciliarios y la consecuente basura que esta persona suele observar a orillas del río Cruces y sus humedales. El sector alto de río Tambillo, pasando por Quitaqui, fue mencionado por una persona que mostraba preocupación por la baja cantidad de áreas que han sido menos intervenidas, siendo ésta la de menor impacto antrópico y por colindar con el área privada protegida Parque Oncol, lo que le daría una categoría de biodiversidad mayor al contener especies nativas tanto de flora como de fauna que utilizan este corredor natural entre el río y las laderas.

El eje completo del río Cruces fue delimitado por una persona que la eligió como un área de valor por contener la ruta fluvial que conecta al sistema HRC pero que también la consideró bajo amenaza por pasar por la planta de celulosa. Dentro del cuerpo acuático, la isla Rialejo (o Corcovado) fue señalada por dos entrevistadas/os aludiendo a la presencia de animales exóticos y relatos de habitantes que han visto a estos animales en terrenos fuera de la isla, lo que perciben como algo peligroso para la biodiversidad nativa. Entre las especies mencionadas hay ciervos, una especie de pato, avestruces e impalas africanos.

La integración de ambos mapeos de amenazas puede ser útil para concluir respecto de los factores de amenaza y las áreas bajo amenaza. La Tabla 4.15.7 resume los elementos más mencionados desde los dos grupos de entrevistados/as.

Tabla 4.15.7. Tabla resumen de amenazas para diferenciar factores de amenaza y áreas bajo amenaza mencionados/as, agrupados por grupo de entrevistados/as e identificando sectores principales.

Mapeos de amenaza	Factores que representan una amenaza	Áreas que están bajo amenaza
1. Conocimiento científico	1. Contaminación industrial (Planta de Celulosa) a. Expansión inmobiliaria (Tres Bocas, Villa Cayumapu, Caucau) 2. Explotaciones forestal (ladera oriental de la cordillera de la costa y riberas del HRC) 3. Especies introducidas (flora y fauna) 4. Turismo 5. Usos agrícolas 6. Cercanía a la carretera 205	a. Cuerpos de agua (río Cruces, áreas inundadas, ríos tributarios) b. Áreas donde esté ocurriendo un reemplazo desde vegetación nativa hacia plantación forestal (Tralcao, laderas de la cordillera de la costa) c. Áreas de biodiversidad (cuenca del estero Santa María) d. Paisajes afectados por actividades industriales (riberas del HRC cerca de la carretera 205 en sector de Rebellín y confluencia con río Cayumapu)
2. Valores ciudadanos	1. Expansión inmobiliaria 2. Contaminación por industria forestal (celulosa) 3. Contaminación domiciliaria 4. Explotación forestal (plantaciones) 5. Contaminación por industria lechera 6. Contaminación del aire (sectores de Locuche, Cuyan, Cuyinhue)	a. Sectores de presión inmobiliaria (Tres Bocas, Rebellín, Villa Cayumapu) b. Cursos de agua que reciben descargas industriales (ruta de navegación del río Cruces y tributarios) c. Cursos de agua colindantes con plantaciones forestales (eje del río Pichoy, ribera de Tralcao) d. Sectores de biodiversidad (Área privada protegida Parque Oncol) e. Corredores naturales de flora y fauna (corredor desde Parque Oncol hacia río Cruces)

Los resultados de los mapeos de amenazas muestran similitudes en cuanto a los factores de amenaza y algunas áreas bajo amenaza, sin embargo, hay algunas diferencias en los sectores identificados. El caso de Villa Cayumapu, que desde un/a entrevistado/a fue considerado como una fuente de amenaza, en el mapeo de valores ciudadanos fue señalado como un área bajo amenaza, aludiendo a la misma presión inmobiliaria, pero vista como un elemento que puede amenazar a la propia localidad y poner en riesgo ambiental al río del mismo nombre. En el caso de los factores que representan una amenaza, se puede apreciar en la Tabla 4.15.7 que el grupo de

entrevistados que representaba los valores ciudadanos, precisó las diversas fuentes contaminantes, diferenciando entre contaminación industrial, domiciliaria, terrestre y atmosférica. Se cree que esta diferencia se vincula a la interacción espacial con el sistema HRC. La contaminación del aire fue mencionada por dos personas que habían experimentado durante un tiempo malos olores provenientes de la planta de celulosa y que también recordaban la vinculación de estos con el periodo de marcha blanca y posterior desastre ambiental generado por la planta.

4.15.4.5. Sugerencia de métodos de valoración

El valor de los SE: definiciones y clasificaciones

Para el caso de los SEs, Chan *et al.* (2012) entregan una distinción clara de los tipos generales de valor (Figura 4.15.21). En su tipología los autores reconocen valores monetarios versus no monetarios, orientados hacia el propio ser o hacia los demás, individuales versus holísticos, físicos versus metafísicos, finales versus de soporte, no transformativos versus transformativos y antropocéntricos versus biocéntricos.

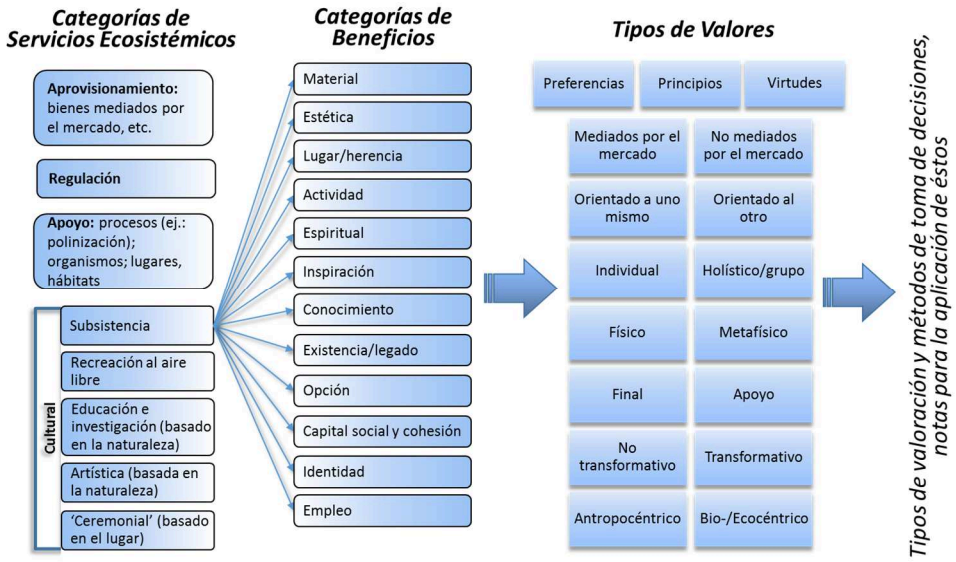


Figura 4.15.21. Relaciones entre categorías de SE, beneficios y tipos de valor.

Fuente: Chan *et al*., 2012.

Aunque la Figura 4.15.21 enfatiza una visión dual de los ocho tipos de valor, no cabe duda de que cualquier expresión de valor es una mezcla compleja de tipos (Chan *et al.,* 2012). Si bien una definición de todas estas categorías de valor va más allá del objetivo de este diagnóstico, en esta sección se desarrollan tres definiciones de valor relevantes a la toma de decisiones en relación a los SEs, las que a su vez pueden asociarse a los tipos generales propuestos en la Figura 4.15.21 (ver Tabla 4.15.8) y pueden guiar la adopción de métodos de valoración para los SEs del SSE-HRC.

El valor ecológico se deriva de la contribución y rol de los ecosistemas y su biodiversidad, en sus diferentes niveles de organización, al sustento de funciones y procesos que a su vez soportan la provisión de SEs. El valor ecológico no depende de las preferencias sociales y, por tanto, se vincula con la capacidad de los ecosistemas y su biodiversidad de proveer SEs; mientras que los valores socioculturales y económicos sí dependen de las preferencias humanas (Rincón-Ruiz, 2014). De acuerdo a la Tabla 4.15.8, el valor ecológico puede considerarse un valor biocéntrico además de intrínseco.

El valor socio-cultural está vinculado a la importancia, significados, usos y percepciones que los seres humanos le otorgan a los elementos simbólicos y materiales de los SSE (Fish *et al.,* 2011; Rincón-Ruiz, 2014).

El valor económico por su parte, es aquel relacionado al valor de intercambio de un bien o servicio, y se mide normalmente en términos monetarios, tanto en sus dimensiones de uso como de no uso (Heal, 2000; Pascual *et al.,* 2010; Rincón-Ruiz, 2014).

Tabla 4.15.8. Atributos de los valores ecológico, sociocultural y económico.

Tipo de valor	Atributos
Ecológico	Biocéntrico; intrínseco.
Económico	Mediado por el mercado, individual, físico y final, no transformativo y antropocéntrico.
Sociocultural	No mediado por el mercado, orientado a otros, transformativo, grupal, físico, final antropocéntrico.

Fuente: Elaboración propia

Valoración de los SEs: enfoques y metodologías

La valoración de SEs es un proceso orientado a reconocer y determinar el valor de los mismos y de la biodiversidad que los sustenta. Mientras que la cuantificación del valor ecológico se basa en el uso de métodos exclusivamente biofísicos, los valores socioculturales y económicos, se determinan a través de métodos basados en las percepciones y preferencias de las personas. A diferencia de la valoración ecológica, la sociocultural y económica reflejan las realidades percibidas, las visiones del mundo y los sistemas de creencias de las personas (Zografos & Kumar, 2010) y generan conocimiento acerca de las necesidades, normas y comportamientos de los individuos y las organizaciones en un determinado SSE (Cowling *et al.,* 2008).

De lo anterior, es claro que cualquier estudio del valor de los SEs debe apuntar a la valoración integral de los mismos, entendida como la identificación y posible cuantificación de los valores antes mencionados. Para algunos de estos valores se ha desarrollado una diversidad de métodos los que se presentan resumidamente en la Figura 4.15.22.

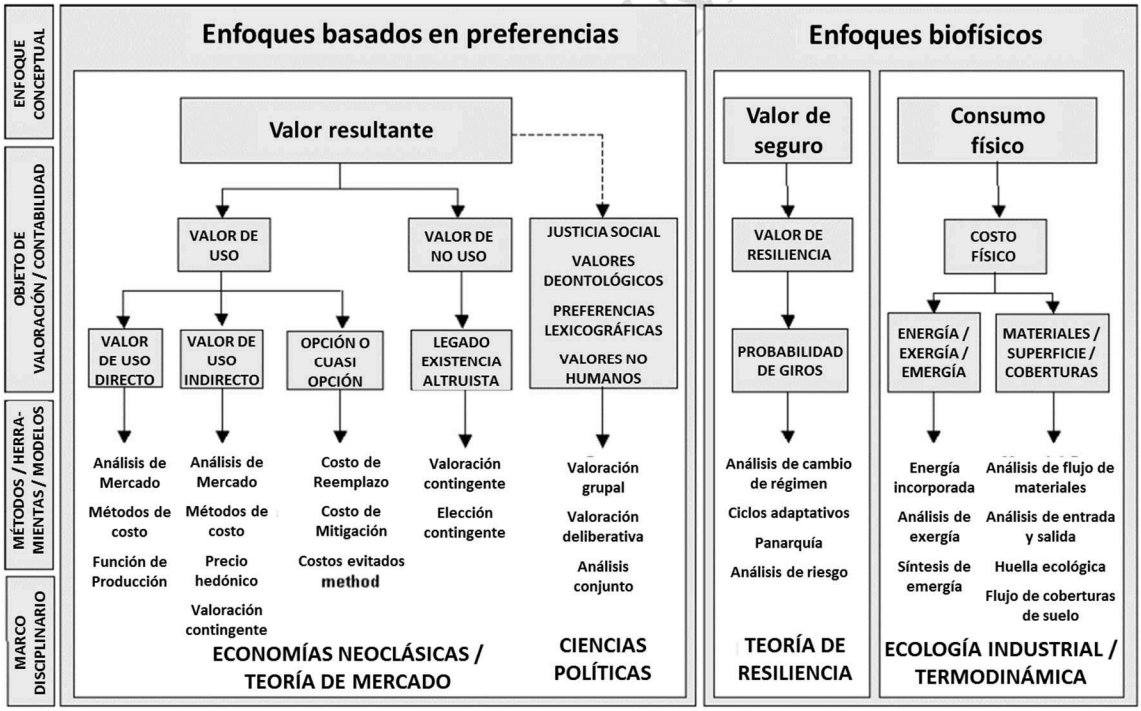


Figura 4.15.22. Enfoques de valoración de SE desde distintas disciplinas y de acuerdo al tipo de valor. Fuente: TEEB 2010.

Si bien existe una amplia variedad de métodos, su uso depende generalmente de la disponibilidad de tiempo y de datos y de las capacidades técnicas para conducir la evaluación. En todo caso, la valoración bajo cualquiera de los enfoques de la Figura 4.15.22, es un proceso que requiere del estricto conocimiento de las relaciones entre los componentes biofísicos del SSE que están siendo afectados por un pulso o presión ambiental (*e.g.*, contaminación hídrica). Particularmente, tanto la valoración sociocultural y económica deben apuntar a una evaluación del cambio en la provisión de SEs y el consecuente cambio en el bienestar de las personas, como se ilustra en la Figura 4.15.23 para el caso del HRC. En la valoración económica estos cambios se expresan como cambios marginales medidos a través de la disposición a pagar (DAP) por una *unidad* más de un SE en la medida que éste genere bienestar. La DAP total es la suma de las DAP marginales por unidades sucesivas de un SE en este caso. Si bien en el contexto de la valoración sociocultural no se habla de valoración marginal, es conveniente establecer un claro contexto de valoración, que identifique entre otros componentes los *trade-offs* (compromisos) involucrados en las decisiones de las

personas respecto a mantener, mejorar y/o degradar la provisión de un determinado SE.

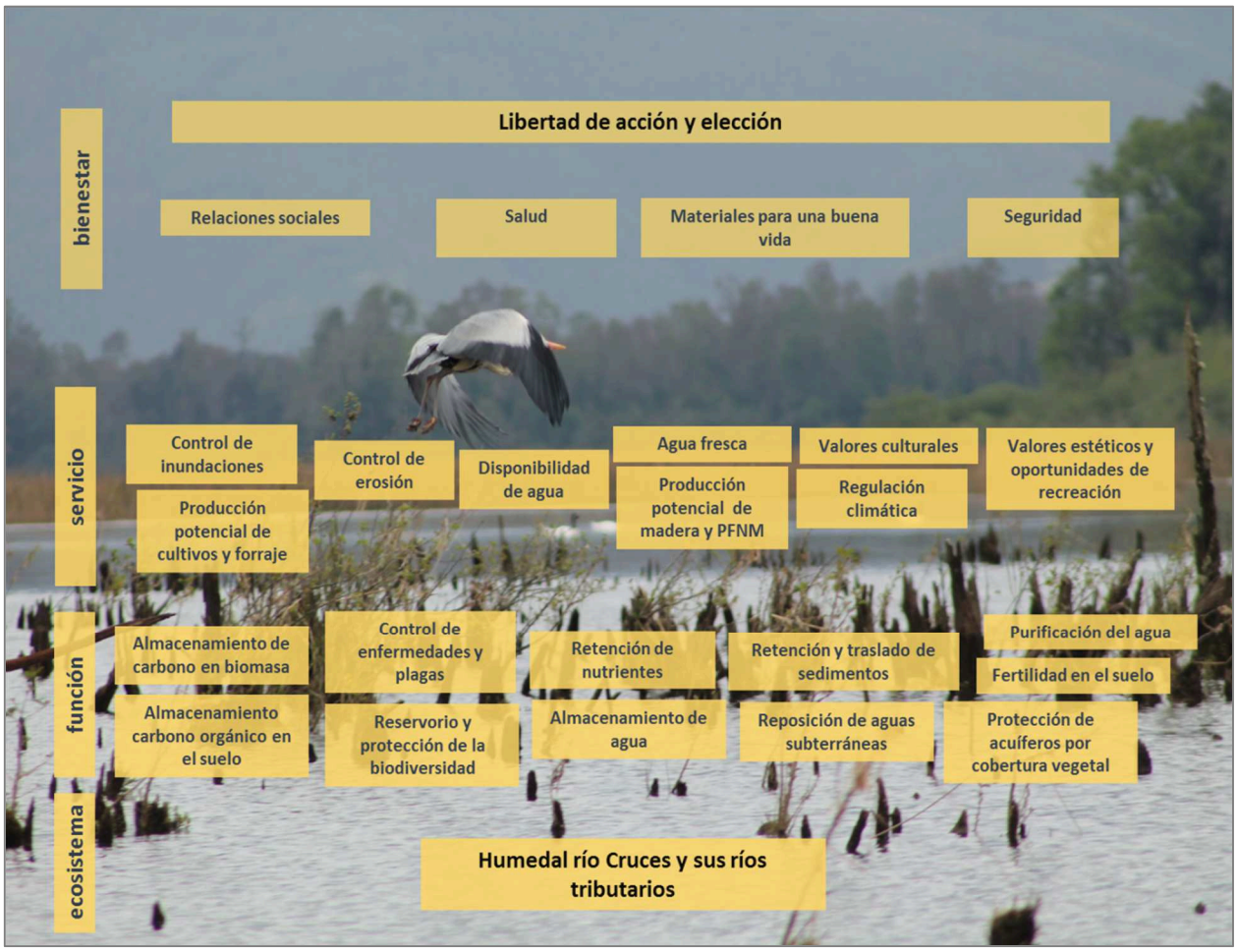


Figura 4.15.23. Relaciones entre funciones, SEs y constituyentes del bienestar humano en el SSE-HRC. Alteraciones en la estructura del ecosistema HRC generan modificaciones en las funciones ecosistémicas provocando cambios de diversa magnitud en los SEs, que a su vez influyen en los constituyentes del bienestar humano. Estos cambios son el foco en la valoración de los SEs.

Fuente: Elaboración propia.

Métodos de valoración monetaria y no monetaria

En la Tabla 4.15.9 se sintetizan los enfoques y métodos de valoración monetaria y no monetaria frecuentemente usados para la valoración de la biodiversidad y los SEs y se ejemplifican con los SE identificados para el SSE-HRC. Esta revisión se basa en

Christie *et al.,* (2012) y Fish *et al.,* (2011) y las referencias contenidas en ambos estudios.

Tabla 4.15.9. Enfoques y métodos de valoración monetaria y no monetaria aplicables a las valoración de los SEs del HRC.

Enfoque de valoración	Ejemplos de metodologías	Aplicación
Técnicas monetarias		
Enfoques de precios de mercado	Precios de mercado	Valoración cuantitativa de productos no maderables (ej. follajes y frutos silvestres) a través de precios en ferias locales; Valoración de producción frutícola a través de precios de exportación
Enfoques de costos de mercado	Costo de reemplazo	Valoración del SE de control de la erosión a través del costo de dragado producto de la sedimentación
	Costo del daño evitado	Valoración cuantitativa del SE de control de inundaciones a través de los costos evitados de daño a la infraestructura urbana de Valdivia
	Función de producción	Valoración cuantitativa del SE de disponibilidad de agua como insumo en la producción agropecuaria
Métodos de preferencias reveladas	Costo de viaje	Valoración cuantitativa del SE de valores estéticos y oportunidades de recreación a través del costo de viaje incurrido en una visita al HRC
	Método de precio hedónico	Valoración del SE valores estéticos y oportunidades de recreación como un atributo en la función de precio de una vivienda en sectores aledaños al HRC
Métodos de preferencias establecidas	Valoración contingente	Valoración cuantitativa de SE valores culturales a través de la disposición a pagar por el incremento en la provisión de dicho SE
	Modelos de elección	Valoración cuantitativa del SE valores culturales a través de la disposición a pagar por atributos específicos que sustentan la provisión de dichos SE
Enfoques participativos de valoración	Valoración deliberativa	Valoración de múltiples SEs del SSE-HRC a través del consenso participativo de representantes de grupos sociales del SSE
Transferencia de valor	Transferencia de valor	Valoración de múltiples SE del SSE-HRC a través de estimaciones ya existentes para humedales de otras zonas geográficas (*e.g.* Costanza *et al.,* 1997) ajustando dichas estimaciones por atributos espaciales específicos del SSE-HRC
Técnicas no monetarias		
Métodos consultivos	Cuestionarios	Valoración cualitativa o cuantitativa de múltiples SEs del SSE-HRC a través de expertos/as y/o profesionales
	Entrevistas a fondo	Valoración cualitativa o cuantitativa de múltiples SEs del SSE-HRC a través de expertos/as y/o ciudadanos
Enfoques no monetarios deliberativos y	Focus groups	Valoración de múltiples SEs del SSE-HRC a través conformación de pequeños grupos de referentes sociales clave en la decisión en cuestión (*e.g.* restauración del HRC)

participativos	Jurados ciudadanos (cabildos)	Valoración cualitativa de múltiples SEs del HRC a través conformación de grupos de ciudadanos que se manifiestan y eventualmente votan por una determinada acción que influye sobre la provisión de los SEs
	Enfoques basados en la salud	Valoración de SEs que influyen indirectamente o directamente en la salud humana (*e.g.* SE agua fresca, SE valores culturales)
	Metodología de preguntas	Valoración cualitativa o cuantitativa de múltiples SEs del SSE-HRC a través de expertos y profesionales
	Encuestas Delphi	Valoración cualitativa de múltiples SEs del SSE-HRC a través de encuestas a referentes sociales clave
	Evaluación rural participativa (PRA)	Valoración cualitativa de múltiples SEs del SSE-HRC a través de grupos de discusión con referentes sociales clave
	Investigación-acción participativa (PAR)	Valoración cualitativa de múltiples SEs del SSE-HRC a través de grupos de discusión con referentes sociales clave

Fuente: Elaboración propia a partir Christie *et al.,* (2012) y Fish *et al.,* (2011).

Enfoque de precios de mercado. El enfoque de precios de mercado utiliza precios actuales de mercados relacionados al SE como un proxy al valor del mismo.

Enfoque de costos de mercado. El enfoque basado en costos de mercado utiliza los costos de un bien de mercado relacionado al SE como un "proxy" al valor del mismo. Los enfoques de costos no miden realmente el valor sino más bien un proxy al valor. El método de función de producción se basa en incorporar el SE como una variable de entrada (*input*) en la función de producción de un bien de mercado.

Enfoques de preferencias reveladas. Los métodos de preferencias reveladas utilizan observaciones de mercados actuales relacionados al SE para proveer una medida del valor de dicho SE. En el método de costo de viaje, se usan datos sobre el costo del viaje a un determinado sitio (*e.g.,* río, lago, parque nacional, humedal) para evaluar los beneficios recreacionales de ese sitio. El método de precios hedónicos revela el valor del SE mediante observaciones en un mercado relacionado: usualmente los precios de casas. Los métodos de preferencias reveladas usualmente se restringen a medir valores de uso.

Enfoques de preferencias establecidas o hipotéticas. Estos métodos estiman valores económicos por medio de la construcción de un mercado hipotético para el SE. Se solicita a los entrevistados que reporten su disposición a pagar (DAP) para obtener

dicho SE, o su disposición a aceptar (DAA) por renunciar al mismo. Los estudios de valoración contingente apuntan a obtener la DAP por un SE bajo una determinada acción (*e.g.,* restauración del HRC), mientras que los modelos de elección también conceden valores a los atributos de la acción a ser evaluada. Los métodos de preferencias hipotéticas pueden usarse para evaluar todos los componentes del VET.

Enfoques participativos y deliberativos. Estos enfoques combinan métodos de preferencias hipotéticas de valoración con elementos de procesos deliberativos usados en las ciencias políticas. Generalmente se basan en la convocatoria de grupos pequeños de personas donde se provee a los participantes de tiempo para reflexionar, reunir información y deliberar antes de valorar. La deliberación se justifica plenamente en el contexto de los SE dado el bajo conocimiento público de los mismos. Además, al ser un enfoque participativo, asegura una mayor equidad tanto del proceso como del valor al que se llega de manera colectiva.

Transferencia de valor. Este método usa información económica capturada en un lugar y tiempo para hacer inferencias sobre el valor económico de SE en otro lugar y tiempo. Las estimaciones de valor pueden ser transferidas como valores monetarios o funciones de valor condicionados sobre variables explicativas espaciales o no espaciales.

Enfoques consultivos. Los métodos consultivos consisten en procesos estructurados de indagación de las percepciones de las personas sobre un tema ambiental (*e.g.,* la contaminación y eventual restauración del HRC). Ambos métodos se basan en la consulta individual, pero los cuestionarios se enfocan preferencialmente en reunir datos cuantitativos, mientras que las entrevistas a fondo recolectan datos cualitativos. Ninguno de estos enfoques llega a valores económicos pero ambos se usan como un fundamento de métodos de valoración monetaria, tal como valoración contingente.

Enfoques no monetarios deliberativos y participativos. Estos enfoques utilizan actividades grupales y técnicas deliberativas y participativas para conseguir información detallada acerca de la relación que tienen las personas con el medio ambiente rural. Los enfoques PRA y PAR (ver Tabla 4.15.9) buscan promover el conocimiento local y permitir a los actores locales hacer su propio diagnóstico y

planificación y son ampliamente usados en países en desarrollo en la planificación territorial rural. Los jurados ciudadanos son similares a una corte en la cual los participantes revisan la evidencia disponible antes de hacer juicios finales sobre el futuro de un SE. Las valoraciones basadas en la salud de las personas miden los resultados combinados de factores ambientales sobre la salud y por ende sobre la calidad y duración de una vida humana.

Un elemento distintivo de los enfoques no monetarios en relación a la valoración económica monetaria, es que el concepto de valor se entiende como "compartido" y no individual puesto que los SEs tienen un sentido y un significado colectivo. Los valores compartidos tienen que ver con seres sociales capaces de expresar preferencias por los SEs, no simplemente en términos de sus beneficios y costos, sino en términos de lo que es socialmente justo o injusto e incorrecto. Una dimensión relevante de estos valores compartidos son las consideraciones éticas que guían nuestra relación con la naturaleza y el paisaje, y por ende incluye aspectos como el altruismo y el valor de existencia además de lo estético (Fish *et al.,* 2011).

Limitaciones de la valoración monetaria de SE

Se han documentado numerosos desafíos de la valoración monetaria de SEs, particularmente en países tipificados como en desarrollo, los que giran desde consideraciones éticas a limitaciones metodológicas. Christie *et al.,* (2012) presentan una síntesis, la cual se sintetiza en la Tabla 4.15.10.

Tabla 4.15.10. Desafíos de la valoración monetaria de la naturaleza y los SEs.

Desafíos metodológicos
Barreras de alfabetización y lenguaje para la aplicación de ciertos métodos, particularmente aquellos de preferencias hipotéticas.
Falta de educación formal y conocimiento científico respecto de la relación entre la estructura, composición y salud de los ecosistemas y la provisión de SE.
Presencia de economías de subsistencia donde predomina la demanda por SE de provisión por sobre los demás dadas las condiciones de pobreza y vulnerabilidad.
Desafíos prácticos
Falta de capacidad de investigación local para conducir procesos de valoración que generalmente requieren capacidades de diseño metodológico y modelamiento específicos.
Presencia de valores espirituales y culturales los cuales es difícil poner en un contexto de valoración monetaria.
Escaso acceso a grupos marginales cuya opinión es entonces desestimada.
Desafíos epistemológicos
Validación de supuestos utilitaristas; los métodos de valoración monetaria se basan en supuestos altamente discutibles de la relación de los seres humanos con la naturaleza y de la forma en que los seres humanos toman decisiones
Contexto social y valores. Muchas veces la valoración económica introduce elementos de comodificación de la relación entre las comunidades locales y la naturaleza, que hasta entonces no existían modificando el contexto social y los valores. En otras ocasiones, el contexto social y los valores comunitarios simplemente impiden la valoración monetaria.
Desafíos políticos
Falta de conciencia o compromiso frente a la importancia de los SE en el bienestar humano.
Relevancia para la política local y su implementación. El desconocimiento puede llevar a que algunos SE se perciban como de poca importancia en la toma de decisiones.

Fuente: Modificado de Christie *et al*. (2012).

La valoración económica de la naturaleza y sus SEs continúa generando controversias y ha sido fuertemente criticada por diversas disciplinas como la economía ecológica y la ecología política debido al reduccionismo que conlleva el proceso mismo (Matulis, 2014). La crítica a la valoración monetaria se sustenta en los siguientes argumentos: 1) dada la complejidad de los ecosistemas un simple indicador monetario no bastaría para abordar su valor económico, ecológico, social y cultural; 2) el valor tiene múltiples lenguajes y formas para las distintas personas, y en muchos casos no puede expresarse en términos monetarios; 3) el valor no es independiente de la estructura distributiva e institucional dentro de la que dichos valores se expresan; 4) los procesos de valoración se dan en ambientes institucionales muchas veces influenciados en un marco determinado, favoreciendo o perjudicando las preferencias de mercado (Farley, 2012; Kallis *et al.,* 2013).

A partir de esta crítica ciertas disciplinas han propuesto desde la ética y la epistemología una valoración multidimensional de los ecosistemas, y una valoración institucional articulada, abrigada en un nuevo proyecto político para el desarrollo. Desde la ecología política Kallis *et al.* (2013) ofrecen un análisis de las limitaciones de la valoración monetaria y entregan pautas para establecer cuándo la valoración monetaria se fundamentaría, en torno a cuatro interrogantes clave:

1. ¿La valoración mejorará las condiciones ambientales en juego?

2. ¿Reducirá desigualdades y el poder redistributivo?

3. ¿Podría suprimir otros lenguajes de valoración e instituciones de articulación de valor? (Pluralidad)

4. ¿Podría servir a procesos de "clausura" (*enclosure*) de los recursos comunes (asociado con acumulación por desposesión/neoliberalismo)?

Como guía los autores proponen que si la respuesta a las preguntas es 1: NO, 2: NO, 3: SI y 4: SI, la valoración económica no debe ser aplicada. Para los autores los casos en que debe valorarse monetariamente están relacionados con la justicia ambiental (*e.g.* Caso Chevron-Ecuador; Caso Bocamina Coronel, Chile; Caso Celco-HRC, Chile) y con más control estatal sobre recursos públicos. Los casos en que no debe valorarse monetariamente es cuando hay riesgo de mercantilizar (*commodification*) los recursos/ecosistemas y la relación que las comunidades establecen con los mismos como puede ocurrir con los mecanismos de pagos por servicios ecosistémicos en mercados no regulados ya que se tendería a favorecer grupos con más poder adquisitivo para los cuales la utilidad marginal es más baja y su proporción de pago con respecto al ingreso es poco o nada significativo.

4.15.5. Discusión

En este estudio se evaluaron nueve Servicios Ecosistémicos en términos de su relación a funciones ecosistémicas específicas, amenazas a su provisión y su valor social. Para evaluar la relación entre SEs y funciones que los sustentan se condujeron

entrevistas con un grupo de personas consideradas por su conocimiento y experiencia en torno al HRC. También se consultó a estas personas por los posibles factores de amenaza y las zonas bajo amenaza, dentro de lo que se delimitó como el SSE-HRC. Los factores de amenaza identificados por las personas consultadas son comentados en esta sección y para efectos de este estudio, bajo el enfoque de Collins *et al.* (2011). Ellos corresponden a pulsos y presiones que emergen desde el subsistema social y generan perturbaciones y cambios permanentes en el subsistema biofísico (Collins *et al.*, 2011).

Según Collins *et al.* (2011), para comprender la dinámica compleja de un Sistema Socio-ecológico, se deben identificar y cuantificar las vinculaciones entre dos grandes subsistemas: el 1) Subsistema social-humano y el 2) Subsistema biofísico. El primero se constituye por el comportamiento humano vinculado al bienestar; y el segundo refiere a la estructura del ecosistema y sus funciones ecosistémicas. El modo en que el subsistema social incide en el subsistema biofísico, es mediante los 'Pulsos' y las 'Presiones': los primeros refieren a eventos puntuales de impacto significativo, mientras que las presiones son actividades humanas que prolongan este impacto significativo en el tiempo. El modo en que el subsistema biofísico incide en el subsistema social se define mediante los Servicios Ecosistémicos (SEs), por lo que las alteraciones mencionadas cambian el flujo y la capacidad de los SEs. Los cambios en el flujo de SEs repercuten de distinta forma en los constituyentes del bienestar humano de los grupos sociales vinculados al ecosistema HRC. Estos cambios en el bienestar motivan alteraciones en el comportamiento de las personas, generando nuevos pulsos y presiones sobre el subsistema biofísico. Finalmente, fenómenos fuera del SSE-HRC actúan también como impulsores de cambio sobre el subsistema social, sobre los pulsos y presiones y sobre el subsistema biofísico, directamente (ejemplo de estos fenómenos lo constituyen el cambio climático, instrumentos de planificación, entre otros) (Collins *et al.*, 2011).

Los resultados de los indicadores de intensidad y abundancia de amenazas, tanto desde el conocimiento científico como desde los valores ciudadanos, coinciden en señalar a la planta de Celulosa de Valdivia de la empresa Arauco como el principal factor de amenaza (Figuras 4.15.19 y 4.15.20). Este factor se puede descomponer en el Pulso recibido por el HRC el 2004 y la presión actual de descarga de RILES. Desde el Pulso generado en el HRC el año 2004 y correspondiente a la contaminación del agua del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, varias de las personas consultadas (en ambos grupos) consideran factible la ocurrencia de un evento de similar magnitud. Además de los eventos de contaminación discretos y significativos en términos de magnitud, el HRC recibe la descarga permanente de RILES por parte de la empresa Arauco, las personas entrevistadas asumen la existencia de un proceso de contaminación permanente en el HRC. El impacto que esto provoca sobre el SSE, depende tanto del tipo de residuo arrojado, como de la capacidad de absorción del ecosistema (parte de la capacidad de absorción está siendo analizada en otros Capítulos de este diagnóstico). La descarga permanente de RILES se transforma en una presión que puede alterar la trayectoria del ecosistema en términos de su capacidad de generar SEs.

Otras presiones identificadas fueron la expansión inmobiliaria y de plantaciones forestales. Las plantaciones forestales de especies exóticas de rápido crecimiento estarían asociadas, según Little *et al.* (2009), a una disminución en la provisión y calidad del agua de un ecosistema, lo que puede ser el caso de los SEs de Provisión de agua (SE4) y Calidad de Agua (SE5) identificados en el HRC. Estos fenómenos, junto con la introducción de especies animales exóticas y la contaminación de los cursos de agua por agroquímicos, generan alteraciones en la estructura y funciones del ecosistema HRC, las que a su vez influyen en diversa medida en la generación de SEs. Ante estos resultados, se vuelve necesario evaluar en términos biofísicos los impactos de estas actividades sobre las estructuras y funciones ecosistémicas del SSE-HRC.

De acuerdo a los resultados de nuestro estudio (consulta de interés científico y matriz de influencia entre función ecosistémica y SE), la generación de SEs de provisión depende de la contribución más o menos equitativa de todas las funciones ecosistémicas seleccionadas. Por el contrario, los SEs culturales dependen en términos generales de unas pocas funciones ecosistémicas, principalmente de las de reservorio y protección de la biodiversidad, purificación del agua y almacenamiento de agua (Tabla 4.15.4). Por tanto, se presume que cambios significativos en estas funciones generarán grandes alteraciones en el flujo de estos SEs.

Estudios realizados sobre SEs culturales, han destacado la importancia que estos tienen en incentivar la vinculación de las personas con la protección y conservación del capital natural (Daniel *et al.*, 2012; Milcu *et al.*, 2013). En este sentido, los resultados obtenidos desde el análisis de las entrevistas de mapeo de valor ciudadano, indican que el 58% de las áreas de valor identificadas por conocedores/as del HRC, fueron vinculadas con los dos SEs culturales de nuestra lista (Tabla 4.15.6). Adicionalmente, las áreas vinculadas directamente con biodiversidad, que representaron el 19% de las áreas delimitadas en el mapeo desde el valor ciudadano, fueron constantemente asociadas a SEs culturales como la recreación, la belleza escénica y la educación.

Los impactos que los cambios en la cuantía y calidad del flujo de SEs provocan sobre el bienestar de las comunidades humanas vinculadas al HRC, pueden ser diferenciados en relación a los cambios que provocan, por un lado, en cada uno de los constituyentes del bienestar (*i.e.,* seguridad, materiales básicos para una buena vida, salud, buenas relaciones sociales), o por otro, de acuerdo a los cambios en el bienestar general de distintos grupos sociales. En el primero de los casos, cambios en el flujo de SEs de provisión (*i.e.,* producción potencial de cultivos y forraje, producción potencial de madera y PFNM) tienen un fuerte impacto en la obtención de materiales básicos para una buena vida y salud de los grupos humanos (*e.g.* disminución en la disponibilidad de agua). Sumado a lo anterior, cambios significativos en el flujo de los

SEs de regulación (*i.e.* regulación climática, control de inundaciones, control de la erosión) afectan fuertemente la seguridad de las personas (*e.g.,* seguridad frente a eventos climáticos extremos, mitigación frente al cambio climático), mientras cambios en el flujo de los SEs culturales (*i.e.,* valores culturales, valores estéticos y oportunidades de recreación) impactan en mayor medida las relaciones sociales que ellas sostienen (*e.g.,* sistemas de conocimiento, cohesión social) (MEA, 2005a). Para caso del impacto sobre el bienestar general de distintos grupos sociales, se requiere identificarlos mediante criterios diferenciadores y evaluar las correlaciones entre los cambios en niveles de bienestar y cambios en el flujo, acceso y distribución de distintos SEs (para mayor detalle revisar Daw *et al.*, 2011). Si bien esto no fue desarrollado en este estudio, se considera un aspecto fundamental a ser desarrollado en futuras investigaciones.

Los cambios en el bienestar de los grupos humanos producidos por una disminución en el flujo de SEs podrían generar finalmente alteraciones en el comportamiento social. Específicamente, los grupos humanos que sostienen sus medios de vida en torno al ecosistema HRC, verán afectadas sus actividades comunitarias y productivas. Incluso más allá de la evidencia científica que lo sostenga, los efectos de un pulso contaminante como el ocurrido en 2004 pueden tener impactos permanentes en las prácticas cotidianas de los grupos humanos que mantienen una interacción directa con el ecosistema (*e.g.,* extracción de agua para uso domiciliario, incorporación del río en los modos de vida, actividades económicas de subsistencia y turismo).

De acuerdo al conocimiento del equipo de investigación, este es el primer intento por evaluar los SEs que provee el HRC, por lo que los resultados y alcances de la investigación son acotados, y se requiere aún ampliar el campo de investigación de los SEs en el HRC hacia diversas áreas y escalas espaciales y temporales, consistentes con las formas de propagación y generación de beneficios de los distintos tipos de SEs. Por ejemplo, la delimitación espacial del SSE-HRC desarrollada en este estudio, puede

ser ampliada hacia la macrocuenca del río Cruces y sus humedales, para evaluar el flujo, acceso y distribución de los SEs dentro de un mismo sistema hídrico. Por otro lado, nuevas investigaciones pueden contribuir a precisar la influencia de la interacción de funciones ecosistémicas sobre la provisión de un determinado SE. Como muestran los resultados de nuestra investigación, no existe acuerdo entre un grupo de científicos/as sobre la influencia puntual y relativa de una función sobre un SE (Tabla 4.15.3). En este ámbito, se requiere explorar sobre la forma compleja en que los ecosistemas, mediante su estructura y funciones, generan un flujo de SEs. A partir de la identificación espacialmente explícita de las zonas de generación de SEs desarrollada en este estudio, esta información puede ser incluida en el análisis geoespacial mediante técnicas implementadas con SIG.

Vinculado a lo anterior, es fundamental indagar sobre los impactos del cambio de uso de suelo en la provisión de distintos tipos de SEs. Mientras el aumento de la superficie agrícola puede generar un incremento en el flujo de SEs de provisión (*e.g.,* alimentos, forraje), el reemplazo y pérdida de bosque nativo y humedales puede provocar una significativa disminución en el flujo de SEs de regulación (*e.g.,* regulación climática mediante la fijación de carbono en biomasa, control de la erosión, control de inundaciones). En este ámbito, es fundamental indagar sobre la influencia de los incentivos de mercado que gatillan el cambio en los usos del suelo, provocando a su vez el cambio en el flujo de los diversos tipos de SEs. Algunas investigaciones han señalado la tendencia al aumento del flujo de SEs que cuentan con un valor de mercado, y la disminución de aquellos servicios intangibles sin valor de mercado (MEA, 2005a; Lant *et al.*, 2008). Lo anterior no debe ser entendido como un llamado a la valoración económica de SEs, muy por el contrario, la valoración económica tiene serias limitaciones y en muchos casos contribuye a la mercantilización de la naturaleza sin aportar a su conservación. En este sentido y en línea con este estudio, se sugiere que los métodos de valoración de los SEs del SSE-HRC incluyan los valores y conocimientos de los grupos humanos con vínculos directos y permanentes con el ecosistema y se enfoquen en alimentar herramientas de planificación participativas.

4.15.6. Conclusiones

• Se identificaron nueve Servicios Ecosistémicos y once funciones ecosistémicas. El área de estudio delimitada fue la sección baja de la macrocuenca del río Cruces, desde la planta de celulosa Valdivia de Arauco hasta la desembocadura al río Calle Calle.

• La evaluación entre la vinculación de los SEs y las funciones que los generan, se puede concluir que la generación de SEs de provisión depende de la contribución equitativa de todas las funciones ecosistémicas seleccionadas. Al contrario de los SEs culturales que dependen en términos generales de unas pocas funciones ecosistémicas (principalmente de reservorio y protección de la biodiversidad, purificación del agua y almacenamiento de agua, ver Tabla 4.15.4). Cambios significativos en las funciones que sostienen estos SEs culturales, generarán grandes alteraciones en el flujo de estos SEs. Además, se requiere explorar sobre la forma en que los ecosistemas, mediante su estructura y funciones, generan un flujo de SEs.

• La intensidad global resultante del mapeo de conocimiento científico (evaluación espacialmente explícita) indica al río Cruces y sus tributarios como áreas principales de alto valor (intensidad). Las áreas donde convergen mayor cantidad de SEs distintos (diversidad), se localiza principalmente en los alrededores del cuerpo acuático del HRC, el cual luego se disipa a medida que se aleja del cuerpo de agua.

• El mapeo de valor ciudadano (evaluación espacialmente explícita), muestra que los SEs más mencionados fueron los de provisión de cultivos-forraje y culturales (valores estéticos y oportunidades de recreación). La biodiversidad fue señalada en repetidas ocasiones como principal atributo de las áreas de valor de los/las entrevistados/as.

• En el análisis de intensidad y abundancia de amenazas, ambos grupos de participantes en el mapeo coinciden en señalar a la planta de Celulosa Valdivia de Arauco, como la principal fuente de amenaza. Otros factores de amenaza

mencionados en ambos grupos, son las plantaciones forestales y la expansión inmobiliaria. Otro factor que no aparece en el mapeo pero fue señalado por los participantes es la introducción de fauna animal exótica al HRC. Se requiere indagar en las trayectorias futuras del SSE-HRC, mediante la evaluación de los impactos concretos sobre el subsistema biofísico de los factores señalados, evaluando el comportamiento espacial de los mismos y la influencia sobre el bienestar humano.

4.15.7. Referencias

Adamowicz, W., P. Boxall, M. Williams, M., and J. Louviere. 1998. Stated preference approaches for measuring passive use values: choice experiments and contingent valuation. American journal of agricultural economics 80: 64-75.

Adger, W. N., T. P. Hughes, C. Folke, S. R. Carpenter, and J. Rockström. 2005. Social ecological resilience to coastal disasters. Science 309: 1036-1039.

Bryan, B. A., C. M. Raymond, N. D. Crossman, and D. Hatton Macdonald. 2010. Targeting the management of ecosystem services based on social values: Where, what, and how? Landscape and Urban Planning 97: 111-122.

Buzai, G., y C. Baxendale. 2011. Análisis especial con sistemas de información geográfica: perspectiva científica, temáticas de base raster. Editorial Lugar, Buenos Aires.

Chan, K. M., T. Satterfield, and J. Goldstein. 2012. Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. Ecological Economics 74: 8-18.

Christie, M., I. Fazey, R. Cooper, H. Hyde, and J. O. Kenter. 2012. An evaluation of monetary and non-monetary techniques for assessing the importance of biodiversity and ecosystem services to people in countries with developing economies. Ecological Economics 83: 69-80.

Chapin, F. S., A. L. Lovecraft, E. S. Zavaleta, J. Nelson, M. D. Robards, G. P. Kofinas, S. F. Trainor, G. D. Peterson, H. P. Huntington, and R. L. Naylor. 2006. Policy strategies to address sustainability of Alaskan boreal forests in response to a directionally changing climate. Proceedings of the National Academy of Sciences 45: 16637-16643.

Collins, S. L., S. R. Carpenter, S. M. Swinton, D. E. Orenstein, D. L. Childers, T. L. Gragson, N. B. Grimm, J. M. Grove, S. L. Harlan, J. P. Kaye, A. K. Knapp, G. P. Kofinas, J. J. Magnuson, W. H. McDowell, J. M. Melack, L. A. Ogden, G. P. Robertson, M. D. Smith, and A. C. Whitmer. 2011. An integrated conceptual framework for long-term social–ecological research. Frontier in Ecology and the Environment 9: 351-357.

Cowling, R. M, B. Egoh, A. T. Knight, P. J. O'Farrell, B. Reyers, M. Rouget, D. J. Roux, A. Welz, and Wilhelm-Rechman, A. 2008. An operational model for mainstreaming

ecosystem services for implementation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105: 9483-9488.

Daniel, T. C., A. Muhar, A. Arnberger, O. Aznar, J. W. Boyd, K. M. A. Chan, R. Costanza, T. Elmqvist, C. G. Flint, P. H. Gobster, A. Grêt-Regamey, R. Lave, S. Muhar, M. Penker, R. G. Ribe, T. Schauppenlehner, T. Sikor, I. Soloviy, M. Spierenburg, K. Taczanowska, J. Tam, and A. von der Dunk. 2012. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. Proceedings of the National Academy of Sciences 109: 8812-8819.

Daw, T., K. Brown, S. Rosendo, and R. Pomeroy. 2011. Applying the ecosystem services concept to poverty alleviation: the need to disaggregate human well-being. Environmental Conservation 38: 370-279.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2014. Wetlands and Watersheds. Recuperado de http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/watersheds_index.cfm (Acceso en agosto de 2014)

Ernst, B., J. Chamorro, P. Manríquez, J. M. Lobo, A. M. Parma, A. M., J. Porobic, and C. Román. 2013. Sustainability of the Juan Fernández lobster fishery (Chile) and the perils of generic science-based prescriptions. Global Environmental Change 23: 1381-1392.

Fagerholm, N., N. Kayhkö, F. Ndumbaro, and M. Khamis. 2012. Commnity stakeholder's knowledge in landscape assesments – Mapping indicators for landscape services. Ecological Indicators 18: 421-433.

Farley, J. 2012. Ecosystem services: The economics debate. Ecosystem Services 1: 40-49.

Fish, R., J. Burgess, A. Church, K. Turner. 2011. Shared Values for the Contributions Ecosystem Services Make to Human Well-being. *In*: The UK National Ecosystem Assessment Technical Report. UK National Ecosystem Assessment, UNEP-WCMC, Cambridge. 10 pp.

Folke, C. 2006. Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. Global Environmental Change 16: 253-267.

Frank, O., T. Snijders. 1994. Estimating the size of hidden populations using snowball sampling. Journal of Official Statistics 10: 53-67.

Gallopín, G. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptative capacity. Glbal Environmental Change 16: 293-303.

Haines-Young, R., M. Potschin. 2010. Proposal for a Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES) for Integrated Environmental and Economic Accounting (V1). Department of Economic and Social Affairs, Statistic Division of United Nations, New York. 23 pp.

Hatton, D., R. Bark, A. McRae, T. Kalivas, A. Grandgirard, and S. Strathearn. 2013. An interview methodology for exploring the values that community leaders assign to multiple-use landscapes. Ecology and Society 18: 29.

Heal, G. 2000. Nature and the marketplace: capturing the value of ecosystem services: Island Press, USA. 224 pp.

Hein, L., K. van Koppen, R. de Goot, E. van Ierland. 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. Ecological Economics 57: 209-228.

Kallis, G., E. Gómez-Baggethun, and C. Zografos. 2013. To value or not to value? That is not the question. Ecological Economics 94: 97-105.

Lant, C. L., J. B. Ruhl, and S. Kraft. 2008. The tragedy of ecosystem services. BioScience 58: 969-974.

Little, C., A. Lara, J. McPhee, and R. Urrutia. 2009. Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. Journal of Hydrology 374: 162-170.

Matulis, B. S. 2014. The economic valuation of nature: A question of justice?. Ecological Economics 104: 155-157.

Max-Neef, M. 1991. Human scale development. Conception, application and further reflections. The Apex Press, New York, USA. 114 pp.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005a. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 64 pp.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005b. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and water. Island Press, Washington, DC. 82 pp.

Milcu, A. I., j. Hanspach, D. Abson, and J. Fischer. 2013. Cutltural ecosystem services: a literature review and prospects for future research. Ecology and Society 18: 44.

Municipalidad de Valdivia. 2011. Actualización Plan de Desarrollo Comunal de Valdivia, 2011-2014. Disponible desde (www.munivaldivia.cl) (Acceso en diciembre de 2014).

Muñoz-Pedreros, A., J. Moncada-Herrera, and L. Gómez-Cea. 2012. Evaluación del paisaje visual en humedales del río Cruces, sitio Ramsar de Chile. Revista chilena de Historia Natural 85: 73-88.

Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science 325: 419-422.

Palomo, I., B. Martín-López, P. Zorrilla-Miras, D. García del Amo, and C. Montes. 2014. Deliberative mapping of ecosystem services within and around Doñana National Park (SW Spain) in relation to land use change. Regional Environmental Change 14: 237-251.

Pascual, U., R. Muradian, L. Brander, E. Gómez-Baggethun, B. Martín-López, M. Verma, P. Armsworth, M. Christie, H. Cornelissen, and F. Eppink. 2010. The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. P. Kumar Edition. Earthscan, London. 72 pp.

Ramsar Convention. 2009. Wetland ecosystem services factsheet. Disponible en: (http://www.ramsar.org/) (Acceso en mayo de 2014).

Raymond, C. 2009. Mapping community values for natural capital and ecosystem services. Ecological Economics 68: 1301-1315.

Remme, R., M. Schröter, and L. Hein. 2014. Developing spatial biophysical accounting for multiple ecosystem services. Ecosystem Services 10: 6-18.

Rincón-Ruíz, A., M. Echeverry-Duque, A. M. Piñeros, CH. Tapia, A. David, P. Arias-Arévalo, and P. A. Zuluaga. 2014. Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia, 151 pp.

Schröter, M., D. Barton, R. P. Remme, and L. Hein. 2014. Accounting for capacity and flow of ecosystem services: A conceptual model and a case study for Telemark, Norway. Ecological Indicators 36: 539-551.

Schröter, M., R. P. Remme, and L. Hein. 2012. How and where to map supply anddemand of ecosystem services for policy-relevant outcomes?. Ecological Indicators 23: 220-221.

Sherrouse, B. C., J. M. Clement, and D. J. Semmens. 2011. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services. Applied Geography 31: 748-760.

Swinton, S. M., F. Lupi, G. P. Robertson, and S. K. Hamilton. 2007. Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. Ecological Economics 64: 245-252.

TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2010. Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.

Turner, K. 2010. A Pluralistic Approach to Ecosystem Services Evaluation. CSERGE Working Paper EDM 10-07. The Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), Norwich, UK.

Young, O. R., F. Berkhout, G. C. Gallopin, M. A. Janssen , E. Ostrom, S. van der Leeuw. 2006. The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research. Global Environmental Change 16: 304-316.

Zografos, C., and M. Kumar. 2010. Socio-cultural context of ecosystem and biodiversity valuation. In: TEEB. Brussels. 39 pp.

LISTADO DE ACRÓNIMOS

CELCO Empresa Celulosa Arauco y Constitución

DAA Disposición a aceptar

DAP Disposición a pagar

HRC Humedal Río Cruces y sus ríos tributarios

MEA Millennium Ecosystem Assessment

PAR Participatory action research (Investigación acción participativa)

PFNM Productos forestales no maderables

PRA Participatory rural assessment (Evaluación rural participativa)

RILES Residuos industriales líquidos

SE Servicio ecosistémico

SIG Sistema de Información Geográfica

SSE Sistema socio-ecológico

TEEB The Economics of Ecosystem of Biodiversity

5. EL ESTADO ACTUAL DEL HUMEDAL DEL RIO CRUCES Y SUS RIOS TRIBUTARIOS A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA DE DIAGNOSTICO

5.1. Generalidades

Se entrega a continuación una visión integral de los resultados obtenidos durante este Programa de Diagnóstico Ambiental del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (Nanihue, Cudico, Santa María, Pichoy, Cayumapu, Tambillo y San Ramón, entre otros) (HRC), apuntando a las conclusiones que a juicio de los autores de este estudio son las más relevantes de este estudio.

Este Programa de Diagnóstico permite tener una visión global del ecosistema en estudio como de sus sectores, definidos de acuerdo a su ubicación espacial: i) sector límnico o parte superior del río Cruces no afectado por influencia mareal, ii) eje central y estuarial del HRC, iii) ríos tributarios y estuariales del humedal, y iv) sector estuarial ubicado fuera del HRC. Este estudio muestra la condición general actual del sistema en una escala anual, donde interactúan procesos naturales y antropogénicos que regulan las condiciones ambientales del sistema.

5.2. Elementos y compuestos químicos en agua, sedimentos y organismos

Agua y sedimentos

La información de la composición química del agua y los sedimentos del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios obtenida durante la ejecución de este Programa de Diagnóstico, está basada en un estudio anual que en su diseño consideró tres campañas (abril, mayo y julio de 2014), las que fueron definidas de acuerdo al régimen pluviométrico local; este diseño permite tener una visión global de la variabilidad espacio temporal del sistema estuarial del HRC.

Para la caracterización de la composición química de agua y sedimentos, se analizaron elementos inorgánicos (metales pesados; *i.e.,* Hierro, Aluminio, Manganeso, Cobre, Zinc, Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio) y compuestos orgánicos (COT, AOX, EOX, Ácidos grasos y resínicos, Dioxinas y Furanos). En el agua se analizó además, temperatura, pH, conductividad, sólidos suspendidos totales,

transparencia, nutrientes, bacterias coliformes, sulfatos y cloruros, mientras que en los sedimentos se estudió la textura, granulometría de la arena, redox y contenido de materia orgánica total.

Agua

El análisis integrado de la información de la composición físico - química del agua permite señalar que los valores de temperatura, pH y conductividad fueron bastante homogéneos en la columna de agua a través del HRC, pero con marcadas diferencias estacionales. Las concentraciones de sólidos suspendidos totales y los valores de transparencia del agua, fueron más altos y más bajos respectivamente durante el muestreo de invierno, período de menor caudal hídrico. La concentración de oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación del mismo mostraron valores altos, lo que demuestra la baja carga orgánica presente en el agua del humedal. Los valores más altos de bacterias coliformes totales y fecales se registraron fuera del HRC, estando el valor máximo en una estación de muestreo ubicada en el río Valdivia.

Las concentraciones de cloruros y sulfatos en el agua estuvieron por debajo de los niveles recomendados para el consumo humano por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los metales pesados con las concentraciones más altas fueron Fe, Al y Mn; las concentraciones más bajas las presentaron el Pb, Cd y Hg. Ordenando los metales de mayor a menor concentración, la secuencia resultante es: Fe > Al > Mn > Zn > Cu > As >Pb > Cd > Hg para los metales disueltos y Al > Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > As > Cd > Hg para metales particulados. Los resultados obtenidos en este Programa de Diagnóstico muestran una fuerte correlación de Al y Fe disueltos y particulados, lo que revela el origen común de estos elementos desde de la corteza continental.

Los compuestos orgánicos complejos evaluados en este diagnóstico (*i.e.,* Ácidos grasos, Ácidos resínicos, Compuestos órgano-halogenados adsorbidos (AOX), Dioxinas y Furanos), presentaron concentraciones dentro del mismo orden de magnitud no detectándose diferencias estadísticamente significativas entre sectores. Temporalmente, las mayores concentraciones se registraron en abril del año 2014, respecto a lo encontrado durante mayo y julio del mismo año. Las concentraciones de

Dioxinas y Furanos informadas durante abril, mayo y julio fueron bajas, tanto en concentración como en relación a su ponderación en Equivalentes Tóxicos (EQTs), por lo que se consideran ambientalmente no relevantes. Más aun, estas concentraciones son menores a las aceptadas por la US EPA ("USA Environmental Protection Agency") en el consumo de agua potable de EEUU (< 0,030 ng/L). No se detectó en este estudio la presencia de los congéneres 2,3,7,8-TCDD y 1,2,3,7,8- PCDD (congéneres que muestran la mayor toxicidad de las Dioxinas y Furanos que habitualmente se evalúan y que están asociados por ejemplo, a procesos industriales e incendios forestales), en ninguna de las estaciones muestreadas y en ninguna de las tres campañas (abril, mayo y julio 2014). Por lo tanto la toxicidad de las muestras es baja, siendo menor que la dosis tolerable diaria para humanos, 4pg por kilogramo de peso, recomendada por la OMS.

La calidad del agua del HRC fue evaluada por medio de la Guía CONAMA (2004); esta es de clase de excepción para los parámetros comparables incluidos en la misma y con respecto a su uso como agua para regadío establecidos en la Norma Chilena 1333; *i.e.*, los parámetros evaluados se encuentran bajo los límites máximos permitidos para este uso.

Sedimentos

El análisis integrado de la información de la composición química de los sedimentos permite señalar que el contenido de metales pesados, presenta una fuerte tendencia a la homogeneidad de sus concentraciones. Esto resulta en una baja variabilidad entre sectores y campañas de muestreo, lo que explica que el Al, Cu, Zn y Hg no muestren diferencias significativas temporales ni espaciales. Por otra parte, el Fe, Mn, Pb y As, presentan un patrón de distribución espacial que se caracteriza por un aumento de las concentraciones promedio para Fe y Mn en el sector ubicado fuera del HRC y una disminución en el sector límnico para As y Pb. La distribución espacial de los metales en los sedimentos, muestra un patrón comparable al del Fe y Al, lo que sugiere un origen común de material detrítico local para todos ellos.

El contenido de carbono orgánico total (COT) mostró una distribución homogénea tanto entre campañas como entre sectores, lo que determina que no existan diferencias estadísticamente significativas en la distribución temporal y espacial de este parámetro.

No se detectó en los sedimentos, la presencia de Ácidos resínicos ni EOX en ninguna de las campañas. Los Ácidos grasos presentaron diferencias significativas entre las campañas de muestreo, pero con concentraciones similares para cada una de ellas de forma individual, por lo que no es posible establecer diferencias significativas entre los sectores. Los AOX presentaron diferencias solo entre los sectores, siendo el sector ubicado fuera del HRC el que presentó las concentraciones más altas. Las concentraciones de Dioxinas y Furanos en los sedimentos no presentaron diferencias significativas entre sectores ni entre campañas y los valores detectados están en rangos cercanos a los límites de detección, lo que se traduce en equivalentes tóxicos menores al límite de detección del método (0,0001 ng/g). Al igual que para el agua, no se detectó el congénere 2,3,7,8-TCDD, a la vez que la Dioxina 1,2,3,7,8-PCDD se detectó en algunas muestras pero en muy bajas concentraciones o cercanas al límite de detección analítico.

La información química-ambiental obtenida en las matrices **agua** y **sedimentos**, producto de variados enfoques metodológicos, como también del análisis de la dinámica temporal y espacial del sistema estuarial del humedal del HRC durante el Programa de Diagnóstico, indican una situación normal donde los compuestos químicos analizados se encuentran dentro de los rangos y variaciones naturales. Aun cuando se detectó la presencia de compuestos orgánicos clorados (Dioxinas y Furanos) en un bajo número de muestras, las concentraciones de los mismos estuvieron cercanas a los límites de detección analíticos. Los resultados permiten concluir que el sistema no está bajo un proceso de contaminación química, sino más bien refleja la variabilidad natural con señales antropogénicas puntuales que el sistema recibe y procesa, sin que se altere la funcionalidad integral del sistema estuarial evaluado.

Organismos

Durante el desarrollo de este Programa se evaluó la presencia de diferentes elementos y compuestos químicos en camarones (camarones de río y de vega), peces (puyes, pejerreyes, carpas y truchas) y aves acuáticas (Cisne de cuello negro y Garza blanca grande). Ya que previo a este programa de Diagnóstico, no hay antecedentes acerca de tal tipo de estudios, los resultados aquí obtenidos se compararon con datos tomados de la literatura y provenientes de organismos similares a los estudiados en este Programa de Diagnóstico. Aun cuando en general las referencias encontradas no corresponden a las especies aquí estudiadas ni tampoco a especies congenéricas de las mismas, esas referencias permitieron establecer rangos comparativos de concentraciones en los elementos y compuestos químicos aquí estudiados.

Camarones

En general, las concentraciones promedio de Hierro, Aluminio, Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en especímenes del Camarón de río (*Samastacus spinifrons*), fueron similares a las concentraciones promedio de estos metales pesados en crustáceos decápodos encontradas en la literatura. Sin embargo, las concentraciones más altas de Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en este estudio fueron más bajas que los valores más altos tomados de tales referencias. Las concentraciones promedio de Hierro, Aluminio y Cobre en tejidos del Camarón de vega (*Parastacus nicoleti*), fueron más altas que los valores encontrados en la literatura para crustáceos decápodos. Similar a lo observado en *Samastacus spinifrons* y aun cuando las concentraciones promedio de Zinc, Plomo, Cadmio y Mercurio en *Parastacus nicoleti* fueron similares a los valores referenciales, los rangos fueron más bajos. En ninguno de los camarones aquí estudiados se detectó Arsénico. Las concentraciones promedios y rangos de AOX obtenidos en este estudio son similares a las encontradas en la literatura, a la vez que los rangos en las concentraciones de EOX son menores en los camarones estudiados en este Programa, aun cuando los promedios son similares. Los promedios y rangos de las concentraciones de Dioxinas, Furanos y Equivalentes Tóxicos (EQTs) medidas en los camarones aquí estudiados fueron inferiores a los encontrados en la literatura. En ninguna de las muestras analizadas se detectaron los congéneres de Dioxinas 2,3,7,8-TCDD y 1,2,3,7,8-PCDD.

Peces

Aun cuando los rangos en las concentraciones de Hierro medidas en los puyes (*Galaxias maculatus*) fueron similares a los encontrados en la literatura, la concentración promedio de este metal fue más alta que la concentración promedio de las referencias; situación similar fue la observada para el Aluminio y Manganeso en estos peces, metales que no fueron detectados en los tejidos musculares de otros peces como pejerreyes, carpas y truchas. El Cobre solo fue detectado en puyes con concentraciones similares pero con rangos más estrechos a los valores de la literatura. El Zinc tuvo concentraciones más altas en puyes cuando comparadas con los otros peces aquí estudiados y con los valores referenciales (los rangos de variación fueron más estrechos en pejerreyes, carpas y truchas). Por otra parte, las concentraciones promedio de Zinc fueron similares a través de todas las comparaciones pero con rangos de mayor variabilidad en puyes. El Mercurio presentó concentraciones promedio inferiores a los valores referenciales en todos los peces estudiados con excepción de lo encontrado en truchas; sin embargo, los rangos máximos de la literatura son superiores a los rangos obtenidos para estos últimos peces. Las concentraciones promedio de AOX en los peces aquí estudiados fueron similares a los valores referenciales (estos con valores más altos en sus rangos), a la vez que las concentraciones promedios y rangos de EOX fueron más altos que los valores de la literatura en todos los peces del área de estudio. Durante ambas campañas se detectó la presencia de las Dioxinas 2,3,7,8-TCDD y 12378-PCDD en algunas de las muestras analizadas. Para el caso del Puye (*Galaxias maculatus*), se detectó la presencia de la 2,3,7,8-TCDD en dos de seis estaciones durante el otoño y en una de seis estaciones en la primavera; para esta misma especie y durante el otoño, la 1,2,3,7,8-PCDD fue detectada en cinco de seis sitios de muestreo. No se detectó ninguno de estos congéneres en el Pejerrey (*Basilichtys australis*). Para el caso de la Carpa (*Cyprinus carpio*), no se detectó la presencia de la congénere 2,3,7,8-TCDD en ambas estaciones de muestreo; durante la primavera, la 1,2,3,7,8-PCDD fue detectada en dos de cuatro sitios de muestreo. No se detectó la 2,3,7,8-TCDD en tejidos musculares de la Trucha café (*Salmo trutta*) y la Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en ninguna de las campañas. Durante el otoño, la 1,2,3,7,8-PCDD se detectó en la Trucha arco iris (en uno de cuatro sitios), mientras que durante la primavera se detectó en ambas especies de truchas; en uno de cinco sitios de

muestreo para la Trucha café y en una de cuatros estaciones de muestreo para la Trucha arco iris.

Aves acuáticas

Las concentraciones de Hierro en tejidos hepáticos fueron más altas en especímenes de Cisne de cuello negro que en aquellos de la Garza blanca grande. Las concentraciones de este metal en tejidos musculares fueron levemente superiores en cisnes que en garzas; en ambos casos, esos valores fueron más bajos que los de la literatura. Interesa resaltar aquí que las altas concentraciones de Hierro medidas en tejidos hepáticos del Cisne de cuello negro en el área de estudio durante los años 2004-2005, no se han vuelto a registrar en los últimos años; *i.e.*, las medidas durante el año 2014 son aproximadamente 10 veces más bajas que las medidas en esos años cuando muchos cisnes fueron afectados por hemocromatosis o daño hepático por acumulación de Hierro en el hígado. En general, las concentraciones de Manganeso en las aves aquí estudiadas, fueron más altas que las encontradas en la literatura. En ambos tejidos, las concentraciones de Cobre fueron notoriamente más bajas que las concentraciones referenciales. Las concentraciones de Zinc en tejidos hepáticos de cisnes y garzas fueron similares a las encontradas en la literatura, a la vez que las medidas en tejidos musculares fueron más bajas. Las concentraciones de Plomo y Cadmio en tejidos hepáticos y musculares de cisnes y garzas fueron notoriamente más bajas que las de la literatura; de hecho, el Cadmio no se detectó en tejidos musculares de ambas especies. Las concentraciones promedios y rangos de Mercurio en las aves aquí estudiadas, fueron siempre más bajas que los valores referenciales tomados de la literatura. Las concentraciones de Dioxinas y Furanos en tejidos hepáticos de los tejidos de cisnes y garzas analizados en este estudio, fueron notoriamente más bajas a las encontradas en la literatura. Para el caso del Cisne de cuello negro, se detectó la presencia de la 2,3,7,8-TCDD en uno de siete especímenes estudiados (tanto en tejidos hepáticos como musculares); por el contrario, la 1,2,3,7,8-PCDD apareció en tres de siete cisnes. Ambos congéneres de dioxinas fueron detectados en los músculos de las cuatro garzas analizadas.

En conclusión, los estudios realizados en tejidos de camarones, peces y aves acuáticas muestran que las concentraciones de los elementos y compuestos químicos estudiados, son en general similares o más bajas que las encontradas en la literatura. En general, las concentraciones de Dioxinas y Furanos estuvieron cerca del límite de detección de la técnica utilizada. Llama la atención el hecho de que las garzas tengan mayores concentraciones de Dioxinas y Furanos que los cisnes, diferencia que es probablemente el reflejo de las diferentes modalidades alimentarias de ambas aves; mientras el Cisne de cuello negro es un ave herbívora, la Garza blanca grande es carnívora. Debido a lo último, es probable que esta garza esté bio magnificando elementos y compuestos químicos, hipótesis que sólo podrá ser puesta a prueba una vez se cuente con mayor número de datos, ya sea vía el Programa de Monitoreo o mediante la puesta a cabo de una línea de investigación tendiente a evaluar la eventual bio magnificación de compuestos químicos a través de la compleja trama trófica del HRC.

5.3. Condiciones hidrográficas

El humedal del río Cruces y sus ríos tributarios conforman un sistema estuarial regido por mareas, las que alcanzan hasta el sector del Fuerte San Luis de Alba. Esta característica muestra que no es posible entender el funcionamiento de este humedal, sin considerar la estrecha conectividad mareal entre sus diferentes ríos tributarios.

Los flujos de agua originados por las mareas en ambas direcciones (*i.e.*, hacia el mar o hacia la cabecera del HRC), son al menos diez veces mayores a los flujos de agua dulce del mismo río. Los flujos de las mareas de llenante fuerzan a que gran parte del agua se mantenga dentro del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, lo que por ejemplo origina durante el período estival temperaturas del agua más altas dentro del HRC en relación a las medidas fuera de este.

En la desembocadura del río Cayumapu y en las de los ríos Pichoy y Cudico, se registraron las mayores concentraciones de metales pesados particulados, lo que puede estar relacionado a que la zona de la desembocadura del río Cayumapu es donde se registra la dinámica mareal más intensa, tal como ya se había demostrado en

estudios anteriores. Esto se debe a que en aguas someras, la velocidad de la onda de marea en llenante es mayor que la velocidad de la misma en vaciante, debido a que la velocidad depende de la profundidad del agua. Esto origina que el ciclo mareal se haga asimétrico, con menos horas de llenante y más horas de vaciante, lo que a su vez origina que para compensar el desfase temporal, los flujos hacia la cabecera sean sensiblemente más rápidos que los flujos de vaciante, lo que origina finalmente una importación neta de sustancias conservativas. En otras palabras, cualquier sustancia conservativa (*i.e*., arcilla, materia orgánica carbonosa, solutos, metales pesados) ubicada u originada aguas abajo de donde confluye el río Cayumapu con el eje o canal principal del estuario del río Cruces tenderá a concentrarse agua arriba; es decir en los ríos Cayumapu, Pichoy, Nanihue y Cudico, como en el sector aledaño al Fuerte San Luis de Alba. Por otra parte, las sustancias conservativas originadas aguas arriba de la confluencia antes mencionada; es decir, entre la desembocadura del río Cayumapu con el estuario del río Cruces y el sector del Fuerte San Luis de Alba, no tendrán posibilidad de desplazarse hacia el mar sino que serán retenidas por cada ciclo mareal aguas arriba de tal confluencia.

5.4. Macrófitas acuáticas

Actualmente, gran parte de las aguas someras de las riberas del área de estudio están cubiertas por Luchecillo (*Egeria densa*) planta que desapareció de vastas áreas del HRC durante el año 2004; es decir, existe una evidente recuperación de ésta macrófita lo que ha ido acompañado de un aumento gradual de la transparencia del agua y disminución en las concentraciones de sólidos suspendidos totales, situación evidenciada por medio del análisis de imágenes captadas por sensores satelitales. Estos análisis indicaron una tendencia al aumento en la cobertura global de macrófitas acuáticas posterior al año 2005, con disminuciones en el año 2008 y aumentos después de los años 2009-2011.

Actualmente se observa una mayor cobertura de Luchecillo en los sectores centro-norte del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios. Por otra parte, plantas como el Huiro, el Huiro verde, la Totora y la Flecha de agua presentan distribuciones más amplias en extensión, aunque con distintos grados de heterogeneidad, formando

parches de distintas extensiones, como por ejemplo en el caso del Loto y la Flecha de agua.

La reconstrucción de la distribución histórica de las macrófitas acuáticas en base a modelos de distribución e imágenes satelitales, indica que la idoneidad de hábitat disminuyó de manera marcada para todas las especies en el periodo 2003-2004. Posteriormente, la idoneidad ambiental para la mayoría de las plantas acuáticas habría presentado una recuperación relativamente rápida, seguida de una disminución marcada alrededor del año 2008. Luego, la idoneidad ambiental para las distintas especies de macrófitas acuáticas en el HRC habría aumentado, permitiendo el restablecimiento global del Luchecillo en el periodo posterior al año 2010. De esta manera, si bien las características ambientales del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, tal como son percibidas mediante imágenes satelitales, se recuperaron rápidamente tras el año 2004, el proceso de colonización del Luchecillo habría experimentado un desfase importante, indicando una recuperación paulatina.

5.5. Cambio de usos de suelo

Si bien las tendencias históricas analizadas no muestran una dinámica territorial de envergadura preocupante, si se debe tener en consideración lo que se puede apreciar en el futuro inmediato en relación a proyectos en ejecución o en estudio; estos incluyen el mejoramiento de la carretera actual, la posterior construcción de la doble vía entre Valdivia y San José de la Mariquina y la pavimentación del camino hacia Cabo Blanco. En un escenario de cambio climático con modificación del monto y régimen de las precipitaciones y aumento del período estival, las modificaciones en las cubiertas de la tierra tendrán gran relevancia, en cuanto pueden generar efectos de riesgo potencial para la calidad ambiental del HRC y sus ríos tributarios.

5.6. El Sistema Socio-ecológico

El humedal del río Cruces y sus ríos tributarios forman parte de un sistema más complejo, al que nos hemos referido como Sistema Socio-ecológico o Socio-ecosistema, compuesto por un subsistema de recursos y las unidades que fluyen del mismo, un susbsistema de actores sociales y un subsistema de gobernanza. El

subsistema de recursos representado por el HRC y su biodiversidad, sustenta relevantes procesos y funciones ecológicas (algunas de las cuales han sido evaluadas en el presente Programa de Diagnóstico) las que a su vez, permiten la provisión de una serie de Servicios ecosistémicos (subsistema de unidades de recursos) como por ejemplo, regulación de inundaciones y oportunidades de recreación y que satisfacen múltiples necesidades (salud, seguridad, dispersión) de poblaciones humanas locales y distantes (sub sistema de actores sociales).

En la práctica, existe muy poca evidencia empírica de las relaciones que ocurren dentro de sistemas socio-ecológicos tan complejos como el HRC. Quedan así muchas y complejas preguntas por abordar, siendo una de las más relevantes las trayectorias de cambio que el socio-ecosistema seguirá bajo distintos escenarios, tanto naturales (*e.g.*, terremotos) como resultantes de intervenciones antrópicas (*e.g.*, cambio global y cambios de uso y cobertura de suelo). Tales trayectorias pueden ser estudiadas a través de la detallada evaluación espacial y temporal de los flujos de Servicios ecosistémicos, como indicadores de la salud del ecosistema y la gobernanza del sistema social, incluyendo además las estrategias adaptativas frente a tales escenarios.

El Sistema Socio-ecológico incluye al Conocimiento Ecológico Local (CEL), el cual permite integrar las relaciones entre grupos y comunidades humanas con otras comunidades bióticas, a partir de las percepciones, experiencias y prácticas sociales manifestadas por los habitantes del HRC. De este modo, tanto el estudio del CEL como el de los Servicios Ecosistémicos, se desarrollan sobre metodologías transdisciplinarias que han permitido elaborar un diagnóstico del HRC como Sistema Socio-ecológico. El estudio del CEL ha corroborado la existencia de un conocimiento profundo del HRC por parte de los habitantes ribereños y un consenso inequívoco en torno a la noción de desastre ambiental, para describir la serie de eventos que durante los años 2004 y 2005 provocaron cambios ambientales notorios en el sistema, así como la identificación y atribución de responsabilidades primarias a las operaciones de la Planta Valdivia de la Empresa Arauco. No obstante contar con evidencia amplia, de que los habitantes ribereños tienen conocimientos muy específicos en torno a las especies y las relaciones ecosistémicas del humedal, también lo hay en la dirección contraria; es

decir, hay evidencia que indica que estos conocimientos se han fragmentado y se multiplican las incertidumbres. Esta situación se explica en parte por un gradual empobrecimiento de la experiencia cotidiana y la vida social y económica en torno a los ríos tributarios del humedal, lo que se asocia al fin de la navegación fluvial, al cierre y abandono de los puertos, la declaración del HRC como Santuario de la Naturaleza - con las restricciones legales que ello conlleva - y finalmente, con la crisis de contaminación por parte de la Planta Valdivia de Arauco. Entre los indicadores de cambio de mayor preocupación para las comunidades humanas aledañas al humedal, se encuentran los niveles de contaminación del agua y sus efectos en la salud, las actividades productivas y los usos domésticos y recreativos. También se identifican cambios en la abundancia de especies invasoras como el Visón y la Flecha de agua, y la disminución notoria en la abundancia de otras como el Coipo y la Taguita.

5.7. Amenazas

Las siguientes son las amenazas que a juicio de los autores de este Informe son las de mayor relevancia y que podrían llegar a afectar la estabilidad ambiental del HRC (el orden en que se presentan, no indica criterio de magnitud o intensidad de la amenaza): Algunas de ellas están basadas en percepciones recogidas desde la comunidad, y como son parte integrante de este estudio han sido incluidas, aunque el HRC – como ha quedado de manifiesto en este Programa de Diagnóstico - presenta una resiliencia que ha permitido su restauración vía procesos naturales.

- Presencia y distribución del Visón en toda el área de estudio (amenaza detectada por trampeos, observaciones indirectas y resultados de los estudios de CEL y Servicios Ecosistémicos). Especies que podrían ser directamente afectadas en el medio acuático: camarones de río, peces, huevos y juveniles de aves acuáticas y coipos; especies que podrían ser indirectamente afectadas (debido a interacciones tróficas): peces salmonídeos, garzas piscívoras y Huillín. Esta problemática amerita investigaciones que vayan más allá de lo realizado en este Programa de Diagnóstico.

• Eventual invasión de la Tortuga de orejas rojas en el humedal y sus ríos tributarios (amenaza potencial y no detectada visualmente). Especies que podrían ser directamente afectadas directamente en el medio acuático: camarones, puyes, anfibios; especies que podrían ser indirectamente afectadas (debido a interacciones tróficas): peces salmonídeos, garzas piscívoras y Huillín.

• Aumento en distribución y cobertura de la planta *Sagittaria montevidensis* (Flecha de agua) (amenaza detectada por censos en las riberas del área de estudio y resultados de los estudios de CEL y Servicios Ecosistémicos). Especies que podrían ser afectadas directamente en el medio acuático: otras plantas acuáticas de aguas someras, como el Luchecilo (competencia por interferencia); especies que podrían ser afectadas indirectamente (vía disminución de la cobertura del Luchecillo): aves acuáticas que consumen *Egeria densa* (cisnes, taguas y taguitas).

• Descarga de RILES resultantes de la actividad productiva de la planta Valdivia de Empresa ARAUCO (amenaza evidenciada por el estudio del CEL y Servicios Ecosistémicos). Tal evidencia se extrae de entrevistas y talleres realizados con los habitantes de las comunidades ribereñas.

• Eventual bio - acumulación de compuestos químicos en vertebrados ubicados en niveles superiores de la cadena trófica, como peces salmonídeos y garzas carnívoras (eventual amenaza evidenciada por estudios de concentraciones de Dioxinas y Furanos en peces y garzas).

• Eventual modificación de línea de costa debido a levantamiento continental intersísmico (amenaza evidenciada por la reciente expansión del área intermareal de planicies sedimentarias intermareales en diferentes áreas del HRC, estuarios adyacentes (Calle Calle, Valdivia, Angachilla, Tornagaleones, Ensenada San Juan).

• Desconfianza de las comunidades ribereñas hacia la empresa ARAUCO y las instituciones encargadas de gestionar el desastre y post-desastre ambiental. Además, el proceso de compensaciones económicas y otras intervenciones locales en el marco de este conflicto socio-ambiental, han generado divisiones intra e intercomunitaria que pueden dificultar las acciones necesarias para la conservación del HRC.

5.8. Conclusiones generales

Este estudio es el diagnóstico ambiental más completo hasta ahora realizado en el humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; los resultados del mismo dan cuenta del estado actual del área, diez años después de los cambios ambientales que ocurrieron en los cauces hídricos que forman parte de este complejo sistema estuarial.

Los componentes abióticos y bióticos que primariamente reflejan esos cambios fueron básicamente deterioro en la calidad de agua, desaparición del Luchecillo en vastas áreas del HRC y disminución en las abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro, Taguas y Tagüitas. Al día de hoy (mayo 2015) la situación es la siguiente:

i) La calidad de agua (medida por la carga de sólidos suspendidos totales de la misma) ha mejorado significativamente en los últimos años, lo que es coincidente con el aumento en la cobertura de macrófitas acuáticas como el Luchecillo, el Huiro y el Huiro verde. Estas plantas retienen sedimentos actuando como filtros de material particulado suspendido en la columna de agua y por lo tanto, contribuyen a aumentar la transparencia del agua. A lo anterior se suma el hecho de que la calidad del agua del río Cruces medida a través de otros parámetros ambientales (*e.g.,* bacterias coliformes, metales pesados, AOX, Ácidos resínicos y fauna ritral) también es buena.

ii) La distribución espacial y cobertura del Luchecillo ha aumentado significativamente en el tiempo, tanto en el eje central del río Cruces como en los ríos tributarios del mismo. Consecuentemente, el alimento de aves herbívoras como cisnes y taguas está hoy presente *ad livitum* en el área. Los

estudios realizados mediante imágenes satelitales, dan cuenta de un proceso paulatino de recuperación del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios después del año 2005, el que ha estado marcado por oscilaciones interanuales en los indicadores de calidad de agua y la idoneidad de hábitat para las distintas especies de macrófitas acuáticas. En particular, el aumento de la cobertura y distribución del Luchecillo se habría verificado en un periodo posterior al año 2008, coincidente con el aumento en la idoneidad de hábitat para varias de las especies estudiadas, al igual que en la cobertura global de macrófitas acuáticas.

iii) La variabilidad temporal del ensamble de la avifauna que habita en el HRC, muestra que desde el año 1991 al 2014 existe una disminución paulatina en el número de especies de aves. La compleja dinámica temporal (registrada en base a diferentes índices comunitarios), mostró drásticas modificaciones entre los años 2005 y 2009, lo cual también se reflejó en la convergencia hacia valores pre-2004 que han presentado las abundancias poblacionales de las aves herbívoras: las bajas abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro observadas durante los años 2004 y 2005, se mantuvieron hasta el año 2012 cuando empezó a evidenciarse un aumento significativo en las abundancias y que en términos promedio, se han mantenido hasta fines del año 2014. Por otra parte, las garzas (aves acuáticas carnívoras) mantuvieron sus abundancias poblacionales durante todo el período estudiado. Lo anterior sugiere que en general, la comunidad de la avifauna acuática del HRC se estructura alrededor de los patrones de variación en abundancia del Cisne de cuello negro, especie cuyas abundancias poblacionales se están recuperando a partir del año 2012. Esto es coincidente con la recuperación gradual de las coberturas del Luchecillo en toda el área del humedal; más aún, la disminución en las concentraciones de por ejemplo Hierro en las plantas de Luchecillo analizadas en este estudio es coincidente con la notoria baja en las concentraciones de este metal en los cisnes analizados durante el año 2014 *versus* aquellos estudiados diez años atrás.

En contraposición a lo anterior, hay componentes del HRC para los cuales no se pueden realizar comparaciones con años anteriores ya que en general no hay estudios previos a este o debido a que las metodologías de muestreo y técnicas analíticas han sido diferentes. Tal es el caso de la fauna de invertebrados de fondos sedimentarios y ritrales o pedregosos, camarones de río y de vegas, peces de riberas y cauces, además de anfibios y reptiles. Sin embargo, los datos obtenidos constituyen la base para las comparaciones que se realicen acerca del estado de esta fauna durante el programa de Monitoreo del HRC.

5.9. Síntesis final

Los resultados de este programa de Diagnóstico muestran que el ecosistema del HRC presenta una variabilidad normal de los componentes bióticos y abióticos estudiados. Asimismo, la estructura de los componentes bióticos del HRC que fueron afectados durante el año 2004 (macrófitas acuáticas y aves herbívoras) muestra un acercamiento hacia una situación ambiental como la registrada en períodos pre-2004. Esto evidencia la resiliencia del ecosistema del humedal y las capacidades de restauración vía procesos naturales de ambos componentes bióticos, en particular la recuperación de los componentes cobertura del Luchecillo y abundancias poblacionales del Cisne de cuello negro.

No obstante lo anterior, no es posible postular si el humedal ha alcanzado un estado de equilibrio estable, o si podría continuar experimentando cambios que lleven a un nuevo estado alternativo comunitario. Dado que la alta variabilidad espacio-temporal registrada en los diferentes componentes de este complejo ecosistema pareciera ser más la norma que la excepción, es necesario resaltar la necesidad de continuar el seguimiento ambiental del HRC. Esto con el fin de identificar factores y procesos claves que permitan proyectar su sostenibilidad, en consonancia con las expectativas de la también compleja trama ecológico-social en la cual está inserto.

6. EQUIPO DE TRABAJO

Se incluye a continuación el equipo de académicos, investigadores, asistentes técnicos y de investigación, que participaron en este programa de Diagnóstico Ambiental.

i) Variabilidad ambiental de largo plazo en el área de estudio

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Pedro Rubilar, Biólogo Marino, M.Sc. Estadística (c)
Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.

ii) Estudios específicos

Estudio 1: Calidad del agua y sedimentos

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ), Universidad de Concepción

Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D. Oceanografía Costera
Cristián Chandia, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental
Claudia Figueroa, Químico Analista
Gabriela Franyola, Biólogo Marino
Verónica Pinto, Químico Analista
Francesca Gauthier, Químico Analista
Juanita Elgorriaga, Químico Analista
Carlos Casanueva, Químico Analista
Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino
Edgardo Muñoz, Técnico de terreno
Michel Rivas, Técnico de terreno

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.
Mario Pino, Geólogo, Dr. rer. nat.
Marcia González, M.Sc., mención Zoología
Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Jonathan Vergara, Biólogo Marino
Juan Pablo Molina, Biólogo Marino (c)
Teresa Coronado, Asistente de laboratorio

Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás, Santiago

Nelson Lagos, Biólogo Marino, Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología

Estudio 2: Condiciones hidrográficas

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Mario Pino, Geólogo, Dr. rer. nat.
Robert Brummer, Prof. Historia y Geografía

Estudio 3: Distribución espacial, cobertura y estado sanitario de macrófitas acuáticas

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.
Carlos Velásquez, Biólogo Marino
Cristina San Martín, M.Sc., mención Botánica
Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Jonathan Vergara, Biólogo Marino
Marcia González, M.Sc., mención Zoología

Facultad de Medicina, Universidad Austral de Chile

Ricardo Silva, Ingeniero Eléctrico, mención Electrónica
Bruno Peruzzo, Pedagogía en Biología y Química, M.Sc., mención Biología Celular, Dr. en Ciencias

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción

Helen de la Fuente, Geógrafo

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ), Universidad de Concepción

Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D. Oceanografía Costera
Cristián Chandia, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental
Claudia Figueroa, Químico Analista
Gabriela Franyola, Biólogo Marino
Verónica Pinto, Químico Analista
Francesca Gauthier, Químico Analista
Juanita Elgorriaga, Químico Analista
Carlos Casanueva, Químico Analista
Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino
Edgardo Muñoz, Técnico de terreno
Michel Rivas, Técnico de terreno

Estudio 4: Análisis espacio - temporal de la calidad del agua y cobertura de macrófitas acuáticas mediante sensores remotos

Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás, Santiago

Fabio Labra, Lic. en Ciencias Biológicas, Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.
Jonathan Vergara, Biólogo Marino
Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Marcia González, M.Sc., mención Zoología

Estudio 5: Estado de la macroinfauna de fondos sedimentarios

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.
Marcia González, M.Sc., mención Zoología
Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Carla Cárdenas, Biólogo Marino (c)
Emilio Acuña, Biólogo Marino
Jonathan Vergara, Biólogo Marino
Jorge Holtheuer, Biólogo Marino
Teresa Coronado, Asistente de laboratorio

Estudio 6: Estado de la macrofauna de fondos ritrales

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.
María Antonieta Lobos, Biólogo Marino
Emilio Acuña, Biólogo Marino
Jonathan Vergara, Biólogo Marino
Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Juan Pablo Molina, Biólogo Marino (c)
Jorge Holtheuer, Biólogo Marino

Estudio 7: Estado de la fauna de camarones

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.
Jonathan Vergara, Biólogo Marino
Emilio Acuña, Biólogo Marino
Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Isabella Aguilera, Lic. en Ciencias Biológicas
Jorge Holtheuer, Biólogo Marino
Carla Cárdenas, Biólogo Marino (c)

Juan Pablo Molina, Biólogo Marino (c)
Marcia González, M.Sc., mención Zoología

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ), Universidad de Concepción
Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D. Oceanografía Costera
Cristián Chandia, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental
Claudia Figueroa, Químico Analista
Gabriela Franyola, Biólogo Marino
Verónica Pinto, Químico Analista
Francesca Gauthier, Químico Analista
Juanita Elgorriaga, Químico Analista
Carlos Casanueva, Químico Analista
Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino
Edgardo Muñoz, Técnico de terreno
Michel Rivas, Técnico de terreno

Estudio 8: Estado de la ictiofauna

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile
Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.
Jonathan Vergara, Biólogo Marino
Emilio Acuña, Biólogo Marino
Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Isabella Aguilera, Lic. en Ciencias Biológicas
Jorge Holtheuer, Biólogo Marino
Carla Cárdenas, Biólogo Marino (c)
Juan Pablo Molina, Biólogo Marino (c)
Marcia González, M.Cs., mención Zoología

Facultad de Ciencias Veterinarias
Enrique Paredes, Médico Veterinario, Dr. med. vet.
Ricardo Enríquez, Médico Veterinario, Dr. med. vet.
María José Navarrete, Médico Veterinaria, M.Sc., Medicina Preventiva Animal, Ph.D. Patología Animal
Pamela Muñoz, Médico Veterinaria, M.Sc., Ciencias Animales y Veterinarias, mención Medicina Preventiva Animal
Alex Romero, Bioquímico, Dr. en Ciencias, mención Biología Celular y Molecular
Jorge Vásquez, Bioquímico

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ), Universidad de Concepción
Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D. Oceanografía Costera

Cristián Chandia, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental
Claudia Figueroa, Químico Analista
Gabriela Franyola, Biólogo Marino
Verónica Pinto, Químico Analista
Francesca Gauthier, Químico Analista
Juanita Elgorriaga, Químico Analista
Carlos Casanueva, Químico Analista
Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino
Edgardo Muñoz, Técnico de terreno
Michel Rivas, Técnico de terreno

Estudio 9: Estado de la fauna de anfibios (ranas) y reptiles

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile
José Nuñez, Bioquímico, Dr. en Ciencias, mención Zoología

Estudio 10: Estado de la avifauna

Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás, Santiago
Nelson Lagos, Biólogo Marino, Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile
Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.
Jonathan Vergara, Biólogo Marino
Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Emilio Acuña, Biólogo Marino

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Laboratorio de Oceanografía Química (LOQ), Universidad de Concepción
Marco Salamanca, Biólogo Marino, M.Sc., Ciencias Marinas Ambientales, Ph.D. Oceanografía Costera
Cristián Chandia, Biólogo Marino, Diplomado en Ingeniería Química Ambiental
Claudia Figueroa, Químico Analista
Gabriela Franyola, Biólogo Marino
Verónica Pinto, Químico Analista
Francesca Gauthier, Químico Analista
Juanita Elgorriaga, Químico Analista
Carlos Casanueva, Químico Analista
Leonardo Rosemberg, Biólogo Marino
Edgardo Muñoz, Técnico de terreno
Michel Rivas, Técnico de terreno

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción
Helen de la Fuente, Geógrafo

Estudio 11: Estado de la fauna de mamíferos acuáticos

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Andrés Silva, Lic. en Ciencias Biológicas
Marcela Morales, Médico Veterinario
Maximiliano Sepúlveda, Médico Veterinario, M.Sc., Ciencias Salud Animal, Ph.D. Ciencias Veterinarias y Salud de Poblaciones Animales (asesor externo al Programa)
Mauricio Soto, Lic. en Ciencias Biológicas, Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología (asesor externo al Programa)

Estudio 12: Estado actual del uso del suelo en el área de influencia del humedal del río Cruces y sus ríos tributarios

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Adriano Rovira, Geógrafo, Dr. en Geografía
Roberto Martinic, Geógrafo, M.Sc., Desarrollo Urbano y Regional
Daniela Quintana, Licenciado en Geografía (c)
Sebastián González, Licenciado en Geografía (c)

Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

Víctor Sandoval, Ingeniero Forestal, M.Sc., Inventarios y Monitoreo de Bosques Tropicales, Dr. Ciencias Forestales
Nolwenn Boucher, Geógrafo, M.Sc., Ciencias Marinas, mención Borde Costero
Nadia Macias, Técnico Forestal
Diana Rosero, Ingeniero Agroforestal, M.Sc., Ciencias, mención Recursos Forestales

Estudio 13: Uso de análisis de riesgo ecológico para identificación de amenazas

Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile

Mario Manzano, Lic. en Ciencias Biológicas
Eduardo Jaramillo, Zoólogo, Ph.D.

Estudio 14: Conocimiento ecológico local

Facultad de Filosofía y Humanidades Universidad Austral de Chile

Gustavo Blanco, Ingeniero Agrónomo, M.A. Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología, Dr. Sociología del Desarrollo

María Ignacia Fuenzalida, Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, M.Sc., Desarrollo Rural (c)

Alicia Foxley, Sociólogo, M.Sc., Desarrollo Rural

Estudio 15: Análisis de servicios ecosistémicos

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile

Laura Nahuelhual, Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Desarrollo Rural, Dr. Economía Ambiental y de Recursos

Fernanda Rojas, Geógrafo, M.Sc., Desarrollo Rural (c)

José Barrena, Economista, M.Sc., Desarrollo Rural