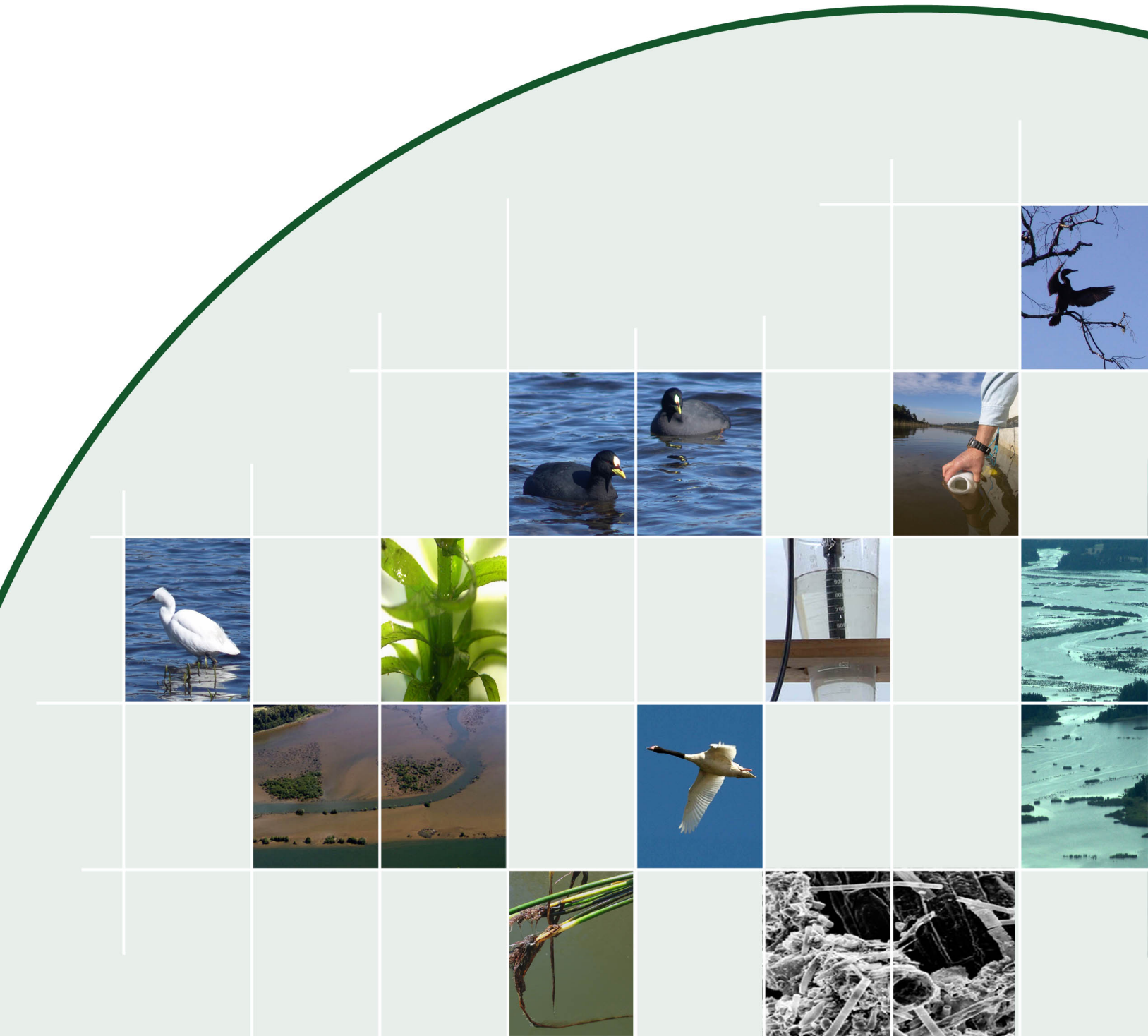
Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

PROPUESTA "PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL AMBITO ECOSISTEMICO"

Propuesta presentada a CONAF para ser incluída en el Plan Integral de Gestión Ambiental del Humedal del río Cruces



INDICE

página

1. RESUMEN EJECUTIVO **1**

2. INTRODUCCION GENERAL **10**

2.1. Humedales: ecosistemas amenazados **10**
2.2. El humedal del río Cruces (centro sur de chile) y su actual situación ambiental **13**
2.3. La relación del Programa de Investigaciones en el Ambito Ecosistémico con el Plan Integral de Gestión Ambiental (PIGA) de la CONAF para el humedal del río Cruces **15**

3. PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL AMBITO ECOSISTEMICO **16**

3.1. Marco conceptual y objetivos **16**
3.2. Estructura (Subprogramas y sus objetivos generales) **20**
3.3. Hipótesis general del Programa de Investigación y su relación con los Subprogramas **24**

4. LINEAS DE ACCION (PROYECTOS) **26**

4.1. SUBPROGRAMA DE MONITOREO **26**

4.1.1. MONITOREO DE VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS BIOINDICADORES. COORDINADOR: DR. EDUARDO JARAMILLO. **26**

4.1.1.1. Variables físicas y químicas en aguas superficiales. **26**
4.1.1.2. Radiación en aguas superficiales. **34**
4.1.1.3. Variables físicas y químicas en aguas subterráneas. **39**
4.1.1.4. Variables físicas y químicas en sedimentos. **45**
4.1.1.5. Dioxinas en sedimentos y agua intersticial. **52**
4.1.1.6. Organismos bioindicadores: invertebrados bentónicos y macrófitas acuáticas. **57**

4.1.2. MONITOREO DE VARIABLES BIOLOGICAS. COORDINADOR: DR. EDUARDO JARAMILLO. **63**

4.1.2.1. Fitoplancton y productividad primaria. **63**
4.1.2.2. Macrófitas acuáticas. **71**
4.1.2.3. Macroinfauna de fondos sedimentarios. **76**
4.1.2.4. Macrobentos de fondos ritrales. **82**
4.1.2.5. Ictiofauna. **89**
4.1.2.6. Anfibios anuros. **95**
4.1.2.7. Aves acuáticas. **101**
4.1.2.8. Mamíferos acuáticos. **106**

4.1.3. MONITOREO DE SERIES MULTITEMPORALES EN IMÁGENES SATELITALES. COORDINADOR: DR. VÍCTOR SANDOVAL. **110**

4.2. SUBPROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS 116

4.2.1. MODELO HIDRODINAMICO DE ESTUARIOS AFLUENTES AL ESTUARIO DEL RIO CRUCES. COORDINADOR: DR. MARIO PINO. **116**

4.2.2. CONDICIÓN TROFICA DEL HUMEDAL. COORDINADOR: DR. MAURICIO SOTO. **125**

4.2.3. CARACTERISTICAS ECOFISIOLOGICAS DE AVES ACUATICAS. COORDINADOR: DR. ROBERTO NESPOLO. **133**

4.2.4. CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES Y COMUNITARIAS DE LAS ESPECIES NATIVAS Y ALOCTONAS DEL HUMEDAL. COORDINADORES: DR. EDUARDO JARAMILLO, DR. NELSON LAGOS Y DR. ANGÉLICA CASANOVA. **141**

4.3. SUBPROGRAMA DE CONSERVACION, SANIDAD Y REHABILITACION **147**

4.3.1. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE RECOLONIZACION NATURAL DE ESPECIES NATIVAS Y ALOCTONAS DEL HUMEDAL. COORDINADOR: DR. EDUARDO JARAMILLO. **143**

4.3.2. BIOMANIPULACION Y CONSERVACION DE MACROFITAS ACUATICAS. COORDINADORES: DR. ANGÉLICA CASANOVA, DR. NELSON LAGOS Y DR. EDUARDO JARAMILLO. **148**

4.3.3. BIOMANIPULACION Y CONSERVACION DE AVES ACUATICAS. COORDINADOR: DR. ROBERTO SCHLATTER. **162**

4.3.4. ESTADO SANITARIO DE LA ICTIOFAUNA. COORDINADOR: DR. RICARDO ENRIQUEZ. **170**

4.3.5. SALUD DE POBLACIONES SILVESTRES DE AVES Y MAMIFEROS: EVALUACION POBLACIONAL Y REHABILITACION INDIVIDUAL DE LA FAUNA DEL HUMEDAL DEL RIO CRUCES Y RIOS ADYACENTES. COORDINADOR: DR. NÉSTOR TADICH. **177**

4.4. SUBPROGRAMA DE ORDENACION TERRITORIAL Y USO DEL HUMEDAL **185**

4.4.1. DISEÑO DE UN MAPA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL DEL HUMEDAL Y ZONAS ALEDAÑAS. COORDINADOR: DR. VÍCTOR SANDOVAL. **185**

5. REDES INTERACTIVAS DENTRO DEL PROGRAMA **187**

6. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE MANEJO Y CONSERVACION DE ESPECIES Y DEL HUMEDAL **191**

7. COMPOSICION DEL EQUIPO DE TRABAJO **196**

8. COSTO TOTAL DEL PROGRAMA **199**

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS **200**

10. ANEXO 1: CARTAS GANTT **215**

PROPUESTA:

"PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL AMBITO ECOSISTEMICO"

La siguiente es la Propuesta titulada "PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL AMBITO ECOSISTEMICO", preparada por la Universidad Austral de Chile y presentada a CONAF para ser incluida en el Plan Integral de Gestión Ambiental del Humedal del Río Cruces.

El desarrollo de esta Propuesta ha sido coordinada por el Dr. Eduardo Jaramillo, del Instituto de Zoología de la Facultad de Ciencias. Han participado en la misma aproximadamente 25 investigadores de la UACh, entre académicos y estudiantes del Programa de Doctorado en Ciencias, mención Sistemática y Ecología de la Facultad de Ciencias. Han contribuido también a la Propuesta, investigadores de las Universidades Santo Tomás, de Chile, Concepción y Nacional de Luján (Argentina), además de instituciones del estado como SERNAGEOMIN.

1. RESUMEN EJECUTIVO

La Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Los Lagos a través de su Resolución Exenta N° 377 de fecha 6 de Junio del 2005, solicitó a la CONAF la Formulación del Plan Integral de Gestión Ambiental (**PIGA**) del Humedal del Río Cruces. En función de lo anterior, la CONAF solicitó a la Universidad Austral de Chile, desarrollara un **Programa de Investigaciones** con el diseño de las Líneas de Acción o Proyectos de Investigación destinados a cumplir los siguientes objetivos en el ámbito ecológico:

i) Desarrollar un **Subprograma de Monitoreo** del estado de salud ambiental del humedal.

ii) Implementar un **Subprograma de Investigaciones Específicas** sobre la estructura y funcionamiento del ecosistema.

iii) Establecer un **Subprograma de Rehabilitación y Conservación** que permita el manejo de macrófitas, aves acuáticas y otras poblaciones silvestres de vertebrados.

iv) Implementar un **Subprograma de Ordenación Territorial** que permita evaluar estrategias de uso sustentable de la cuenca del humedal del río Cruces y zonas aledañas.

El 5 de Junio de 2006 y mediante Acta de Entrega, la Universidad Austral de Chile hizo entrega al entonces Director Provincial de CONAF Dn. Oscar Puentes, del documento titulado **“PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL AMBITO ECOSISTEMICO”**. Ese documento contiene las propuestas de la Universidad, referidas a los cuatro subprogramas mencionados anteriormente, para que fuesen incorporadas como parte del PIGA. En total se desarrollan 25 Líneas de Acción o Proyectos de Investigación, cada uno de los cuales incluye: i) Antecedentes, ii) Objetivo general, iii)

Objetivos específicos, iv) Materiales y métodos, v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos, vi) Carta Gantt de las actividades, vii) Composición del equipo de trabajo, y viii) Costos de implementación.

Las siguientes son las Líneas de Acción o Proyectos de Investigación por cada de los cuatro subprogramas:

I) SUBPROGRAMA DE MONITOREO

El **Subprograma de Monitoreo** incluye conocer, caracterizar y cuantificar los aportes de cargas residuales de las diferentes actividades productivas en la cuenca del río Cruces y cauces tributarios y la evolución temporal de las mismas, a fin de evaluar la incidencia de las respectivas actividades sobre este ecosistema, de tal modo que se puedan elaborar, proponer e implementar, estrategias de uso sustentable destinadas a minimizar los aportes contaminantes al río Cruces. Se pretende también conocer el estado actual del componente biótico del sistema y su variabilidad temporal, de tal modo de identificar especies “centinelas” o conjuntos faunísticos y vegetacionales que den cuenta de la variabilidad ambiental del sistema, de tal manera de obtener herramientas de gestión y conservación de los diferentes componentes ecosistémicos. También se incluye en el **Subprograma de Monitoreo**, el seguimiento de imágenes satelitales a fin de evaluar cambios espaciales a macro-escala de la cuenca, especialmente en lo que se refiere a calidad de agua, cambios vegetacionales y uso del suelo. Los monitoreos se realizarán con diferentes escalas espacio-temporales con el objetivo de incluír en los mismos, eventos cuya periodicidad no sea regular sino estocástica, de tal modo de contar con los antecedentes necesarios que permitan prevenir y/o corregir eventuales cambios ambientales de origen antropogénico y/o naturales de la cuenca.

Las Líneas de Acción del **Subprograma de Monitoreo** son:

A) MONITOREO DE VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS BIOINDICADORES. Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo.

● **Variables físicas y químicas en aguas superficiales.** Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo (Instituto de Zoología, UACh).

● **Radiación solar en el ecosistema acuático.** Investigador Responsable: M.Sc. Charlotte Lovengreeen (Instituto de Física, UACh).

● **Variables físicas y químicas en aguas subterráneas.** Investigadores Responsables: Geólogo Rosa Troncoso (SERNAGEOMIN) y Dr. Mario Pino (Instituto de Geociencias, UACh).

● **Variables físicas y químicas en sedimentos.** Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo.

● **Dioxinas en sedimentos y agua intersticial.** Investigador Responsable: Dr. Walter Di Marzio (CONICET-Universidad Nacional de Luján, Argentina).

● **Organismos bioindicadores: invertebrados bentónicos y macrófitas acuáticas.** Investigadores Responsables: Dr. Stefan Woelfl (Instituto de Zoología, UACh) y Dr. Angélica Casanova (Universidad de Concepción).

B) MONITOREO DE VARIABLES BIOLOGICAS. Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo.

● **Fitoplancton y productividad primaria.** Investigadores Responsables: Dr. Jorge Jaramillo (Instituto de Botánica, UACh) y Dr. Stefan Woelfl.

● **Macrófitas acuáticas.** Investigador Responsable: Dr. Angélica Casanova.

● **Macroinfauna de fondos sedimentarios.** Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo.

● **Macrobentos de fondos ritrales.** Investigador Responsable: Dr. Carlos Jara (Instituto de Zoología, UACh) y M. Sc. Maritza Mercado (BENTHOS, Valdivia).

● **Ictiofauna.** Investigador Responsable: Dr. Germán Pequeño (Instituto de Zoología, UACh).

● **Anfibios anuros.** Investigador Responsable: Lic. Ciencias César Cuevas (Instituto de Zoología, UACh).

● **Aves acuáticas.** Investigadores Responsables: Dr. Eduardo Jaramillo, Dr. Roberto Schlatter (Instituto de Zoología, UACh) y Dr. Nelson Lagos (Universidad Santo Tomás, Santiago).

● **Mamíferos acuáticos.** Investigador Responsable: Dr. Mauricio Soto (Instituto de Zoología, UACh).

C) MONITOREO DE SERIES MULTITEMPORALES EN IMÁGENES SATELITALES. Coordinador: Dr. Víctor Sandoval (Instituto de Manejo Forestal, UACh).

II) SUBPROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

El **Subprograma de Investigaciones Específicas** incluye el estudio y modelamiento de aspectos hidrodinámicos, tróficos, ecofisiológicos, poblacionales y comunitarios. Para el caso específico de los aspectos hidrodinámicos, se pretende estudiar la dinámica estuarial del humedal (incluyendo los cauces tributarios del río Cruces), incluyendo la variabilidad en la extensión de la onda mareal aguas arriba del río Cruces y cauces tributarios y en el caudal y tiempo de recambio de las aguas, con el objetivo de conocer la capacidad de dispersión y dilución de contaminantes en el humedal y el efecto de los diferentes tipos de mareas sobre esas capacidades. Otra línea de acción es la diseñada para conocer las conexiones tróficas desde productores primarios a consumidores y los niveles de bioacumulación de tóxicos en esos diferentes eslabones. El objetivo del modelo ecofisiológico en aves acuáticas, dice relación con la necesidad de conocer la bioenergética de esas aves en relación a la variabilidad espacio-temporal en la calidad y cantidad de aportes nutricionales del humedal. Finalmente, se contempla el estudio de las dinámicas poblacionales y comunitarias de las plantas acuáticas, invertebrados bentónicos, peces y avifauna.

Las Líneas de Acción del **Subprograma de Investigaciones Específicas** son:

MODELO HIDRODINÁMICO DE ESTUARIOS AFLUENTES AL ESTUARIO DEL RIO CRUCES. Coordinador: Dr. Mario Pino

CONDICIÓN TRÓFICA DEL HUMEDAL. Coordinador: Dr. Mauricio Soto.

CARACTERÍSTICAS ECOFISIOLÓGICAS DE AVES ACUATICAS. Coordinador: Dr. Roberto Nespolo (Instituto de Ecología y Evolución, UACh).

CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES Y COMUNITARIAS DE LAS ESPECIES NATIVAS Y ALÓCTONAS DEL HUMEDAL. Coordinadores: Dr. Eduardo Jaramillo, Dr. Nelson Lagos y Dr. Angélica Casanova.

III) SUBPROGRAMA DE CONSERVACION, SANIDAD Y REHABILITACION

El **Subprograma de Conservación, Sanidad y Rehabilitación,** incluye en primer término, analizar los tiempos de recolonización natural de especies bajo las actuales y eventuales nuevas condiciones ambientales del humedal. Se incluyen también estudios ecofisiológicos y de biomanipulación de macrófitas, centrados primariamente en el rol de las plantas acuáticas como estructuradoras de tramas tróficas y microhabitat y diseñados para conocer las condiciones óptimas de crecimiento de diferentes especies y sus interacciones con otras especies, de tal modo de evaluar tipos de plantas que puedan ser utilizadas en estrategias de rehabilitación del humedal. Otros estudios incluidos dentro de este Subprograma, dicen relación con la obtención de las bases biológicas y técnicas necesarias a fin de realizar incubaciones artificiales de aves acuáticas para su eventual reinserción en el humedal. Finalmente, se incluye el seguimiento sanitario y toxicológico de la ictiofauna del área, la evaluación constante del estado sanitario de la fauna silvestre del humedal y cauces tributarios y la eventual recuperación y reinserción de la fauna tratada en ecosistemas adecuados.

Las Líneas de Acción del **Subprograma de Conservación, Sanidad y Rehabilitación** son:

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RECOLONIZACIÓN NATURAL DE ESPECIES NATIVAS Y ALÓCTONAS EN EL HUMEDAL. Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo.

BIOMANIPULACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MACRÓFITAS ACUÁTICAS. Coordinadores: Dr. Angélica Casanova, Dr. Nelson Lagos y Dr. Eduardo Jaramillo.

BIOMANIPULACIÓN Y CONSERVACIÓN DE AVES ACUÁTICAS. Coordinador: Dr. Roberto Schlatter.

ESTADO SANITARIO DE LA ICTIOFAUNA. Coordinador: Dr. Ricardo Enriquez.

SALUD DE POBLACIONES SILVESTRES DE AVES Y MAMIFEROS: EVALUACIÓN POBLACIONAL Y REHABILITACIÓN INDIVIDUAL DE LA FAUNA DEL HUMEDAL DEL RÍO CRUCES Y RÍOS ADYACENTES. Coordinador: Dr. Nestor Tadich.

IV) SUBPROGRAMA DE ORDENACION TERRITORIAL Y USO DEL HUMEDAL

Este Subprograma apunta básicamente a estructurar un Sistema de Información y Ordenamiento de la cuenca del río Cruces, de tal modo de tener un monitoreo permanente de las condiciones operantes en la misma. Este Subprograma consta de la siguiente Línea de Acción:

DISEÑO DE UN MAPA DE ORDENACION TERRITORIAL DEL HUMEDAL Y ZONAS ALEDAÑAS. Coordinador: Dr. Victor Sandoval.

Dado que el Programa de Investigación desarrollado por la UACh, tiene como prioridad el integrar cada una de la las Líneas de Acción o Proyectos de Investigación de los cuatro Subprogramas, se considera crucial establecer una red transversal de integración entre estos. A continuación se citan algunos ejemplos de tales interacciones:

i) la integración de los resultados del Monitoreo de variables físicas y químicas en aguas superficiales y del Modelo hidrodinámico de estuarios afluentes al estuario del río Cruces, permitirá conocer si desde el punto de vista hidrográfico, existen en el humedal del río Cruces y cauces adyacentes, áreas más proclives a ser afectadas por acumulaciones de tóxicos. Los mismos resultados de ese monitoreo, en conexión con los del Proyecto de Biomanipulación y conservación de macrófitas acuáticas, permitirán evaluar la viabilidad de iniciar la recolonización artificial de plantas de diferentes sectores del ecosistema.

ii) la integración de los resultados de los Proyectos Variables físicas y químicas en sedimentos, Organismos bioindicadores y Macroinfauna de fondos sedimentarios, permitirá obtener indicadores biológicos de calidad ambiental, situación que se repite al conectar los resultados del Monitoreo de variables físicas y químicas en aguas superficiales y del Proyecto Macrobentos de fondos ritrales.

iii) la integración de los resultados del Proyecto Características ecofosiológicas de aves acuáticas, con los resultados de los Proyectos Condición trófica del humedal y Biomanipulación y conservación de aves acuáticas, permitirá calcular estacionalmente la cantidad de energía que cosechan las aves herbívoras en el ecosistema y por lo tanto, definir

sectores que podrían o no la intensidad de forrajeo de una determinada población. A la inversa, la información de la biomasa vegetal disponible en el humedal (Proyecto Macrófitas acuáticas), permitirá calcular (en base a las estimaciones bioenergéticas en las aves) la capacidad de carga del humedal (en densidades poblacionales de aves) en las distintas estaciones del año.

iv) la interacción de los Proyectos Monitoreo de variables físicas y químicas en aguas superficiales y Estado sanitario de la ictiofauna, permitirá conocer si los cambios en calidad de agua que han ocurrido en el humedal, han afectado el estado de esos peces, un aspecto de importancia fundamental para la población humana del área que consume esos recursos.

La estructura de cada Línea de Acción o Proyecto de Investigación diseñado por la UACh y científicos asociados de otras Universidades, apunta a establecer una base de conocimiento por medio de: i) delimitación de problemáticas especificas, ii) obtención y análisis de los resultados, a fin de dirigir las estrategias de rehabilitación del componente abiótico (calidad del agua y sedimentos) y biótico (por ejemplo, abundancia y diversidad de especies), y iii) establecimiento de indicadores para evaluar el éxito de estas estrategias. Todo este conocimiento científico deberá integrarse para desarrollar una estrategia común, donde se asegure que la información científica y su aplicación, sea internalizada por la ciudadanía en general, de tal modo que se asegure una adecuada interpretación de las perspectivas de rehabilitación y conservación del humedal. Todo lo anterior, una vez que se restablezcan los bienes y servicios que éste ecosistema pueda brindar a la comunidad.

La experiencia ganada por los investigadores de la UACh en relación a los cambios ambientales que han ocurrido en el humedal del río Cruces, ha sido la base para la elaboración de la presente propuesta de investigación. Concientes del potenciamiento que resulta de la interacción con investigadores de otras Universidades,

laboratorios estatales o centros de investigación, se gestionó la participación de investigadores de las Universidades Santo Tomás de Santiago (Drs. Nelson Lagos y Claudio Beltrán), Universidad de Chile (Geógrafo Pedro Paolini), Universidad de Concepción (Drs. Angélica Casanova y Pedro Real), Universidad Católica de la Santísima Concepción (Ing. Mat. Marcelo Carro) y Universidad Nacional de Luján, Argentina (Drs. Walter Di Marzio, María Elena Sáenz, María del Carmen Tortorelli y Lic. José Luis Alberdi), del Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN (Geólogo Rosa Troncoso) y del UFZ-Institut of Environmental Research, Leipzig/Halle, Magdeburg, Alemania (Dr. Margarete Mages). La siguiente es la lista de investigadores de la UACh que participaría en este programa de investigación:

Facultad de Ciencias **Instituto de Zoología** Dr. Eduardo Jaramillo Dr. Mauricio Soto Dr. Germán Pequeño Dr. Stefan Woelfl Dr. Carlos Jara Dr. Roberto Schlatter Lic. en Ciencias César Cuevas **Instituto de Ecología y Evolución** Dr. Roberto Nespolo **Instituto de Geociencias** Dr. Mario Pino **Instituto de Botánica** Dr. Jorge Jaramillo **Instituto de Física** M. Sc. Charlotte Lovengreen **Instituto de Química** Dr. Eduardo Quiroz M. Sc. Hernán Palma **Facultad de Medicina** **Instituto de Histología y Patología** Dr. Bruno Peruzzo Ing. Elec. Ricardo Silva	**Facultad de Ciencias Veterinarias** **Instituto de Patología Animal** Dr. Ricardo Enríquez Dr. Enrique Paredes Dr. Jorge Ulloa Dr. Gastón Valenzuela Med. Vet. Claudio Verdugo **Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias** Dr. Néstor Tádich **Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria** Dr. Carla Rosenfeld Dr. Gustavo Monti **Facultad de Ciencias Forestales** **Instituto de Manejo Forestal** Dr. Víctor Sandoval M.Sc. Gastón Vergara

El “PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL AMBITO ECOSISTEMICO” diseñado por la UACh, tiene una duración de cuatro años y un costo de aproximadamente 188980 UF, de los cuales 32896 UF corresponden a gastos de administración de la Universidad.

2. INTRODUCCION GENERAL

2.1. Humedales: ecosistemas amenazados

Los humedales están entre los ecosistemas más importantes de la tierra: proveen de hábitat para plantas y animales especialmente adaptados para vivir en condiciones acuáticas, constituyen un excelente recurso de agua para uso doméstico, industrial y agrícola, así como también previenen las inundaciones, estabilizan la línea costera, recargan los pozos y napas subterráneas y estabilizan las condiciones ambientales locales (Kracauer et al 1997, Middleton 1999, Odland & Roger del Moral 2002). Los humedales son ambientes de tierras bajas, donde la superficie se encuentra anegada de agua, en forma permanente o intermitente, lo que provoca la saturación y la presencia de suelos anóxicos ricos en carbono orgánico (Spiro & Stiaglini 2004). Al ser ecosistemas híbridos entre los puramente terrestres y acuáticos, los humedales comprenden zonas de propiedades geológicas diversas como bañados, ciénagas, esteros, fangales, marismas, pantanos y turberas, así como zonas costeras que presentan anegación periódica por el régimen de mareas (ver convención de Ramsar; Home page: http://www.ramsar.org).

La vegetación de los humedales está altamente adaptada a las condiciones imperantes, reemplazando a las especies terrestres normales e induciendo a la presencia de especies endémicas (flora y fauna) (Lu 1990, Kennish 2001, Tourenq et al 2001, Zhijun et al 2004, Moseman et al 2004, Contreras-Espinoza & Warner 2004, Somodi & Botta 2004). Además, estos ambientes se caracterizan por prestar refugio a

diversas especies de animales, ya sea para reproducirse como para alimentarse, convirtiéndose en un recurso ecológico crucial por su alta biodiversidad (Kracauer et al 1997, Van Oene et al 1999, Somodi & Botta 2004). Debido a los diferentes tipos de vegetación que sustentan, los humedales contribuyen a la fijación de sedimentos, favoreciendo la remoción de nutrientes y sustancias tóxicas, además de captar y emitir carbono. De hecho, diversos investigadores han señalado la importancia de los humedales como captadores de nutrientes y sustancias antropogénicas, reduciendo así la eutrofización y contaminación de las aguas (Freeman et al., 1997; Lytle et al., 1998). Este fenómeno se debe principalmente a la acción de procesos físicos y químicos, como sedimentación, floculación, adsorción, precipitación e intercambios iónicos, entre otros (ver Matagi et al 1998), los cuales ocurren en los cuatro componentes de los humedales: sustrato, agua, sólidos suspendidos y biota (Greemland & Hayes 1978, Tessier et al 1979, Luoma & Bryan 1981).

A nivel mundial, los humedales de origen natural han estado bajo una fuerte presión ambiental debido a la intensificación de las actividades humanas en sus alrededores (Turner et al 2000, Froneman et al 2001); tal es así, que en las últimas décadas se han perdido grandes extensiones de estos ecosistemas (Zhijun et al 2004). Por ejemplo, en el río Yangsetze en el Este de China, la rápida urbanización e industrialización han degradado no solo la calidad del agua, sino que todos los componentes del humedal a tal punto de provocar la pérdida completa del ecosistema en ciertas áreas (Zhijun et al 2004, Scott 1989). Históricamente, los humedales han sido drenados para usos agrícolas, generando la pérdida de un alto porcentaje de estos ambientes, por disminución de caudales e incremento de las tasas de evaporación, bajo condiciones de cambio climático (Kracauer et al 1997), lo cual pone en riesgo la diversidad biológica de los mismos. Debido a lo anterior, los estudios de recuperación de humedales han aumentado en los últimos años, incluyendo proyectos de creación y restauración (Strever 1997, Erwin 1996). Un reciente esfuerzo de la Oficina Internacional para la Investigación de Humedales y Plantas Acuáticas (IWRB por su siglas en ingles), permitió la generación de un catálogo metodológico para proyectos de rehabilitación de humedales alrededor del mundo (Jepsen 1994) que ha sido puesto en

práctica en diversos países de América, Europa y Oceanía (Kusler & Kentula 1990, Galatowish & Van der Valk 1994, Zedler 1996, Streever 1997, US EPA 2002).

En particular, las perturbaciones a las cuales están expuestos los humedales, alteran drásticamente las condiciones ecológicas para las macrófitas acuáticas, lo que trae consecuencias sobre la estructura trófica de estos ecosistemas. Estas modificaciones se explican por el rol ecológico de estas plantas. Por ejemplo, además de su importancia en la productividad de los humedales, las macrófitas acuáticas sumergidas también presentan un rol estructural relacionado a la influencia en las características limnológicas relacionadas con las condiciones físicas y químicas del agua y los sedimentos. También ejercen una función estructural en la producción metabólica, en los procesos de reciclaje de la materia orgánica y de los nutrientes y en la estructura comunitaria de los organismos bentónicos asociados a las mismos (Jeppesen et al 1998, Sodergaard & Moss 1998, Ruggiero et al 2003). Por ejemplo, en ausencia de macrófitas los sedimentos quedan expuestos a la acción directa de las sustancias transportadas por el agua, lo cual afecta, por ejemplo, el asentamiento de nuevos individuos (Mayer et al 2004), provocando cambios en la composición faunística de los organismos que habitan esos fondos como invertebrados bentónicos y peces (Piehle et al 1998, Currin et al 2003). Eso se manifiesta en diferencias en la composición de la dieta de los consumidores, entre humedales perturbados y naturales (Zedler 1980, Sullivan & Currin 2000). Por lo tanto, los efectos de la disminución de la abundancia y diversidad de las macrófitas acuáticas son complejos y caracterizados por efecto directos e indirectos sobre el ambiente y la biota del ecosistema (Persson & Crowder 1998). Además, otros estudios han determinado que cuando existen diferentes tipos morfológicos de plantas sumergidas, los impactos son distintos y sus efectos son variados y poco predecibles (e.g. Mazzeo et al 2003).

2.2. El humedal del río Cruces y su actual situación ambiental

Aún cuando, humedales de diversos tipos (incluyendo lagos, lagunas, ríos y marismas, entre otros), son típicos ecosistemas del sur de Chile, no existen mayores antecedentes acerca de la estructura y funcionamiento de los mismos. Esta falta de conocimiento, atenta con la posibilidad de diseñar planes de manejo o restauración cuando se producen alteraciones de origen antropogénico, como lo ocurrido recientemente en el humedal del río Cruces, Santuario de la Naturaleza e Investigación Científica Carlos Anwandter. Este humedal se localiza al noroeste de la ciudad de Valdivia, centro sur de Chile (ca. 40°S); abarca un a extensión de 4,877 hectáreas y fue designado como sitio Ramsar a pedido del gobierno chileno el 27 de Julio de 1981. Este humedal es joven, ya que se originó a raíz de la subsidencia del continente, como resultado del terremoto y posterior tsunami de Mayo de 1960. Las aguas del humedal, tienen influencia mareal con un aporte significativo de agua dulce proveniente de ríos tributarios como el Nanihue, Cudico, Pichoy y Cayumapu.

Durante el invierno del 2004, se observó en el Santuario una alta tasa de emigración y mortalidad por causas desconocidas del Cisne de cuello negro (Cygnus melancorhyphus), situación acompañada de la ausencia de nidos y polluelos de la misma especie. El humedal albergaba una población promedio aproximada de 6000 cisnes (datos no publicados de CONAF) y se le conocía como el principal sitio reproductivo de esta especie en el área neotropical de Sudamérica, razón sostenida por el Gobierno Chileno al gestionar su inclusión en la lista de humedales Ramsar, aparte de la alta diversidad de aves y macrófitas acuáticas presentes en el área.

Junto a la alta emigración y mortalidad por causas desconocidas del Cisne de cuello negro, se observó también una reducción significativa en la distribución espacial y cobertura de la macrófita conocida localmente como Luchecillo (Egeria densa), fuente primaria del alimento de los Cisnes de cuello negro y otras aves herbívoras como taguas (Fulica armillata) y taguitas (Fulica leucoptera) (Corti & Schlatter, 2002),

especies que constituían cerca del 95% del total de la avifauna del Santuario. Es decir vastas extensiones del humedal quedaron desprovistas del Luchecillo, lo que ha resultado en resuspensión de los sedimentos, especialmente en el área superior del humedal.

Finalmente, durante los últimos períodos estivales (2004-2005 y 2005-2006), aguas turbias color marrón y con altas concentraciones de sólidos suspendidos y metales pesados (primariamente Hierro, Manganeso y Aluminio) se han desplazado desde el humedal del río Cruces y cauces tributarios, a las aguas adyacentes del canal mareal Cau Cau y ríos Calle Calle y Valdivia. La distribución espacial de esta aguas, cuyas características físicas y químicas son similares de superficie a fondo, añaden otro gradiente ambiental al ya presente en el humedal debido al carácter estuarial del mismo.

Con el objetivo de evaluar el origen de los cambios ambientales ocurrentes en este sitio Ramsar, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), contrató a la Universidad Austral de Chile en Noviembre del 2004, para llevar a cabo un "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 Complementario Específico Nº 1210-1203/2004-12-14). Las principales conclusiones de este estudio fueron: i) los Cisnes de cuello negro murieron de emaciación, acompañada de intoxicación por Hierro (Hemocromatosis) y una alta carga parasitaria, ii) la abundancia poblacional de Taguas y Taguitas, también resultó afectada por la reducción significativa del Luchecillo, iii) otras tres especies de macrófitas acuáticas se han visto afectadas, iv) Egeria densa fue afectada por la alta carga de Hierro y otros metales pesados que se depositaron sobre sus hojas, v) probablemente, la precipitación del Hierro se inició por las altas cargas de químicos provenientes de una nueva planta industrial de celulosa (planta Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución S.A.; CELCO, de aquí en adelante) ubicada aproximadamente 20 km aguas arriba del Santuario, y vi) la calidad del sedimento y el agua del río Cruces cambió significativamente después

que esa planta empezó a producir en Febrero de 2004. Es decir, han ocurrido cambios ambientales significativos en este sitio Ramsar.

2.3. La relación del Programa de Investigaciones en el Ambito Ecosistémico con el Plan Integral de Gestión Ambiental (PIGA) de la CONAF para el Humedal del río Cruces

Como parte del Convenio de Cooperación "Corporación Nacional Forestal y Universidad Austral de Chile" se estableció un acuerdo entre ambas instituciones, para que la Universidad (en adelante UACh) desarrollara dentro del marco de formulación del Plan Integral de Gestión Ambiental del Humedal del Río Cruces (PIGA), los siguientes objetivos:

i) Desarrollar el marco conceptual que recoja el quehacer de los programas incluidos en el Ambito Ecológico del PIGA.

ii) Diseñar y planificar las acciones necesarias para la creación de un modelo conceptual del humedal y su cuenca, contenido en el Ambito Ecológico del PIGA y el proceso de monitoreo que entregue los insumos a las variables que dinamizan el modelo.

Para el cumplimiento de los objetivos anteriormente señalados se consideran cuatro Subprogramas (i) Monitoreo, ii) Investigaciones Especificas, iii) Conservación, Sanidad y Rehabilitacion y iv) Ordenacion Territorial y Uso del Humedal), cuyas Líneas de Acción se detallan más abajo. Si bien el desarrollo de las mismas está basado en la definición entregada por la ESA ("Ecological Society of América") (ver más adelante), **este Programa solo asume el estudio del componente abiótico, florístico y faunístico del humedal y no los aspectos sociales incluídos en esa definición.** Por lo mismo, la propuesta de la UACh no puede ni debe usarse para validar otros componentes del Plan Integral de Gestión Ambiental (PIGA), que no sean otros que los detallados en este documento.

"An ecosystem is a community of animals and plants interacting with one another and with their physical environment. Ecosystems include physical and chemical components, such as soils, water, and nutrients that support the organisms living within them. These organisms may range from large animals and plants to microscopic bacteria. Ecosystems include the interactions among all organisms in a given habitat. People are part of ecosystems. The health and wellbeing of human populations depends upon the services provided by ecosystems and their components - organisms, soil, water, and nutrients".

Source: Issues in Ecology, "Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems", No. 2, Spring, 1997

Es necesario agregar, que las Líneas de Acción o Proyectos de Investigación elaborados en esta propuesta, han sido diseñados tomando en cuenta la Resolución Exenta Nº 377 de la COREMA de la X Región de los Lagos de fecha 6 de Junio de 2005, en el sentido que la Planta Valdivia de CELCO deberá desvincularse del humedal del río Cruces en el futuro cercano. Es decir, este programa asume que las cargas residuales de CELCO desaparecerán del sistema o al menos disminuirán de modo significativo en ese futuro. De ahí la importancia del Subprograma de Monitoreo (ver sus objetivos generales más adelante), en el sentido de evaluar las respuestas de la calidad de agua del río Cruces y ríos aledaños a la desaparición o disminución de esas cargas residuales y su efecto sobre la estructura y comportamiento de las comunidades biológicas del humedal.

3. PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL AMBITO ECOSISTEMICO

3.1. Marco conceptual y objetivo

Entender las escalas espaciales y temporales, a las cuales ocurren los procesos ecológicos es crucial para interpretar los patrones detectados por los estudios de campo (Levin 1992, Lagos et al. 2005). La escala espacial impone limitaciones a la generalidad de los patrones observados, ya que estos pueden ser evidentes a una escala, pero

desaparecer a otra, si la influencia del mecanismo subyacente no opera a través de todas las escalas de estudio (Wiens 1989). Los problemas de escala, tienen profundas implicancias en el manejo de los ecosistemas, ya que aunque las perturbaciones antropogénicas ocurren en una extensión espacial determinada, sus efectos generan gradientes espaciales que pueden ser visualizados como nuevas escalas impuestas sobre los sistemas naturales. Por lo tanto, el examinar cómo los patrones ecológicos varían a través de distintas escalas espaciales y temporales, podría ser una herramienta útil para detectar los efectos de perturbaciones antropogénicas sobre los ecosistemas. Tal es el caso particular de los cambios ambientales detectados en el humedal del Río Cruces, los cuales han afectado al componente biótico más conspicuo, es decir, macrófitas y aves acuáticas.

Los nexos entre las variables ecológicas dentro de un humedal, pueden ser estudiados por medio del análisis de las respuestas de los componentes abióticos y bióticos ante agentes perturbadores externos que actúen a diferentes intensidades. Tal tipo de aproximación permitiría conocer cómo los atributos críticos de los ecosistemas, responden a los diferentes niveles de cambios inducidos de forma antropogénica y como esas respuestas covarían temporalmente. Los ecosistemas pueden responder a través de cambios estructurales (tales como calidad de agua y sedimentos y composición y abundancias relativas de especies) y/o funcionales (como por ejemplo, productividad primaria y cambios en crecimiento y fisilogía), acorde la intensidad de las perturbaciones, intensidad que puede variar espacio y temporalmente. La comprensión de un conjunto representativo de las respuestas ecosistémicas a manipulaciones experimentales de una perturbación, es entonces el requisito básico para la comprensión de los nexos funcionales dentro de un humedal, como del río Cruces y sentar las bases teóricas para su eventual rehabilitación.

El Programa de Investigaciones en el Ambito Ecosistémico, incluye aproximaciones correlacionales cuasi-experimentales (evaluando respuestas de diferentes componentes del humedal a lo largo de gradientes ambientales espacio temporales) y experimentales de terreno (tales como transplantes de plantas acuáticas

para evaluar factibilidad de seleccionar especies claves para la recuperación de la cobertura vegetal) y laboratorio (tales como estudios de ecotoxicidad y ensayos para la crianza artificial de aves acuáticas). El Programa considera tres tipos de variables: i) variables abióticas de estructura (calidad de agua y sedimentos), ii) variables bióticas de estructura (riqueza de especies de plantas acuáticas, invertebrados bentónicos, peces, anfibios anuros, aves y mamíferos acuáticos), y iii) variables funcionales del ecosistema (tasas fotosintéticas de plantas acuáticas, bioacumulación de metales pesados en diferentes variables estructurales, respuestas funcionales de plantas y aves acuáticas y repoblamiento de los espacios liberados por la desaparición del Luchecillo). En resumen, el ***Objetivo General del Programa de Investigación es obtener las bases biológicas y físicas para el manejo, rehabilitación y conservación del humedal del río Cruces.*** Para esto se requiere que la información científica generada por los diferentes subprogramas, sea incorporada en un modelo de gestión integral que sea representativo de la estructura y función del humedal y que permita evaluar e implementar estrategias de rehabilitación del ecosistema.

Aún cuando la sola recuperación del Luchecillo, o el establecimiento exitoso de otras macrófitas acuáticas en áreas dejadas vacantes por la desaparición de *Egeria densa*, podría ser utilizado como indicador de una rehabilitación, aquella del humedal debe apuntar también a objetivos de largo plazo como estabilidad y resiliencia ante eventuales perturbaciones. De ahí que se requiera información adicional, entre otros, acerca de los siguientes aspectos: i) niveles tróficos superiores y de procesos ecosistémicos, los cuales son afectados por procesos abióticos, entre los cuales, la hidrodinámica estuarial del río Cruces y ríos tributarios tiene un importante papel, y ii) eventuales agentes infecto contagiosos que pudiesen llegar al humedal (donde la presencia de aves migratorias es importante), y ver facilitado su desarrollo en un ambiente ya alterado y probablemente con menor tolerancia a esos agentes. Lo anterior fundamenta la variedad de los **Objetivos Específicos del Programa de Investigación** y que se señalan a continuación:

i) Caracterizar el estado y variabilidad espacio temporal del componente abiótico del ecosistema del humedal del río Cruces y cauces tributarios.

ii) Analizar las respuestas funcionales de diferentes componentes biológicos del ecosistema (macrófitas acuáticas, invertebrados bentónicos, peces, anfibios anuros y aves) a los cambios en la calidad del agua y sedimentos del humedal.

iii) Determinar, mediante análisis correlacionales y experimentos manipulativos de terreno, los principios ecológicos sobre los cuales se organizan las comunidades de macrófitas acuáticas.

iv) Relacionar los resultados obtenidos durante el desarrollo de los objetivos específicos anteriores, con ensayos de biomanipulación de macrófitas y aves acuáticas y con análisis epdemiológicos de fauna silvestre, a fin de evaluar la factibilidad en la recuperación de la cobertura vegetal y reinserción de aves acuáticas en el humedal.

Se espera que la aproximación integral de este Programa de Investigación, resulte en la obtención de una base cuantitativa para implementar acciones dirigidas a las necesidades de rehabilitación, manejo y conservación del humedal, las que serán integradas en el modelo cartográfico de ordenación territorial, tendiente a estructurar un sistema de información y ordenamiento de la cuenca del río Cruces y tributarios adyacentes. Este tipo de estudios, es pionero por lo que el esquema de trabajo y los resultados esperados pueden ser útiles para establecer programas similares en otros humedales del cono sur de Sudamérica.

3.2. Estructura (Subprogramas y sus objetivos generales)

El Programa de Investigaciones en el Ambito Ecosistémico propuesto por la UACh se estructura en base a cuatro Subprogramas: i) Monitoreo, ii) Investigaciones Específicas, iii) Conservación, Sanidad y Rehabilitación, y iv) Ordenación Territorial y Uso del Humedal (ver **Organigrama** al final de este punto).

Los objetivos generales de cada Subprograma son:

Subprograma de Monitoreo:

i) Conocer, caracterizar y cuantificar los aportes de cargas residuales de las diferentes actividades productivas en la calidad de agua de la cuenca del río Cruces y la evolución temporal de las mismas, a fin de evaluar la incidencia de las respectivas actividades, de tal modo que se puedan elaborar, proponer e implementar, estrategias destinadas a una gestión integral de producción limpia, para minimizar los aportes contaminantes al río Cruces.

ii) Implementar programas de monitoreo con diferentes escalas espacio-temporales con el objetivo de incluir en los mismos, eventos cuya periodicidad no sea regular sino estocástica, de tal modo de contar con los antecedentes necesarios que permitan prevenir y/o corregir eventuales cambios ambientales de origen antropogénico y/o naturales de la cuenca.

iii) Evaluar el estado actual del componente biótico del sistema y su variabilidad temporal, de tal modo de identificar especies “centinelas” o conjuntos faunísticos y vegetacionales que den cuenta de la variabilidad ambiental del sistema, de tal manera de obtener herramientas de gestión y conservación de los diferentes componentes ecosistémicos.

iv) Analizar imágenes satelitales a fin de evaluar cambios espacio temporales a macro-escala de la cuenca, especialmente en lo que se refiere a calidad de agua, cambios vegetacionales y uso del suelo.

Subprograma de Investigaciones Específicas:

i) Modelar la dinámica estuarial del humedal (incluyendo los cauces tributarios del río Cruces), incluyendo la variabilidad en la extensión de la onda mareal aguas arriba del río Cruces y efluentes y en el caudal y tiempo de recambio de las aguas, con el objetivo de conocer la capacidad de dispersión y dilución de contaminantes en el humedal y el efecto de los diferentes tipos de mareas sobre esas capacidades.

ii) Analizar las conexiones tróficas desde productores primarios a consumidores y los niveles de bioacumulación de tóxicos en esos diferentes eslabones.

iii) Implementar un modelo ecofisiológico en aves acuáticas, que integre aspectos de la bioenergética de esos organismos con la variabilidad espacio-temporal en la calidad y cantidad de aportes nutricionales del humedal.

iv) Estudiar las dinámicas poblacionales y comunitarias de las plantas acuáticas, invertebrados bentónicos, peces y avifauna del humedal.

Subprograma de Conservación, Sanidad y Rehabilitación:

i) Analizar los tiempos de recolonización natural de especies bajo las actuales y eventuales nuevas condiciones ambientales del humedal.

ii) Realizar estudios ecofisiológicos y de biomanipulación de macrófitas, centrados primariamente en el rol de las plantas acuáticas como

estructuradoras de tramas tróficas y microhabitat y diseñados para conocer las condiciones óptimas de crecimiento de diferentes especies y sus interacciones interespecíficas, de tal modo de evaluar tipos de plantas a utilizar durante la rehabilitación del humedal.

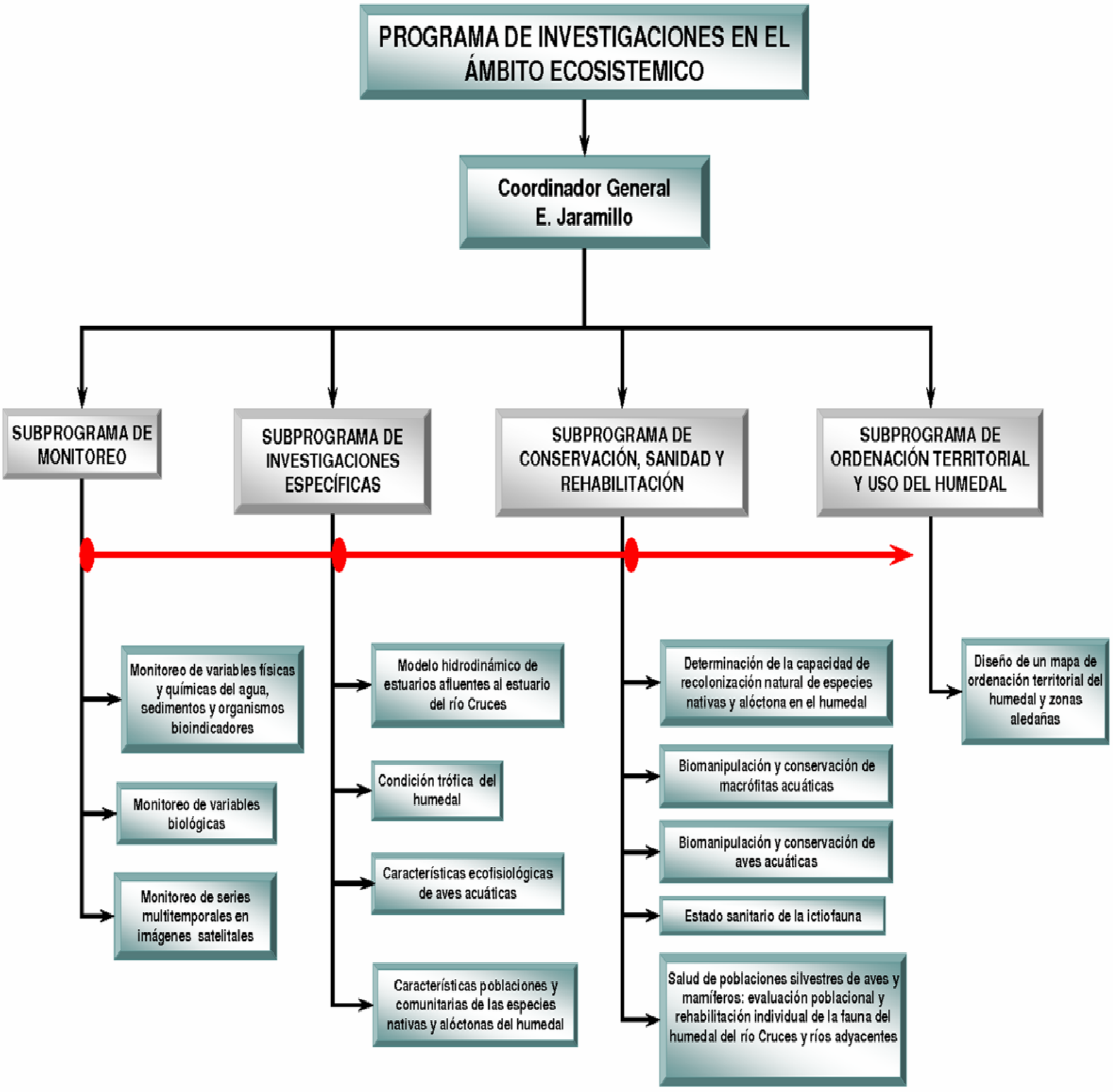
iii) Obtener las bases biológicas y técnicas para realizar incubaciones artificiales de aves acuáticas, para su eventual reinserción en el humedal.

iv) Evaluar espacio temporalmente el estado de la ictiofauna, mediante análisis sanitarios, toxicológicos y de cargas residuales en el río Cruces.

v) Implementar y mantener un sistema de vigilancia epidemiológica activa y pasiva de enfermedades prevalentes y emergentes en aves y mamíferos silvestres del humedal y establecer programas de recuperación y reinserción de esos organismos en ecosistemas acuáticos adecuados.

Subprograma de Ordenación Territorial y Uso del Humedal:

i) Estructurar un Sistema de Información y Ordenamiento de la cuenca del río Cruces, con el objetivo de tener un monitoreo permanente de las condiciones operantes en la misma.


PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN EL ÁMBITO ECOSISTEMICO
Coordinador General
E. Jaramillo
SUBPROGRAMA DE MONITOREO
SUBPROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECÍFICAS
SUBPROGRAMA DE CONSERVACIÓN, SANIDAD Y REHABILITACIÓN
SUBPROGRAMA DE ORDENACIÓN TERRITORIAL Y USO DEL HUMEDAL
Monitoreo de variables físicas y químicas del agua, sedimentos y organismos bioindicadores
Monitoreo de variables biológicas
Monitoreo de series multitemporales en imágenes satelitales
Modelo hidrodinámico de estuarios afluentes al estuario del río Cruces
Condición trófica del humedal
Características ecofisiológicas de aves acuáticas
Características poblaciones y comunitarias de las especies nativas y alóctonas del humedal
Determinación de la capacidad de recolonización natural de especies nativas y alóctona en el humedal
Biomanipulación y conservación de macrófitas acuáticas
Biomanipulación y conservación de aves acuáticas
Estado sanitario de la ictiofauna
Salud de poblaciones silvestres de aves y mamíferos: evaluación poblacional y rehabilitación individual de la fauna del humedal del río Cruces y ríos adyacentes
Diseño de un mapa de ordenación territorial del humedal y zonas aledañas

3.3. Hipótesis general del Programa de Investigación y su relación con los Subprogramas

Los cambios ambientales ocurrentes en el humedal del río Cruces durante el año 2004, muestran que los servicios ecosistémicos del mismo se han visto drásticamente alterados. En general, ha sido posible establecer que gran parte de los cambios en la estructura biótica (macrófitas y aves acuáticas) son el efecto de perturbaciones en la calidad de agua que se manifiestan a lo largo de amplios gradientes espaciales y que derivan de la actividad industrial de CELCO. Reconocido lo anterior, en la Resolución Exenta nº 377 de la COREMA de la X Región de Los Lagos se ha establecido que la Planta Valdivia de CELCO deberá desvincularse del humedal del río Cruces en el futuro cercano. Dadas esas condiciones, la **Hipótesis general de este Programa de Investigación** es:

La disminución o remoción de las perturbaciones antropogénicas sobre el río Cruces afectará las propiedades físicas y biológicas de este ecosistema. Estos efectos serán variables a través del espacio y el tiempo. Se predice entonces que las propiedades físicas y biológicas del humedal presentarán diferentes trayectorias temporales, con diferentes tasas de retorno a condiciones menos alteradas luego de la disminución/remoción de la perturbación. Sin embargo, algunas propiedades podrían tomar trayectorias distintas a las esperadas (i.e. diferentes a los valores que caractericen a sectores no perturbados), o bien, no manifestar rehabilitación alguna.

Las predicciones anteriores se basan en el reconocimiento de los estados alternativos que caracterizan a las comunidades y ecosistemas (Sutherland 1990) y al mismo tiempo, pone de manifiesto la necesidad de desarrollar los diferentes Subprogramas de Investigación: i) monitoreos para conocer trayectorias sucesionales, ii) investigaciones específicas para conocer los mecanismos físicos y biológicos que operan en esos procesos, y iii) integración de los puntos anteriores para establecer estrategias de rehabilitación y conservación con el objetivo de manejar (e.g. acelerar)

las tasas a las que ocurran estos procesos físicos y biológicos de retorno a un estado saludable del ecosistema. Además, la hipótesis general toma su fundamento, tanto de los gradientes espaciales que ocurren naturalmente en el río Cruces y sus cauces tributarios; como del gradiente artificial impuesto por perturbaciones antropogénicas. Estos gradientes pueden ser visualizados, por ejemplo, desde sitios más impactados ubicados en el cauce central del río, a sitios menos impactados ubicados en los cabezales de los cauces tributarios, donde el efecto de la escorrentía superficial y sub-superficial sobre la dilución de químicos es probablemente mayor, debido a la lejanía de los mismos al cauce central. En base a lo anterior, puede predecirse que:

i) La disminución de las cargas residuales en el agua y sedimentos del humedal será variable a través del tiempo, con diferentes tasas en diferentes sectores del ecosistema del río Cruces.

ii) La rehabilitación del humedal en general, y de la cobertura vegetal en particular, presentará tasas diferentes en diferentes sectores del humedal.

iii) El éxito de las biomanipulaciones de macrófitas acuáticas, dependerá de las condiciones de calidad de agua y sedimentos donde estas se realicen.

iv) En el caso del componente biótico del ecosistema, la bioacumulación de tóxicos en la cadena trófica irá disminuyendo proporcionalmente al aumento en la calidad de agua y estado de salud ambiental del ecosistema.

v) El éxito de los protocolos de rehabilitación de la fauna silvestre de aves y mamíferos, dependerá de la calidad y salud ambiental de los sectores donde se implementen. Similar predicción es válida para el éxito de los planes de reinserción de esa fauna.

El desarrollo del Subprograma de Monitoreo permitirá evaluar las predicciones i y ii, a la vez que el cumplimiento del Subprograma de Investigaciones Específicas apunta

a evaluar las predicciones iii y iv. Finalmente, la predicción v será evaluada mediante el desarrollo del Subprograma de Conservación, Sanidad y Rehabilitación.

4. LINEAS DE ACCION (PROYECTOS)

4.1. SUBPROGRAMA DE MONITOREO

4.1.1. MONITOREO DE VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS BIOINDICADORES. Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo.

4.1.1.1. Variables físicas y químicas en aguas superficiales. Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo.

i) Antecedentes

Los cuerpos de agua son el destino de mucho de los residuos de origen industrial y/o doméstico. En muchas zonas alrededor del mundo, el agua de ríos y estuarios es utilizada para consumo humano y/o animal y en actividades productivas, tales como el riego de muchas plantaciones. Por lo tanto, el estudio de la variabilidad espacio temporal de las características fisicas y químicas de los cuerpos de agua, es de gran importancia en estudios eco-sanitarios. Por otra parte, la composición física y química de la columna de agua influye significativamente sobre las características de los sedimentos y sobre el ensamble de invertebrados bentónicos asociados a los mismos y que forman uno de los eslabones más importantes en la cadena trófica de diferentes cuerpos acuáticos. Finalmente, la columna de agua puede actuar como un vector para el transporte de contaminantes desde un sector a otro.

Básicamente, las aguas ubicadas dentro del humedal del río Cruces, Santuario de la Naturaleza e Investigación Científica Carlos Anwandter, han sido estudiadas sólo

en un punto: ingreso al humedal, locación que corresponde aproximadamente a la ubicación del Fuerte San Luis. Por lo tanto, no se conoce con certeza como se distribuye dentro del humedal la carga de químicos que ingresa al mismo; en otras palabras, no hay mayores antecedentes acerca de la eventual variabilidad espacial de esos químicos en el tramo del río Cruces comprendido entre el fuerte San Luis por el norte y Cabo Blanco por el sur. Finalmente, no hay mayor información que permita comparar la calidad de agua del río Cruces con la del canal mareal Cau Cau y porción inferior del río Calle Calle, ambos afectados en parte por las aguas que bajan del humedal durante períodos de marea baja.

Para suplir esa falta de información, se sugiere realizar muestreos de agua en seis puntos del río Cruces, a fin de poder obtener una visión integral de la variabilidad espacio temporal de las características físicas y químicas del agua. Se obtendrían muestras además en el canal mareal Cau Cau y porción inferior del río Calle Calle para evaluar efecto de las aguas del humedal sobre esas dos últimas áreas del sector estuarial adyacente a Valdivia. Se pretende que los resultados de este monitoreo de aguas, no solo permitan ir conociendo periódicamente la calidad de agua, sino también que permitan ayudar en la elaboración, propuesta e implementación de estrategias destinadas a una gestión integral de producción limpia para las diferentes actividades asociadas a la cuenca, con el objetivo de minimizar los aportes contaminantes al río Cruces. Es decir, el monitoreo es un seguimiento ambiental, de tal manera de ir detectando todas las oportunidades de mejora del sistema integral, de tal modo de prevenir y/o corregir eventuales cambios ambientales de origen antropogénico y/o naturales de la cuenca.

ii) Objetivo general

Evaluar la variabilidad espacio temporal de las características físicas y químicas del agua en el río Cruces y cauces aledaños.

iii) Objetivos específicos

1) Analizar la variabilidad espacio temporal de corto plazo en las características físicas y químicas del agua del río Cruces en el sector aledaño a las instalaciones de la Planta Valdivia de CELCO.
2) Evaluar el efecto de la influencia mareal sobre las características físicas y químicas del agua en el humedal del río Cruces y cauces aledaños.
3) Estudiar la variabilidad espacio temporal en las características físicas y químicas del agua en el humedal del río Cruces y cauces aledaños.

iv) Materiales y métodos

Área de estudio, diseño muestreal y recolección de las muestras y periodicidad de los muestreos compuestos: Los monitoreos se realizarán en nueve estaciones, cuyas ubicaciones se muestran en la Figura 1. Dos estaciones se ubicarán en el río Cruces aguas arriba del humedal (sectores Ciruelos y Rucaco); tres dentro del humedal (San Luis, Santa María y San Ramón), dos en afluentes del Cruces (ríos Pichoy y Cayumapu) y dos fuera del humedal (canal mareal Cau Cau y río Calle Calle). Se incluye el canal mareal Cau Cau debido a que este sitio (estación 8, Fig. 1) es afectado por las aguas que bajan del humedal durante períodos de marea baja. Asimismo, se incluye una estación de muestreo en el río Calle Calle (estación 9, Fig. 1), a fin de utilizarla como sitio control o área no perturbada.

Para efectos de este Proyecto, se han diseñado tres tipos de muestreo, cada uno de los mismos destinado a los fines que se indican:

- **Muestreo quincenal** en las estaciones 1 y 2 para estudiar las siguientes variables físicas y químicas: temperatura, pH, conductividad, concentración de Sólidos Suspendidos y Disueltos, Sulfatos, Aluminio y Hierro. Se recolectarán tres réplicas por sitio.

● **Muestreo mensual** en las estaciones 3 a 9 para estudiar las mismas variables anteriormente mencionadas pero durante marea alta y marea baja. Para el caso de temperatura y conductividad se realizarán perfiles verticales realizándose mediciones a intervalos regulares de 1 m; los Sólidos Suspendidos y Disueltos serán estudiados en tres estratos (superficie, medio y fondo), a la vez que las concentraciones de Sulfatos, Aluminio y Hierro, se medirán en aguas superficiales y de fondo. En cada sitio, se recolectarán tres réplicas por estrato de muestreo para mediciones de Sólidos Suspendidos y Disueltos, Sulfatos, Aluminio y Hierro. Mediante Microscopía Electrónica de Barrido, se estudiará además la naturaleza (aspecto) y composición química del agua proveniente del estrato superficial (*ca.* 20 cm) de cada sitio de muestreo (marea alta y marea baja).

● **Muestreo bimensual** en las estaciones 1 a 9 para estudiar las variables físicas y químicas que más abajo se indican por medio de la obtención de muestras compuestas. En las estaciones 3 a 9 las muestras provendrán de dos estratos de la columna de agua: superficie y fondo. Las muestras compuestas se obtendrán con instrumento que recolectará automáticamente y cada una hora, una submuestra de agua, la cual será posteriormente integrada para la obtención de la muestra total. Las variables a estudiar a partir de esas muestras compuestas serán: Sólidos Suspendidos y Disueltos, Carbono orgánico disuelto, Sulfatos, Cloruros, Bicarbonatos, Potasio, Sodio, Calcio, Fósforo Total y Fósforo Soluble, Nitrógeno Kjeldahl, Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), metales pesados, pesticidas Organoclorados, Organofosforados y AOX. Se obtendrán dos réplicas de muestras compuestas por cada sitio y estrato (estaciones 3 a 9). Se realizarán además mediciones horarias de temperatura y conductividad del agua, además de mediciones periódicas del caudal en cada sitio.

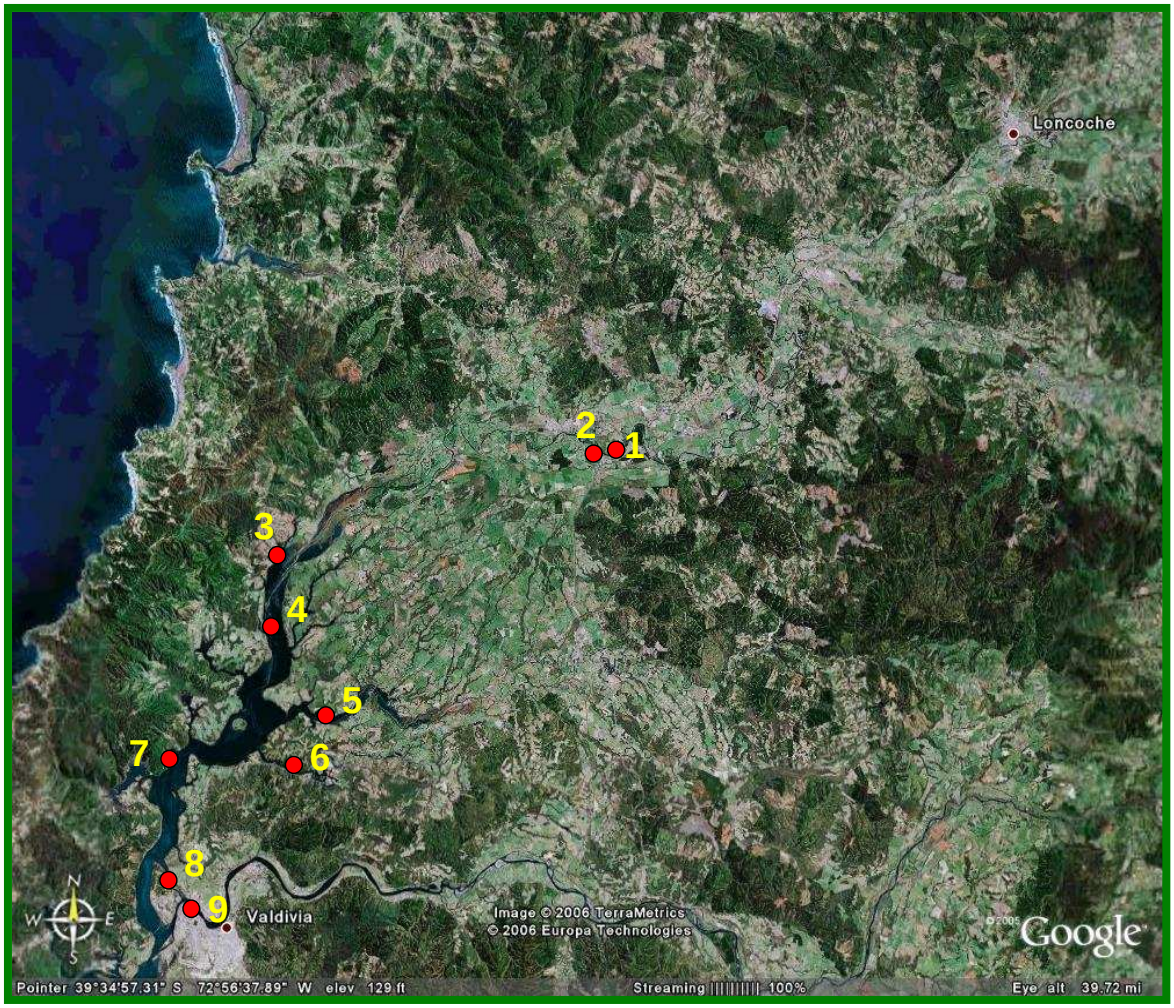


Figura 1. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de calidad de agua. 1 = río Cruces, sector Ciruelos, 2 = río Cruces, sector Rucaco, 3 = río Cruces, sector San Luis, 4 = río Cruces, sector Santa María, 5 = río Pichoy, 6 = río Cayumapu, 7 = río Cruces, sector San Ramón, 8 = canal mareal Cau Cau, 9 = río Calle Calle, sector ASENAV.

Una vez recolectadas, las muestras serán llevadas al laboratorio en botellas de vidrio color ámbar y en botellas plásticas, dependiendo del tipo de análisis. En los tres tipos de monitoreo las mediciones de conductividad, pH y temperatura se realizarán en terreno con la ayuda de instrumentos portátiles.

Concentración de Sólidos Suspendidos y Disueltos: La concentración de Sólidos Suspendidos y Disueltos y los porcentajes de materia orgánica e inorgánica en

los mismos, se realizará en laboratorios del Instituto de Zoología de la UACh, mediante metodología explicada en Strickland & Parsons (1972).

Concentración de Carbono orgánico disuelto, Sulfatos, Cloruros, Bicarbonatos, Potasio, Sodio, Calcio, Fósforo Total y Fósforo Soluble, Nitrógeno Kjeldahl, Oxígeno disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): La estimación de estos parámetros se realizará en laboratorios de Hidrolab o SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería) (Santiago). La muestras de agua de cada una de las estaciones y profundidades de monitoreo, se enviarán de acuerdo a las especificaciones técnicas de los laboratorios correspondientes.

Concentración de metales pesados: Para evaluar la concentración de metales pesados, se enviarán muestras de 1 litro contenidas en botellas plásticas a los laboratorios de SERNAGEOMIN (Santiago). Los metales a estudiar serán aquellos que han sido sistemáticamente monitoreados en el humedal del río Cruces (Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Cromo, Níquel, Zinc, Arsénico, Cadmio, Plomo y Mercurio). Se estudiará la concentración de metales pesados disueltos y suspendidos. Los resultados de estos análisis se complementarán con los de Microscopía Electrónica de Barrido, mencionados más arriba.

Concentración de pesticidas organoclorados, organofosforados y AOX: Para la estimación de la concentración de pesticidas organoclorados y organofosforados y AOX, se enviarán muestras contenidas en botellas de vidrio color ámbar (1 L) al Instituto de Farmacología de la UACh.

Análisis estadísticos: La relación entre las características fisicas y químicas de la columna de agua (tanto entre estaciones como fechas de muestreo), se evaluará mediante análisis mutivariados de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM). Estos análisis se basarán en una matriz de similitud calculada mediante la distancia Euclideana normalizada. Estos análisis se realizarán con el programa PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) (Carr, 1997). Los resultados de

los análisis de EMDNM se graficarán en dos dimensiones, con el objetivo de visualizar eventuales relaciones entre las estaciones de muestreo. En este tipo de gráficos, las estaciones que muestren mayor similitud aparecerán menos distanciadas entre sí.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Medición quincenal *in situ* de temperatura, conductividad y pH en estaciones 1 y 2. Recolección quincenal de muestras de agua para análisis de concentración de Sólidos Suspendidos y Disueltos, Sulfatos, Aluminio y Hierro. Envío de muestras a laboratorios especializados (e.g. SERNAGEOMIN para Aluminio y Hierro) para los respectivos análisis.

En relación a objetivo específico 2:

Realización mensual de perfiles verticales de temperatura y conductividad del agua durante marea alta y marea baja en estaciones 3 a 9. Recolección mensual de agua durante marea alta y marea baja para análisis de concentración de Sólidos Suspendidos y Disueltos, Sulfatos, Aluminio y Hierro. Envío de muestras a laboratorios especializados para los respectivos análisis.

En relación a objetivo específico 3:

Obtención cada dos meses, de muestras compuestas de agua en estaciones 1 a 9 para análisis de concentración de Sólidos Suspendidos y Disueltos, Carbono orgánico disuelto, Sulfatos, Cloruros, Bicarbonatos, Potasio, Sodio, Calcio, Fósforo Total y Fósforo Soluble, Nitrógeno Kjeldahl, Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), metales pesados, pesticidas Organoclorados, Organofosforados y AOX. Realización de mediciones horarias de temperatura y conductividad del agua,

además de mediciones periódicas del caudal en cada sitio. Envío de muestras a laboratorios especializados para los respectivos análisis.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Eduardo Jaramillo, Bruno Peruzzo y Heraldo Contreras, el M.Sc. Hernán Palma, los Biólogos Marinos (Cand.Dr.) Cristian Duarte y Sandra Cifuentes (Cand. Dr.) y el Ing. Elect. Ricardo Silva.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **29086.11 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	1651.93	1651.93	1651.93	1651.93	6607.73
Gastos operacionales	4445.56	4445.56	4445.56	4445.56	17782.24
Inversión	4696.13	0.00	0.00	0.00	4696.13
Total	10793.63	6097.49	6097.49	6097.49	**29086.11**

4.1.1.2. Radiación solar en el ecosistema acuático. Investigador Responsable: M.Sc. Charlotte Lovengreeen.

i) Antecedentes

La luz visible, que corresponde a la radiación fotosintéticamente activa (RFA), es un factor fundamental en la productividad primaria de un sistema acuático (Stambler et al., 1997, Tilzer et al., 1995), como lo es el rol de la radiación ultravioleta, como factor dañino sobre el ambiente subacuático (Huovinen et al., 2006). La penetración de las irradianzas en el agua, depende del contenido de material particulado en suspensión tanto biótico y como abiótico y del material húmico disuelto (Lovengreen 1994). Para el caso específico del humedal del río Cruces y cauces adyacentes, no existen mayores antecedentes al respecto.

Estudios puntuales realizados en los ríos Cruces y Calle Calle y canal mareal Cau Cau durante Abril de 2006, muestran que la transparencia del agua (medida con Disco Secchi) varía entre valores inferiores a 1 m en el Cruces y canal mareal Cau Cau y valores superiores a 5 m en el río Calle Calle. Tal variabilidad está asociada a las concentraciones de sólidos suspendidos, las cuales muestran valores más altos en los dos primeros sitios, caracterizados por la presencia de aguas turbias color marrón durante los dos últimos períodos estivales. Sin embargo, el modo más adecuado de caracterizar el clima lumínico subacuático, es realizando mediciones con un radiómetro que permita determinar los coeficientes de atenuación K del agua, tanto para la RFA como para la radiación ultravioleta A y B.

Mediciones preliminares efectuadas el 29 de Abril del 2006 en el río Cruces (sector San Ramón) y en el río Calle Calle (sector ASENAV) con un radiómetro PUV 2500 prestado para la ocasión, se obtuvieron coeficientes de atenuación K_d para 305nm (del intervalo UV-B) de 14.1 m^{-1} y 3.5 m^{-1} respectivamente y para 380 nm (del intervalo UV-A) los valores 7 m^{-1} y 1.5 m^{-1}. La Figura 2 muestra la diferencia de la penetración de la irradianza de 305 nm y 380 nm en los sitios mencionados.

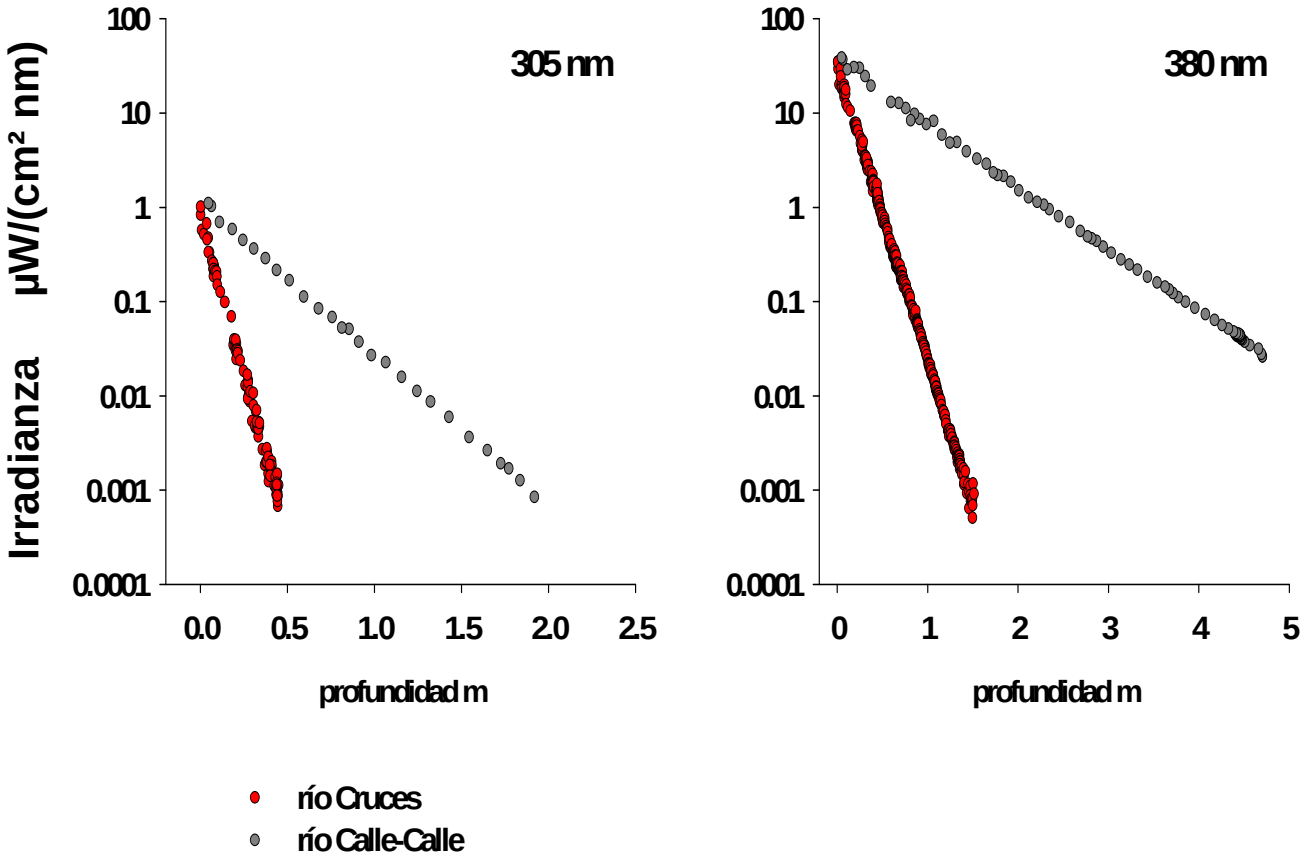


Figura 2. Niveles de las irradianzas 305 nm y 380 nm en función de la profundidad del agua en los ríos Cruces y Calle Calle.

Se observa la gran diferencia de penetración de la radiación en ambos sitios de muestreo. Mientras en el río Calle Calle, el 1% de la radiación incidente de UV-B (en este caso 0.01µW/ (cm² nm)), se mide a 1.3 m de profundidad, en el río Cruces esta radiación se reduce al 1% en la primera capa de sólo 20 cm (ver Tabla 1).

Tabla 1. Comparación entre los porcentajes de sobrevivencia de las irradianzas de 305 nm y 380 nm en aguas del río Cruces y río Calle Calle.

profundidad (m)	río Cruces (San Ramón) **305 nm**	río Cruces (San Ramón) **380 nm**	río Calle Calle (Terminal de Buses) **305 nm**	río Calle Calle (Terminal de Buses) **380 nm**
0.0	100%	100%	100%	100%
0.2	6.0%	49.7%	24.7%	74.1%
0.4	0.4%	24.7%	6.1%	54.9%
0.6	0%	12.2%	1.5%	40.7%
0.8	0%	6.1%	0.4%	30.1%
1.0	0%	3.0%	0.1%	22.3%
1.2	0%	1.5%	0%	16.5%
1.4	0%	0.7%	0%	12.2%
1.6	0%	0.4%	0%	9.1%
1.8	0%	0.2%	0%	6.7%
2.0	0%	0.1%	0%	5.0%

Los resultados anteriores muestran que este tipo de análisis es un buen indicador de la condición ambiental de las aguas, en cuanto a carga de sólidos suspendidos se refiere. Ya que estudios realizados durante el verano del 2006 (Jaramillo y colaboradores, datos no publicados), muestran que las aguas turbias del humedal del río Cruces presentan un alta carga de sólidos suspendidos ricos en metales pesados, se ha decidido evaluar como la variabilidad espacio-temporal de esos sólidos afecta la penetración de la radiación UV en diferentes áreas del humedal. La disminución de la intensidad de la radiación con la profundidad se debe a la combinación de los procesos de absorción y de “scattering” por parte del agua propiamente tal y de los componentes existentes en el agua (material particulado orgánico e inorgánico y material húmico disuelto). De acuerdo a la ley empírica de Lambert-Beer:

$$E_d(z,\lambda) = E_d(0,\lambda)e^{-Kz}$$

la irradianza incidente diminuye exponencialmente y el proceso de atenuación de la irradianza queda bien definido a través del coeficiente de atenuación vertical K.

ii) Objetivo general

Caracterizar el régimen de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y ultravioleta en el ecosistema acuático del humedal del río Cruces y cauces adyacentes.

iii) Objetivos específicos

1) Realizar perfiles periódicos de RFA y de radiación UV en diferentes profundidades de los sitios 3 a 9 seleccionados para el monitoreo de calidad de agua (cf. Fig. 1).
2) Determinar los coeficientes de atenuación K específicos para cada perfil.

iv) Materiales y métodos

Las mediciones de radiación se llevarán a cabo con un radiómetro sumergible BIC-Logger a adquirir en Biospherical Instruments Inc. (San Diego, CA, USA). Este instrumento cuenta con un filtro que mide RFA, filtros en 305nm para medición de UV-B y en 320 y 340nm para medición de UV-A, además de un detector de referencia para corregir variaciones de radiación incidente. Esas mediciones se realizarán mensualmente y en coincidencia con mediciones de transparencia (disco Secchi) y Sólidos Suspendidos (ver capítulo anterior: Variables físicas y químicas en aguas superficiales).

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Realización de perfiles de irradianzas en siete sitios de muestreo y en diferentes condiciones de marea (ver capítulo anterior: Variables físicas y químicas en aguas superficiales).

En relación a objetivo específico 2:

Realización de los cálculos de coeficientes de atenuación para cada estación de muestreo y análisis de relación con variables ambientales (e.g. Sólidos Suspendidos), estados mareales y época del año.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por la M.Sc. Charlotte Lovengreen y el técnico académico Maximiliano Valdebenito.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **3668.51 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	419.89	419.89	419.89	419.89	1679.56
Gastos operacionales	110.50	110.50	110.50	110.50	441.99
Inversión	1546.96	0.00	0.00	0.00	1546.96
Total	2077.35	530.39	530.39	530.39	**3668.51**

4.1.1.3. Variables físicas y químicas en aguas subterráneas. Investigadores Responsables: Geólogo Rosa Troncoso, SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería) y Dr. Mario Pino.

i) Antecedentes

En la cuenca de San José de la Mariquina y Máfil los depósitos fluviales recientes (PlHf y Hf, simbología verbal usada por el SERNAGEOMIN, Fig. 3) y glaciofluviales de las dos ultimas glaciaciones (Plgf1 y Plgf2, simbología verbal usada por el SERNAGEOMIN, Fig. 3), entre las latitudes de Lanco y Pelchuquín, constituyen, en el entorno del río Cruces, acuíferos libres que tienen una alta importancia desde el punto de vista hidrogeológico, debido a su alta permeabilidad y su gran extensión, lo que les confiere un alto potencial para el almacenamiento de agua. Estos acuíferos no tienen una cubierta impermeable protectora y su nivel de agua se encuentra muy cercano a la superficie, por lo que presentan una alta vulnerabilidad a la contaminación. Por otra parte, reciben una recarga directa de las precipitaciones y se encuentran en conexión hidráulica con el río Cruces, relación que aún no ha sido estudiada en profundidad.

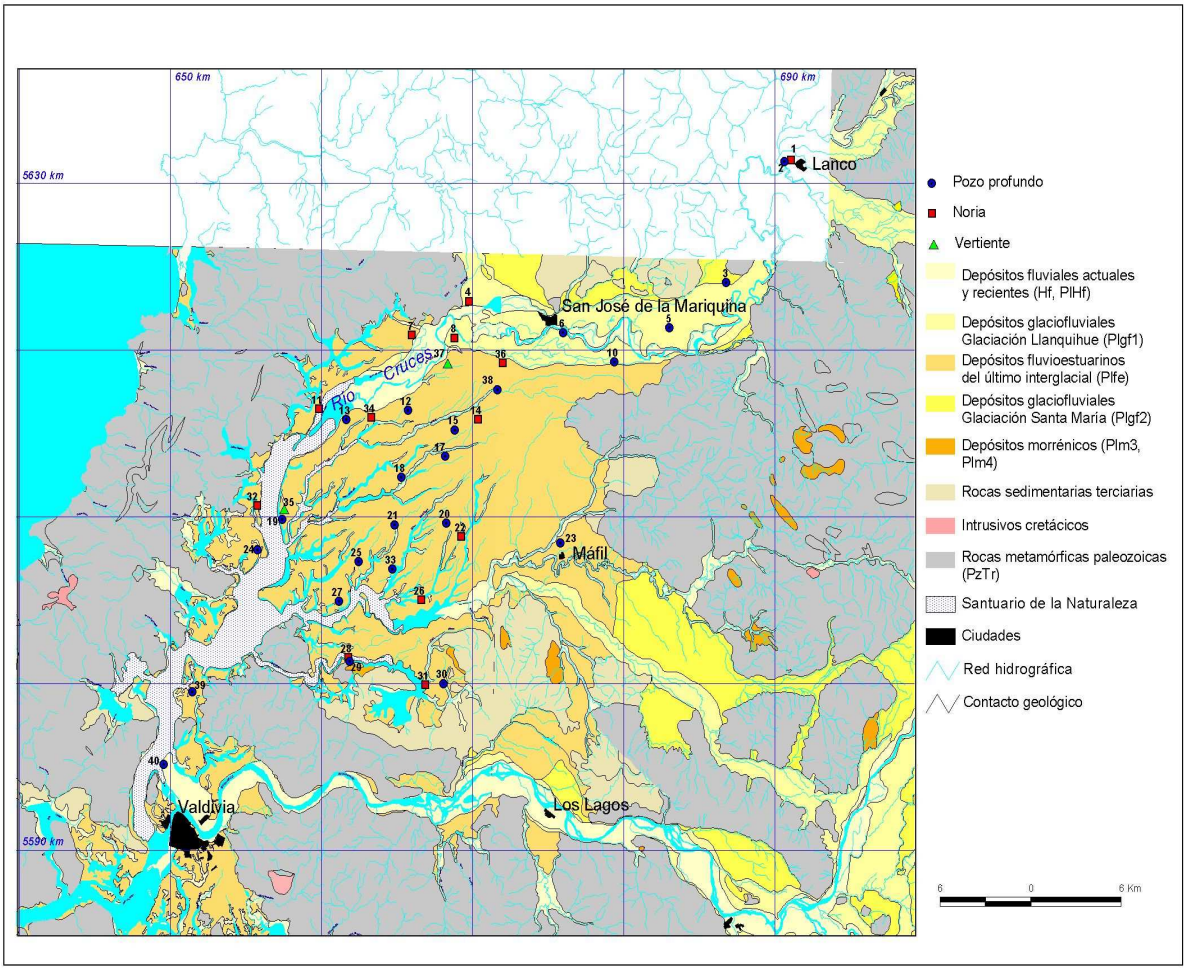


Figura 3. Mapa geológico del área de estudio y distribución de los puntos seleccionados para el monitoreo de las aguas subterráneas.

Por su parte, los depósitos del periodo interglacial (Plfe, simbología verbal usada por el SERNAGEOMIN, Fig. 4), constituyen en conjunto con los depósitos de la penúltima glaciación (Plgf2, simbología verbal usada por el SERNAGEOMIN, que se encuentran en subsuperficie, una secuencia de acuíferos confinados a semiconfinados (Fig. 4): un acuífero superior en depósitos fluvio-estuarinos del último período interglacial (Plfe) y un acuífero inferior en depósitos glaciofluviales de la Glaciación Santa María (Plgf2), separados por estratos de arcillas impermeables de 6 a 30 m de espesor, pertenecientes a los depósitos fluvioestuarinos. Si bien se considera que ambos acuíferos son independientes, no se descarta la posibilidad de una conexión

hidráulica entre ellos. Estos acuíferos, de alta importancia hidrogeológica debido a su extensión y espesor, presentan una cubierta impermeable protectora de espesor variable, por lo que tienen una baja vulnerabilidad a la contaminación. Sin embargo, dentro de esta cubierta de baja permeabilidad se encuentran acuíferos colgados, generalmente albergados en estratos fracturados conocidos localmente como “cancagua”, que son explotados intensamente mediante norias. Las aguas subterráneas de estos acuíferos presentan características físicas y químicas y direcciones de flujo particulares, que pueden variar estacionalmente en forma natural debido a la influencia de la recarga, y que no han sido cuantificadas.

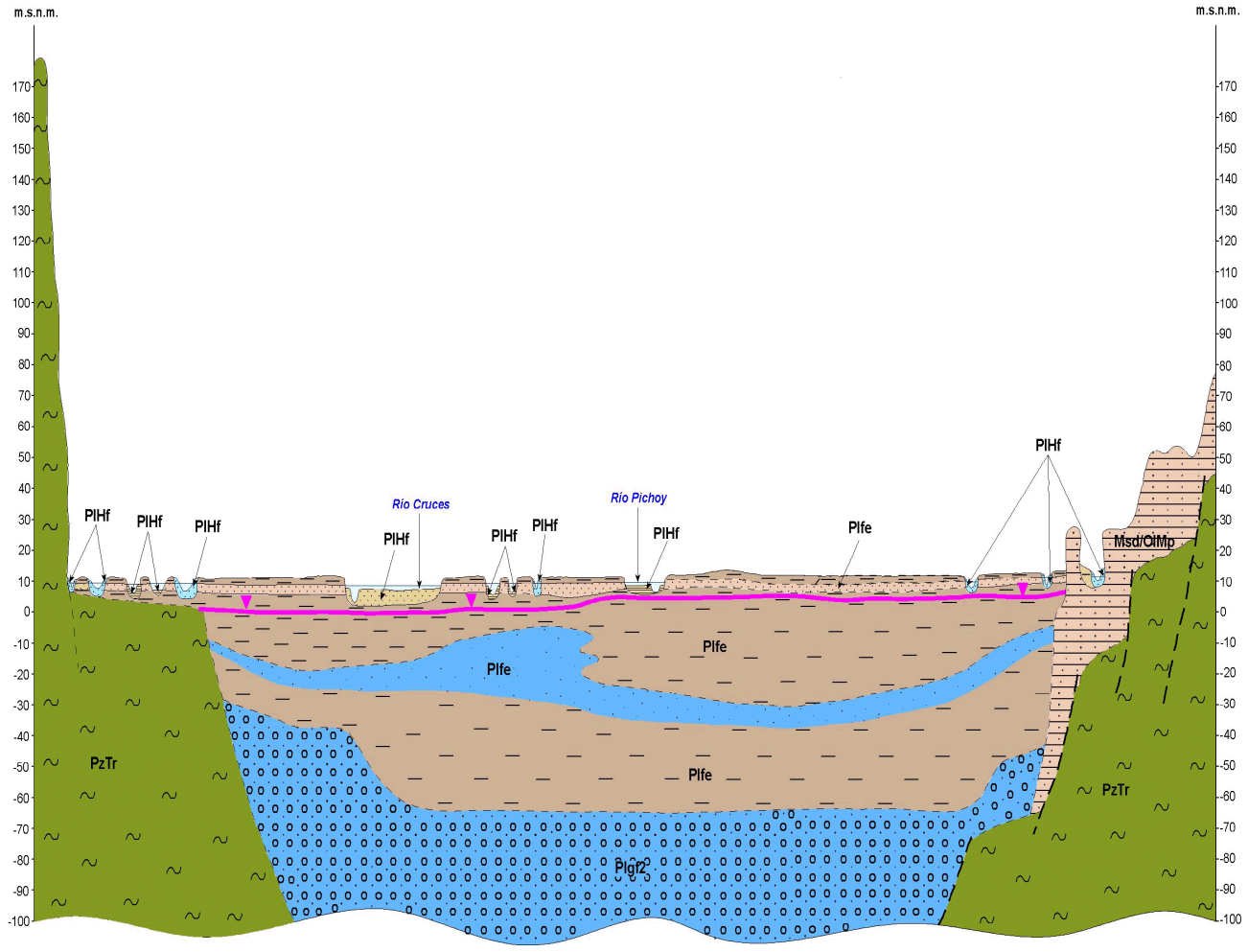


Figura 4. Perfil hidrogeológico en la cuenca San José de la Maquina – Máfil, donde se muestra la secuencia de acuíferos confinados a semiconfinados (en azul) conformados por los depósitos fluvioestuarinos del último periodo interglacial (Plfe; acuífero superior) y glaciofluviales de la Glaciación Santa María (Plgf2, acuífero inferior). Plfe y Plgf2 es la simbología verbal usada por el SERNAGEOMIN.

Debido a lo anteriormente expuesto, se argumenta que el monitoreo de las características físicas y químicas del agua subterránea y de las variaciones de los niveles de agua en los acuíferos en la zona del humedal del río Cruces es fundamental, debido a que sin duda existe una interacción entre las aguas superficiales y subterráneas, lo que influye en las condiciones del humedal.

ii) Objetivo general

Determinar la variabilidad espacio temporal en la composición física y química y el nivel piezométrico de las aguas subterráneas en los acuíferos asociados al humedal del río Cruces, a fin de evaluar eventuales efectos antrópicos.

iii) Objetivos específicos

1) Analizar los iones mayoritarios y elementos traza en muestras de agua recolectadas en diversas captaciones de agua y estaciones del año.
2) Determinar las variaciones del nivel de agua en los diferentes acuíferos, mediante mediciones en diversas captaciones y estaciones del año.
3) Construir mapas de isopiezas de los diferentes acuíferos para determinar direcciones de flujos del agua subterránea.

iv) Materiales y métodos

Selección de los sitios de muestreo: en base estudios geológicos e hidrogeológicos realizados por el SERNAGEOMIN y a la información de captaciones de agua subterránea (pozos profundos, norias y vertientes) existentes en el área, se seleccionaron 40 puntos de muestreo, los que se muestran en la Figura 3. La selección de estos pozos se realizó utilizando los siguientes criterios:

- Acuífero al que representan: se requiere que estén representados todos los acuíferos existentes en el área, incluyendo acuíferos colgados.
- Calidad de la información del pozo: en el caso de pozos profundos se privilegiaron aquellos que tienen descripción estratigráfica y ubicación de los tramos habilitados dentro del sondaje. Esto permite saber qué nivel o acuífero se está muestreando.
- Distribución en el área: se requiere tener cobertura de toda el área de estos acuíferos, debido a que hay variación espacial de las características físico químicas y de los niveles de agua en los acuíferos. Esto es importante si se quieren determinar direcciones de flujo.
- Facilidad de acceso: se privilegiaron aquellas captaciones que se sabe poseen un acceso expedito por la existencia de infraestructura vial y donde se espera que exista una buena acogida de esta iniciativa por sus propietarios.
- Condiciones de muestreo y medida: se privilegiaron aquellos pozos en que no se realizan procesos de tratamiento del agua (cloración, filtrado) o pueden ser obviados y es posible realizar medición de niveles de agua.

Estos puntos podrán ser cambiados dependiendo principalmente de la cooperación de los propietarios y de la conveniencia de incorporar otros puntos. Es conveniente realizar una visita a terreno previa al inicio del monitoreo, con el fin de conversar con los propietarios de los pozos, establecer fechas y condiciones de muestreo, realizar posibles cambios en los puntos de muestreo e identificar la existencia de captaciones en zonas donde no hay información.

Periodicidad de los muestreos: dos campañas anuales; una en el mes de mayor depresión (Abril) y ascenso (Julio) del nivel de agua en los pozos. Algunas muestras se tomarán por triplicado para permitir el desarrollo de análisis estadísticos.

Análisis físicos y químicos: de las captaciones de agua se medirán *in situ* el pH, conductividad, Oxígeno disuelto, Amonio y Fosfato. En los laboratorios del SERNAGEOMIN se analizarán iones mayoritarios (Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio,

Litio, Bicarbonatos, Sulfatos, Cloruros, Nitrato, Sílice) y elementos traza (Be, B, Al, P, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Pb, Hg, CN).

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Determinación *in situ* y en el laboratorio de variables físicas y químicas de las aguas subterráneas y análisis estadísticos de los resultados.

En relación a objetivo específico 2:

Visita a terreno de los puntos de medición de nivel de agua e interpretación de resultados.

En relación a objetivo específico 3:

Medición mediante GPS diferencial para determinación de cotas sobre el nivel del mar de los puntos de medición de nivel, determinación de cotas mediante análisis de datos mediante sofware especializado y trazado de isopiezas en forma manual y determinación de direcciones de flujo.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por la Geólogo Rosa Troncoso (SERNAGEOMIN), el Dr. Mario Pino y dos asistentes de terreno del SERNAGEOMIN (Oficina Técnica de Puerto Varas).

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **5354.00 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	510.00	308.00	308.00	308.00	1434.00
Gastos operacionales	1013.00	969.00	969.00	969.00	3920.00
Inversión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	1523.00	1277.00	1277.00	1277.00	**5354.00**

4.1.1.4. Variables físicas y químicas en sedimentos. Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo.

i) Antecedentes

El estudio de la variabilidad espacio temporal de las características fisicas y químicas de los sedimentos en ambientes acuáticos, es de gran importancia en estudios ecológicos, debido a que estos reflejan los fenómenos que ocurren en la columna de agua. Es así, como la calidad de los sedimentos depende en gran medida, del tipo de material que se encuentra suspendido en la columna de agua (Mulsow, 2005). Por ejemplo, Stark (1998) encontró que los sedimentos de un área urbanizada de la región de Sydney (Australia) registraron concentraciones de Zinc, Plomo y Cobre de 1100, 800 y 300 ug/g, las que fueron significativamente mayores que las registradas en los sedimentos de áreas con menor desarrollo urbano (100, 50 y 25 ug/g, para el Zinc, Plomo y Cobre, respectivamente).

Muchos contaminantes, tales como metales pesados y compuestos orgánicos pueden adherirse a las partículas y acumularse en los sedimentos, pudiendo transformarse en depósitos de contaminantes en ambientes acuáticos (DeWitt, 1989).

La acumulación de esas partículas en diferentes estratos, constituyen un registro histórico de los eventos naturales y antropogénicos que han ocurrido en un determinado ambiente acuático, el cual puede ser estimado a través de estudios de geocronología. Por otro lado, los sedimentos pueden también actuar como fuentes de contaminación, debido a difusión de elementos desde el fondo hacia la columna de agua y a la resuspensión de partículas, favoreciendo el transporte de contaminantes hacia otras áreas (DeWitt, 1989).

Para el humedal del río Cruces, existen escasos antecedentes sobre las características fisicas y químicas de los sedimentos. Uno de los pocos estudios es el realizado por la UACh durante la primavera - verano del 2004 - 2005. Entre los principales resultados de esos estudios destacan: i) el Hierro y el Manganeso fueron los metales con mayores concentraciones en toda el área de estudio; esas concentraciones fueron significativamente más altas en los sedimentos dentro del humedal, y ii) las concentraciones de AOX mostraron sus valores más altos en el sector de Rucaco (aguas arriba del humedal del río Cruces), disminuyendo hacia estaciones ubicadas aguas abajo, dentro del humedal. Debido a lo anterior y a la falta de conocimientos que en general se tiene acerca de la distribución espacio - temporal de los compuestos arriba mencionados, es que se planifica este monitoreo.

ii) Objetivo general

Evaluar la variabilidad espacio temporal de las características fisicas y químicas del sedimento en fondos de la porción superior del río Cruces, en aquellos del humedal y cauces tributarios y en los del canal mareal Cau Cau y río Calle Calle.

iii) Objetivos específicos

1) Evaluar la variabilidad espacio temporal de la textura (i.e. porcentaje de grava, arena, fango y agregados biogénicos) y granulometría de los sedimentos.

2) Evaluar la variabilidad espacio temporal del porcentaje de materia orgánica total de los sedimentos.
3) Evaluar la variabilidad espacio temporal en la concentración de metales pesados, pesticidas organoclorados y organofosforados y AOX (“Adsorbable Organic Halogen Compounds“) en los sedimentos.

iv) Materiales y métodos

Área de estudio y periodicidad de los monitoreos: Los monitoreos se realizarán en nueve estaciones, cuya ubicación se muestra en la Figura 5. Dos estaciones se ubicarán en el río Cruces aguas arriba del humedal (sectores Ciruelos y Rucaco); tres dentro del humedal (San Luis, Santa María y San Ramón), dos en afluentes del Cruces (ríos Pichoy y Cayumapu) y dos fuera del humedal (canal mareal Cau Cau y río Calle Calle). Se incluye el canal mareal Cau Cau debido a que este sitio (estación 8, Fig. 5) es afectado por las aguas que bajan del humedal durante períodos de marea baja. Asimismo, se incluye una estación de muestreo en el río Calle Calle (estación 9, Fig. 5), a fin de utilizarla como sitio control o área no perturbada.

La periodicidad de los monitoreos será trimestral para las características texturales y porcentaje de materia orgánica total y semestral para la concentración de metales pesados, pesticidas organoclorados y organofosforados y AOX.

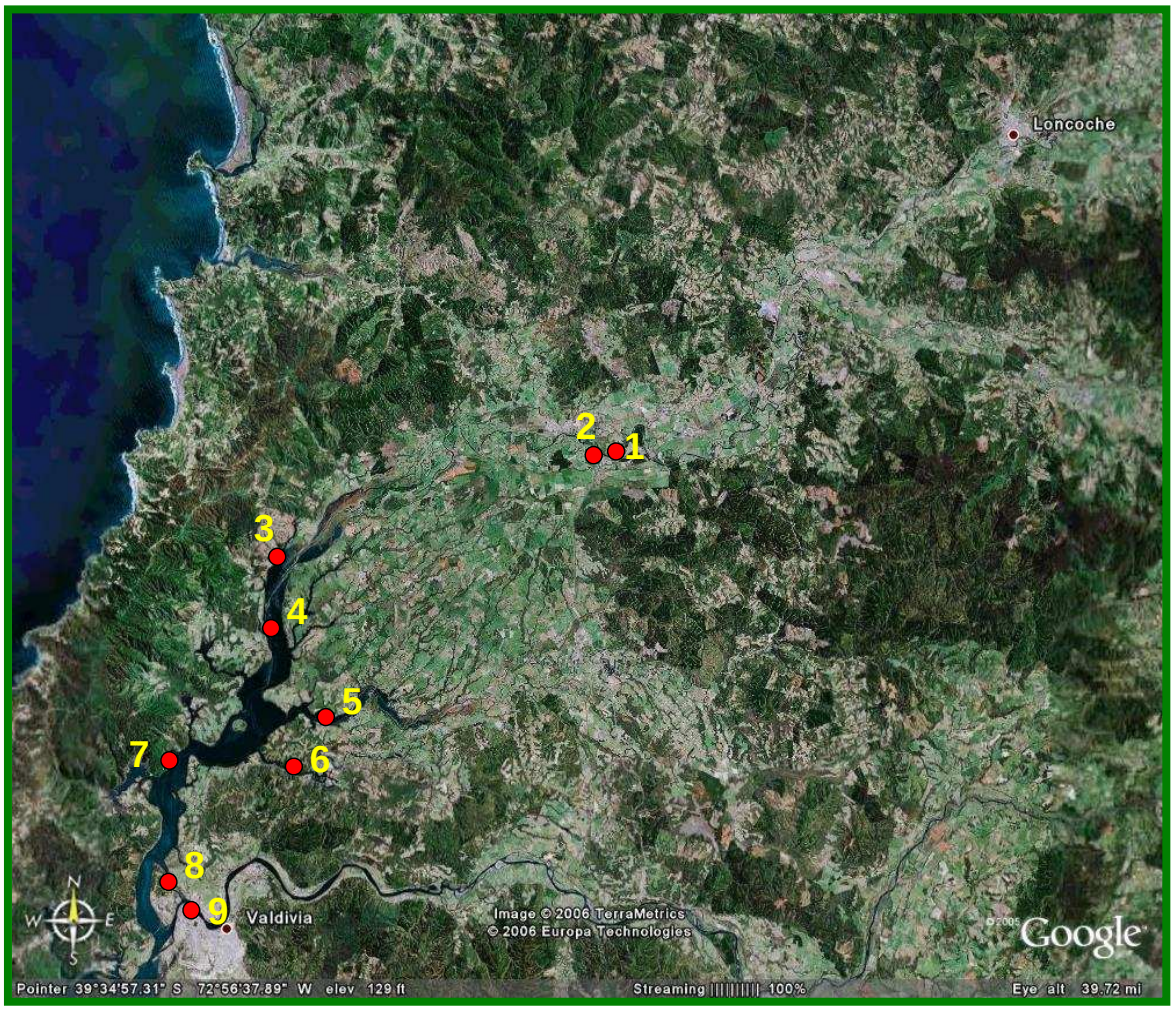


Figura 5. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de calidad del sedimento. 1 = río Cruces, sector Ciruelos, 2 = río Cruces, sector Rucaco, 3 = río Cruces, sector San Luis, 4 = río Cruces, sector Santa María, 5 = río Pichoy, 6 = río Cayumapu, 7 = río Cruces, sector San Ramón, 8 = canal mareal Cau Cau, 9 = río Calle Calle, sector ASENAV.

Recolección y tratamiento inicial de las muestras: Debido a la heterogeneidad del área de estudio, las muestras serán recolectadas siguiendo dos metodologías: en las estaciones uno y dos, las muestras se recolectarán con un cilindro plástico de 0.0089 m^2 de área enterrado en el sedimento a una profundidad aproximada de 10 cm, en tanto que en el resto de estaciones, las muestras se obtendrán con una draga PONAR de 0.05 m^2 de área. En cada estación de monitoreo, se obtendrán cuatro réplicas. Los sedimentos recolectados, serán guardados en frío en bolsas plásticas (previamente rotuladas) para el caso de los análisis texturales, granulométricos, de

materia orgánica y metales pesados y en papel aluminio para el caso de los pesticidas organoclorados y oganofosforados y AOX, hasta su posterior análisis en laboratorio.

Características texturales, granulométricas y porcentaje de materia orgánica total de los sedimentos: Los análisis texturales se realizarán siguiendo la metodología de tamizado en húmedo (Anderson et al. 1981). Una porción de las muestras se tamizará 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 + agregados biogénicos (partículas entre 2000 y 63 micrones) y fango (partículas inferiores a 63 micrones). La fracción arena + agregados biogénicos se tratará con ultrasonido durante 30 minutos y se tamizará a través de un colador de 63 µm, 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 secarán (60℃ por 24 horas) e incinerarán (550° C por 6 horas). A partir de cálculos de diferencia de peso, se determinarán los porcentajes de materia orgánica (materia orgánica carbonosa o combustible) para cada una de las fracciones y réplicas (Byers et al. 1978).

La suspensión coloidal con el fango obtenido en el segundo tamizado se dejará decantar. El fango decantado se enrasará en probetas de un 1 litro; luego se homogenizará por agitación vertical para obtener una alicuota de 20 ml a 20 cm de la superficie de la suspensión. Esta alícuota se secará (60℃ por 24 horas) e incinerará (550° C por 6 horas). Posteriormente, se determinará 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 analizará granulométricamente por medio de velocidad de decantación de las partículas (Emery, 1938) y método de momentos (Seward-Thompson & Hails, 1973), estimándose el tamaño medio de la partícula.

Concentración de metales pesados, pesticidas organoclorados, organofosforados y AOX: Para evaluar la concentración de metales pesados en las ocho estaciones de monitoreo, se enviarán a los laboratorios de SERNAGEOMIN (Santiago) 100 gramos de sedimento de cada una de las estaciones de monitoreo. Los metales a estudiar serán aquellos que han sido sistemáticamente monitoreados en el humedal del río Cruces. Para la estimación de la concentración de pesticidas organoclorados, organofosforados y AOX, se enviarán muestras de aproximadamente 200 gramos de sedimento, a los laboratorios del Instituto de Farmacología de la UACh.

Análisis estadísticos: Con el objetivo de evaluar eventuales diferencias entre las distintas estaciones y fechas de monitoreo, en las características físicas y químicas de los sedimentos, se realizarán análisis de varianza de una y dos vías (ANDEVA) (Sokal & Rohlf, 1995).

Las relaciones físicas y químicas de los sedimentos entre estaciones y fechas de monitoreo, se evaluarán mediante análisis mutivariados de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM) y análisis de similitudes (ANOSIM). Estos análisis se basarán en una matriz de similitud calculada mediante la distancia Euclideana normalizada. Estos análisis se realizarán con el programa PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) (Carr, 1997). Los resultados de los análisis de EMDNM se graficarán en dos dimensiones, con el objetivo de visualizar eventuales relaciones entre las estaciones de muestreo. En este tipo de gráficos, las estaciones que muestren mayor similitud aparecerán menos distanciadas entre sí.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Recolección estacional de muestras superficiales de sedimento. Envío a laboratorios, para la realización de los análisis texturales y granulométricos. Análisis de los resultados obtenidos.

En relación a objetivo específico 2:

Estimación trimestral, en laboratorio, de los porcentajes de materia orgánica de las distintas fracciones determinadas en los sedimentos. Análisis de los resultados obtenidos.

En relación a objetivo específico 3:

Recolección semestral de muestras de sedimento superficial, para estimaciones de la concentración de metales pesados, pesticidas organoclorados, organofosforados y AOX. Análisis de los resultados obtenidos.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Eduardo Jaramillo, Bruno Peruzzo y Heraldo Contreras, el M.Sc. Hernán Palma, los Biólogos Marinos Cristian Duarte (Cand.Dr.) y Sandra Cifuentes (Cand. Dr.) y el Ing. Elect. Ricardo Silva.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **6879.20 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	662.98	662.98	662.98	662.98	2651.93
Gastos operacionales	794.39	462.90	462.90	462.90	2183.07
Inversión	2044.20	0.00	0.00	0.00	2044.20
Total	3501.57	1125.88	1125.88	1125.88	**6879.20**

4.1.1.5. Dioxinas en sedimentos y agua intersticial. Investigador Responsable: Dr. Walter Di Marzio (CONICET - Universidad Nacional de Luján, Argentina).

i) Antecedentes

Las Dioxinas pertenecen a la familia de las BenzoDioxinas Policloradas (PCDD). Su representante más conocido es el 2,3,7,8,-tetraclorodibenzoDioxina o 2,3,7,8-TCDD o simplemente Dioxina. No se producen comercialmente, aparecen como impurezas durante la síntesis de otras sustancias. Las principales causas de contaminación por PCDD y por las que han cobrado interés mundial han sido citados recientemente en Walker et al. (2006):

La 2,3,7,8-TCDD ocurre como impureza en los herbicidas defoliantes 2,4-D y 2,4,5-T. Estos tomaron notoriedad por su aplicación en la guerra de Vietnam; fueron conocidos como Agente Naranja y aplicados directamente por vía aérea sobre la selva, produciendo importantes efectos sobre la población debido a la presencia de Dioxinas.

Los PCDD aparecen como agentes contaminantes de la combustión de desechos conteniendo PCBs. La contaminación por estos compuestos fue detectada durante los años 80 en Rechem (Escocia), en las cercanías de una planta que trataba residuos industriales con PCBs cuyo horno de tratamiento funcionaba incorrectamente. Los PCDD formados a partir de triclorofenoles en la explosión de una industria en Seveso, Italia, ocurrido en el año 1976, son quizás el caso más relevante respecto a la contaminación por estas sustancias.

Estudios realizados por la US EPA demuestran que cerca del 30% de la producción de Dioxinas en industrias que producen pulpa de papel por el método Kraft, puede estar presente en los efluentes líquidos. El resto ocurre en la pulpa y en los lodos activados post-deshidratación. Según esos estudios, las concentraciones halladas en los RILES fue siempre en el orden de *ppt* o partes por trillón.

Las Dioxinas son altamente tóxicas para mamíferos (DL50 = 1 µg/kg). Son compuestos estables aunque pueden sufrir reacciones de sustitución electrofílicas y fotodegradación en agua y solventes orgánicos. Ya que la solubilidad de las mismas es muy baja en el agua (S = 20 ng/g), poseen una gran afinidad de adsorción o partición en la materia orgánica presente tanto en sólidos en suspensión como en sedimentos acuáticos (log $K_{oc} \cong 7$).

Los sedimentos constituyen el reservorio natural más importante una vez que las Dioxinas son liberadas y compartimentalizadas en el ambiente. De allí que sea importante muestrear este compartimiento en ambientes acuáticos donde se sospeche que la descarga de residuos industriales líquidos puedan estar contaminados con Dioxinas.

ii) Objetivo general

Evaluar la presencia de Dioxinas en sedimentos del río Cruces y la ecotoxicidad de los mismos.

iii) Objetivos específicos

1) Caracterizar las concentraciones de Dioxinas en sedimentos distribuídos a lo largo de un gradiente latitudinal en el río Cruces.
2) Evaluar valuación de la ecotoxicidad de la muestra completa mediante ensayos con anfípodos del género *Hyalella* y macrófitas acuáticas enraizadas del género *Vallisneria* sp.

iv) Materiales y métodos

Recolección de las muestras: Anualmente, se recolectarán muestras replicadas de sedimentos (n=2) en cuatro sitios de muestreo: dos ubicados en la porción superior del río Cruces (sector Ciruelos y Rucaco) y dos localizados en áreas de

sedimentación de la parte media del humedal (sectores Santa María y San Ramón) (Fig. 6).

Las muestras se recolectarán siguiendo protocolos US EPA (2000), además de Burton (1992) y Hoffman et al. (1995). De acuerdo a los mismos, se caracterizará el sedimento en cuanto a pH, textura, sulfuros y contenido en carbono orgánico o TOC. Para la determinación de Dioxinas, se separan submuestras de sedimento y agua intersticial para ser enviadas a laboratorios especializados de Canadá.

Ensayos de ecotoxicología: Se realizarán según US EPA (2000) y Di Marzio et al (1999, 2005), utilizándose anfípodos del género *Hyalella* y macrófitas acuáticas enraizantes como *Vallisneria* sp.

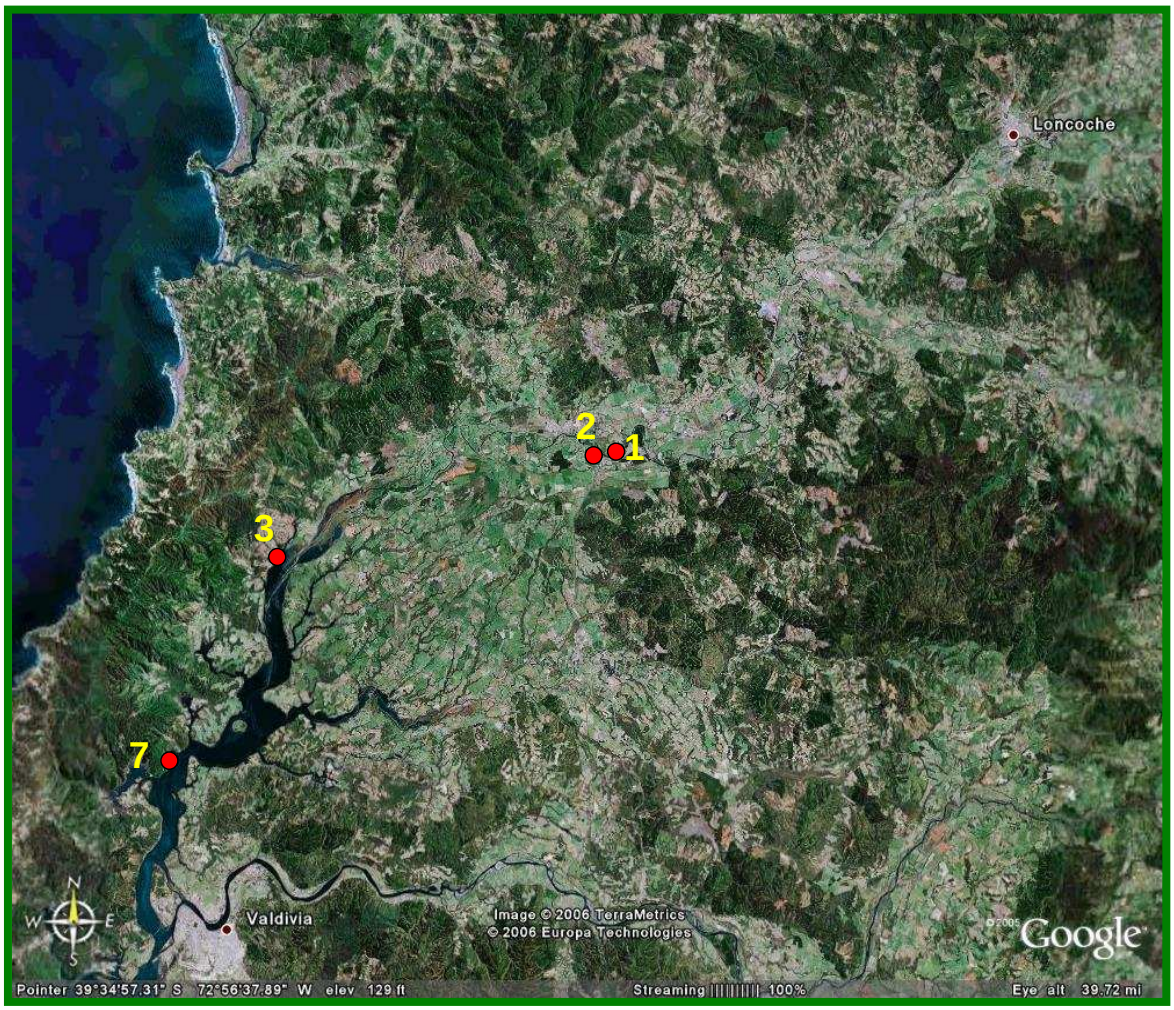


Figura 6. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de la concentración de Dioxinas en el sedimento y agua intersticial. 1 = río Cruces, sector Ciruelos, 2 = río Cruces, sector Rucaco, 3 = río Cruces, sector Santa María y 7 = río Cruces, sector San Ramón.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Muestreo y preparación de las muestras para su análisis químico. Separación del agua intersticial para su análisis por separado del sedimento particulado.

En relación a objetivo específico 2:

Realización de los ensayos para evaluar la ecotoxicidad de los sedimentos muestreados. Determinación de un índice de riesgo ecotoxicológico de los mismos.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Walter Di Marzio, María Elena Sáenz, María del Carmen Tortorelli y el Lic. José Luis Alberdi, CONICET - Universidad Nacional de Luján, Argentina.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2373.92 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	331.49	331.49	331.49	331.49	1325.97
Gastos operacionales	261.99	261.99	261.99	261.99	1047.96
Inversión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	593.48	593.48	593.48	593.48	**2373.92**

4.1.1.6. Organismos bioindicadores: invertebrados bentónicos y macrófitas acuáticas. Investigadores Responsables: Dr. Stefan Woelfl y Dr. Angélica Casanova (Universidad de Concepción).

i) Antecedentes

Invertebrados bentónicos

La bioacumulación de metales pesados en organismos acuáticos es un indicador de contaminación, ampliamente usado en estudios de monitoreo de sistemas acuáticos (Borton 2003). Entre los grupos faunísticos más usados, se encuentran los organismos bentónicos, especialmente los macroinvertebrados. (Goodyear & McNeill 1999, Eisler 2000, Bervoets et al. 1994, Harray & Clements 1997). Estos organismos ofrecen múltiples ventajas como bioindicadores de contaminación:

- Son un grupo ampliamente presente en o cerca del sedimento
- Representan bastante bien las condiciones locales del sitio
- Pueden acumular metales con una tolerancia moderada a los mismos
- La concentración de metales en su cuerpo, parece estar bien relacionada con la concentración de metales en el ambiente

Debido a lo anterior, existe una gran cantidad de estudios que usa macroinvertebrados en estudios de bioacumulación de metales (u otros contaminantes) y sus efectos en los organismos (e.g. estudios ecotoxicológicos) (APHA 1995, Borton 2003, Goodyear & McNeill 1999). Por ejemplo, Woelfl (2004) estudió la concentración de metales pesados en organismos zooplanctónicos (ciclopoídeos) que habitan estrechamente relacionados con el sedimento, en dos estaciones ubicadas en el humedal del río Cruces (sectores San Luis y San Martin). Los resultados mostraron que la concentración de Hierro fue diez veces mayor en esos invertebrados, en comparación a otros ciclopoideos de lagos sin signos evidentes de contaminación (Woelfl et al. 2006).

Macrófitas acuáticas

Debido al creciente conocimiento de los efectos tóxicos que los metales pesados producen en el medio ambiente, su estudio ha comenzado a ser de gran importancia, principalmente desde el punto de vista de su remoción desde el medio.

Las plantas acuáticas (macrófitas) se caracterizan por ser acumuladoras de metales pesados (Wang et al., 1996; Cardwell et al., 2002; Keskinkan et al., 2003; Sivaci et al., 2004). Esta característica, ha hecho que la utilización de plantas para la remoción de metales pesados desde aguas residuales, haya adquirido gran interés en el último tiempo (ver e.g. Keskinkan et al., 2003). Además, estos metales pueden quedar disponibles para vertebrados e invertebrados herbívoros, ingresando de este modo a la cadena trófica (Harris & Davison, 2002).

Los metales pesados pueden ser absorbidos por las plantas desde el ambiente, ya sea a través de las raíces ancladas en el sedimento, o desde la columna de agua con sus hojas (e.g. Salt et al., 1995; Biernacki & Lovett-Doust, 1997). Las mayores concentraciones de estos elementos han sido registradas en las raíces (e.g. Harris & Davidson, 2002; Cardwell et al., 2002). Debido a su capacidad de adsorber metales pesados desde el ambiente, las plantas acuáticas son herramientas útiles para realizar procesos de remoción natural de estos elementos. Además, debido a su condición sésil y a su capacidad de biomagnificar las concentraciones de metales pesados, también resultan muy buenas bioindicadoras de contaminación por estos elementos. A pesar que algunas especies han desarrollado mecanismos para tolerar altas concentraciones de metales pesados, sobre ciertas concentraciones umbrales, los metales pesados comienzan a ejercer efectos tóxicos sobre las plantas, llevándolas en caso extremo a la muerte.

ii) Objetivo general

Evaluar a lo largo del río Cruces, la bioacumulación de metales pesados en invertebrados bentónicos y en macrófitas acuáticas.

iii) Objetivos específicos

1) Analizar la concentración y bioacumulación de metales pesados en invertebrados bentónicos de amplia distribución geográfica en el humedal, tales como insectos dípteros de la familia Chironomidae y oligoquetos de la familia Tubificidae.
2) Analizar la concentración y bioacumulación de metales pesados en macrófitas acuáticas como *Nymphaea alba* (Loto), *Scirpus californicus* (totora) y en remanentes de *Egeria densa* (Luchecillo)

iv) Materiales y métodos

Área de estudio y periodicidad de los monitoreos: Se recolectarán muestras anuales de invertebrados bentónicos y macrófitas acuáticas en nueve y siete estaciones, respectivamente (Fig. 7).

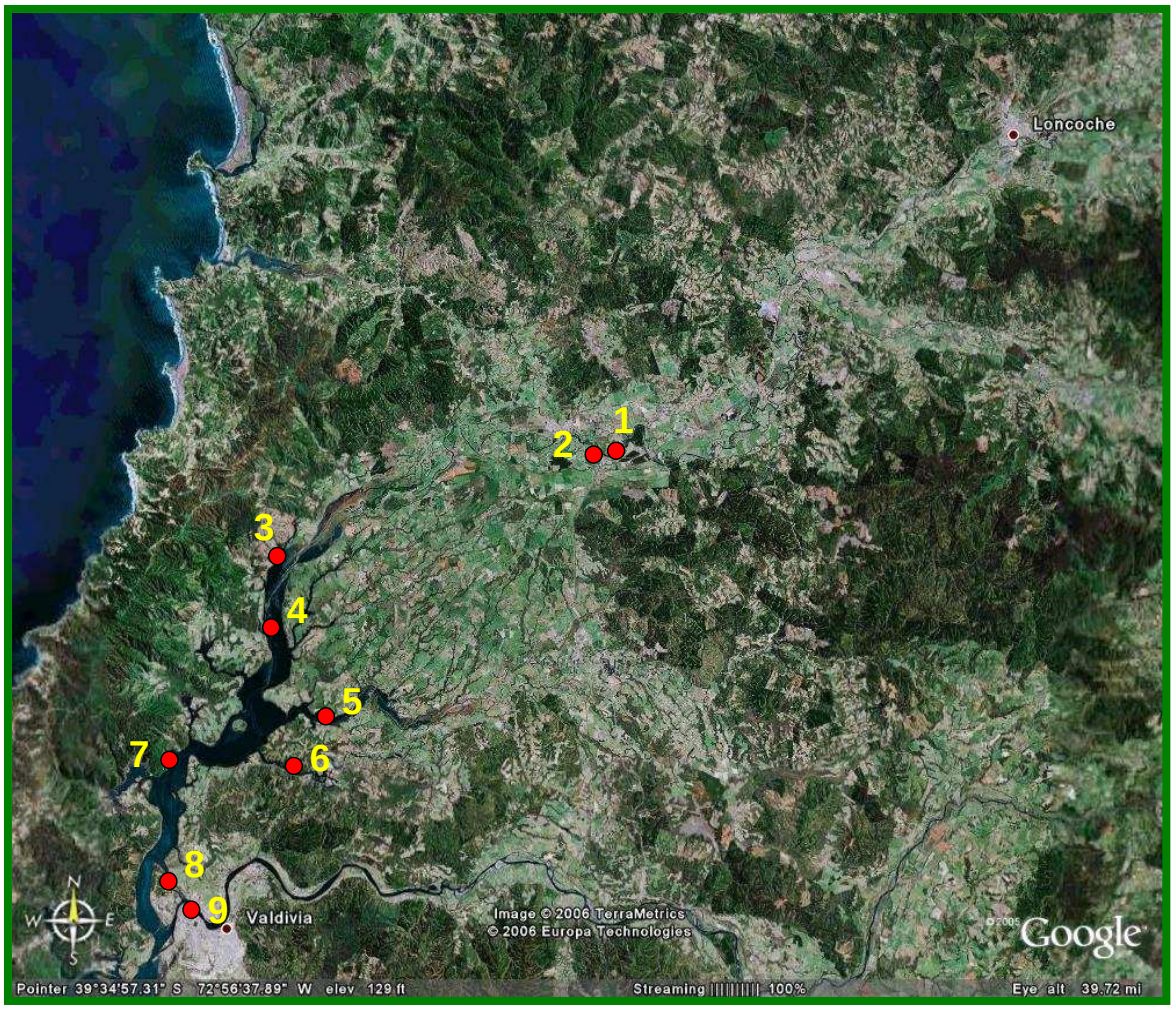


Figura 7. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de organismos bioindicadores. 1 = río Cruces, sector Ciruelos, 2 = río Cruces, sector Rucaco, 3 = río Cruces, sector San Luis, 4 = río Cruces, sector Santa María, 5 = río Pichoy, 6 = río Cayumapu, 7 = río Cruces, sector San Ramón, 8 = canal mareal Cau Cau, 9 = río Calle Calle, sector ASENAV. En las estaciones 1 y 2 solo se recolectarán invertebrados bentónicos debido a la ausencia de macrófitas acuáticas en las mismas.

Recolección y tratamiento inicial de las muestras: Para el caso de los invertebrados bentónicos, se optará por enfocar el estudio, en uno o dos organismos que estén presentes en todas las estaciones de monitoreo. Según los antecedentes disponibles, los grupos más representativos son insectos de la familia Chironomidae y oligoquetos de la familia Tubificidae. La toma de muestras se llevará a cabo con un SURBER de marco plástico en las estaciones uno y dos y con una draga PONAR de 0.05 m^2 de área. en el resto de estaciones. En cada estación se tomarán muestras replicadas (n = 3). Después de la obtención de las muestras, estas serán llevadas al

laboratorio en bolsas plásticas previamente rotuladas. Para el caso de las macrófitas acuáticas, las muestras se recolectarán manualmente. En cada estación de monitoreo se obtendrán tres réplicas. Las plantas recolectadas serán guardadas en bolsas plásticas previamente rotuladas.

Concentración de metales pesados en invertebrados bentónicos: Las muestras biológicas serán procesadas de acuerdo a Miesbauer (2001) y Woelfl et al. (2006). Los organismos serán mantenidos vivos por un par de horas (para que estos defequen), posteriormente serán lavados con agua pura, congelados en nitrógeno líquido, liofilizados durante 24 h, seleccionados, pesados, digeridos con ácido nítrico y preparados para el análisis de metales usando el método TXRF con un instrumento portátil PICO-TAX (Mages et al. 2004). Este análisis se realizará en los laboratorios del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile y/o UFZ-Leipzig/Halle (Alemania) en colaboración con una especialista alemana(M.Mages).

Concentración de metales pesados en macrófitas acuáticas*:* Para evaluar la concentración de metales pesados en las macrófitas acuáticas, se enviarán a los laboratorios de SERNAGEOMIN (Santiago) aproximadamente 100 gramos (peso seco) de la especie (o especies) de macrófitas seleccionadas para el estudio. Los metales a estudiar serán aquellos que han sido sistemáticamente monitoreados en el humedal del río Cruces.

Análisis estadísticos: Con el objetivo de evaluar eventuales diferencias en las concentraciones de metales pesados, entre las distintas estaciones y años de muestreo se realizarán análisis de varianza de una y dos vías (ANDEVA) (Sokal & Rohlf, 1995).

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Recolección de los grupos de invertebrados más representativos del área de estudio, en cada una de la estaciones de monitoreo. Estimación de la concentración y bioacumulación de metales pesados en los mismos. Análisis estadístico de los datos.

En relación a objetivo específico 2:

Recolección de macrófitas acuáticas, desde las estaciones de monitoreo indicadas anteriormente. Estimación de la concentración y bioacumulación de metales pesados. Análisis de los datos.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Stefan Woelfl y Angélica Casanova, además de una investigadora del UFZ – Leipzig / Halle (Alemania) (Dr. Margarete Mages).

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **1311.38 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	87.85	87.85	87.85	87.85	351.38
Gastos operacionales	215.00	215.00	215.00	215.00	860.00
Inversión	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Total	402.85	302.85	302.85	302.85	**1311.38**

4.1.2. MONITOREO DE VARIABLES BIOLOGICAS. COORDINADOR: DR. EDUARDO JARAMILLO.

4.1.2.1. Fitoplancton y productividad primaria. Investigadores Responsables: Dr. Jorge Jaramillo y Dr. Stefan Woelfl.

i) Antecedentes

La caracterización y el monitoreo de factores biológicos como la productividad de los componentes autotróficos de un sistema acuático es de gran importancia, porque los productores primarios definen generalmente gran parte de la productividad total del sistema. En el caso de los humedales, la productividad primaria esta determinada principalmente por la productividad de las macrófitas y la de las algas planctónicas. Los ensambles y comunidades autotróficas y el estado trófico de un sistema acuático a su vez, están estrechamente relacionados con factores abióticos (e.g. luz, temperatura, nutrientes) y biológicos (e.g. ensambles y biomasa del fitoplancton, clorofila *a*). Al variar uno o más factores ambientales (en forma natural o por contaminación), ocurren cambios a nivel de los productores primarios con cambios substanciales para toda la trama trófica y el funcionamiento del ecosistema. A nivel de los productores primarios, las macrofitas y el fitoplancton, compiten generalmente por los factores abióticos, principalmente luz y nutrientes (fósforo, nitrógeno, etc.). Si por algun factor, uno de estos dos competidores es afectado respecto al otro (como sucedió en el humedal con la desaparición masiva de *Egeria densa*), el otro competidor ahora puede desarrollarse con una ventaja, alcanzando una major biomasa y productividad por la disminución de la competencia. Es decir, si desaparecen las macrofitas, aumenta generalmente la turbidez, tanto por el aumento de material resuspendido como por el aumento de las microalgas (Scheffer 2001). Esto significa que el fitoplancton aumenta su biomasa y productividad primaria, a pesar del aumento de la turbidez causados por el aumento de material suspendido proveniente del sedimento (y resuspendido por fuerza física). El aumento de la turbidez a su vez, es un factor crítico para el desarrollo de macrofitas como se muestra en la Figura 8. Por esta razón, el monitoreo de las productividad

primaria y ensambles fitoplanctónicos en relación con los factores abióticas (luz, temperatura, nutrientes, entre otros) aporta información valiosa sobre el estado trófico y su dependencia de factores ambientales (Bortone 2003).

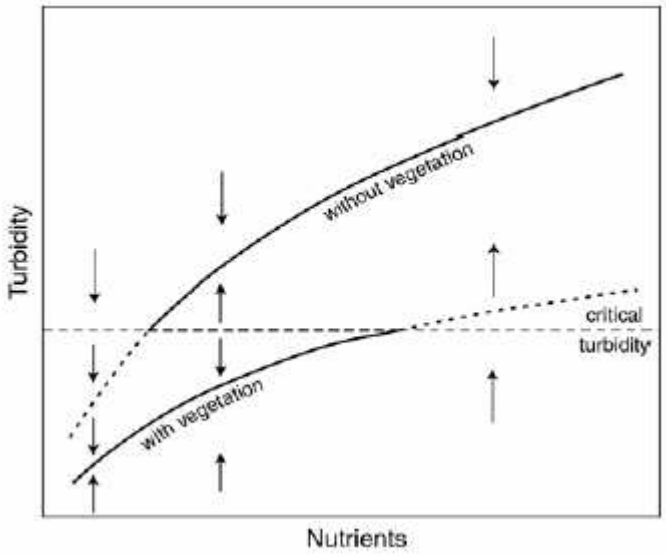


FIGURE 3. Alternative equilibrium turbidities caused by disappearance of submerged vegetation when a critical turbidity is exceede (see text for explanation). The arrows indicate the direction of change when the system is not in one of the two alternative stable states.

Figura 8. Tomada de Scheffer (2001).

Existe escasa información referida a las comunidades fitoplanctónicas en el humedal del río Cruces. Dürrschmidt & Steubing (1983) realizaron una caracterización del fitoplancton en dicho río a través de un estudio estacional. Recientemente y en el contexto del disturbio ecológico acontecido en este humedal, se describió el ensamble fitoplanctónico estival en un período espacio temporal corto (Estudio UACh - CONAMA) Ese estudio mostró algunas tendencias concordantes con las de los autores antes mencionados, en el sentido de encontrar que los valores de densidad fitoplanctónica registrados en el río Cruces son más altos que en el río Calle Calle. No obstante, lo registrado en el estudio UACh-CONAMA supera en magnitud a lo anteriormente conocido con características de un extraordinario florecimiento fitoplanctónico. De las especies dominantes de diatomeas, *Aulacoseira ambigua*, fue registrada por

Dürrschmidt & Steubing (1983) con sus máximas abundancias a fines de Diciembre, lo cual es aproximadamente coincidente con lo encontrado en el estudio de la UACh.

Dado que todo el humedal del río Cruces se encuentra bajo la influencia mareal, es necesario realizar estudios de monitoreo por periodos mas prolongados de tiempo. La información de esta forma obtenida, resultará en un valioso aporte para entender las eventuales respuestas o cambios en la estructura y dinámica de las poblaciones de especies fitoplanctónicas, que pudieran ser indicativas de alteraciones ambientales.

Existe muy poca información sobre la productividad primaria del fitoplancton y las concentraciones de clorofila *a* en el humedal del río Cruces. Los únicos datos disponibles provienen del sector de Cabo Blanco (S. Woelfl, datos no publicados), y muestran un notable aumento de la productividad primaria y de clorofila *a* (factor cinco), y una disminución de la capa eufótica entre los años 2003 y 2006 (Tabla 2). No está claro, si estos resultados indican solo un aumento de la densidad de las microalgas y/o un cambio de especies fitoplanctónicas o de otros factores abióticos y bióticos. Es factible en este contexto suponer, que dicho incremento en abundancia, podría ser causado por la ahora disminución de gran parte de la biomasa de macrófitas y en consecuencia, la disminución de la competencia por nutrientes entre el fitoplancton y las macrofitas.

Tabla 2. Productividad primaria (PP), clorofila *a* (Chl a) y número de asimilación (PP/Chl a) en Cabo Blanco durante el 6 de Marzo de 2003 y el 6 de Marzo de 2006.

	06/03/2003			06/03/2006		
m	PP **(µg/l * h)** Promedio ± DS	Chl a **(µg/l)**	PP/Chl a	PP **(µg/l * h)** Promedio ± DS	Chl a **(µg/l)**	PP/Chl a
0	2,5 ± 0,2	4,8	0,9	61,6 ± 4,5	8,6	7,2
0,5	17,9 ± 0,4	4,1	4,4	94,9 ± 12,6	12,6	7,5
1	19,3 ± 0,6	2,6	7,4	120,0 ± 1,3	21,5	5,6
1,5	18,4 ± 0,9	2,6	7,1		21,7	3,2
2	18,4 ± 0,2	2,7	6,8	69,7 ± 22,1	21,7	3,2
3	13,8 ± 1,1	2,7	5,1	24,8 ± 0,2	11,8	2,1
4	9,9 ± 0,3	1,9	5,2	1,5 ± 2,0	9,5	0,2
5	4,4 ± 1,0	2,8	1,6			
6	3,8 ± 0,2	3	1,3			
7	1,5 ± 0,1	2,8	0,6			

ii) Objetivo general

Monitorear la comunidad fitoplanctónica y su productividad primaria dentro del Santuario y en cuaces aledaños, para evaluar efectos nutritivos y de eutroficación dentro del humedal.

iii) Objetivos específicos

1) Determinar las fluctuaciones temporales de los ensambles fitoplanctónicos en base a registros de presencia, abundancia y biomasa microalgal.
2) Determinar las fluctuaciones de los ensambles fitoplanctónicos en relación a ciclos mareales.

3) Determinar la distribución espacial de la clorofila *a* a través de gradientes horizontales y verticales.
4) Determinar la variabilidad estacional de la productividad primaria.

iv) Materiales y métodos

Recolección de las muestras: Los muestreos se realizarán en cinco sitios: tres al interior del humedal (sectores San Luis, Santa María y San Ramón, estaciones 3, 4 y 7), uno en el canal mareal Cau Cau (estación 8) y otro en el río Calle Calle (estación 9) (Fig. 9). Las estaciones fueron seleccionados de tal manera que cubran dentro del humedal la zona con mayor y menor influencia mareal a largo del mismo, en comparación con un lugar de control (estación 9, río Calle Calle) y una zona intermedia (estación 8, canal mareal Cau Cau). La toma de muestras se llevará a cabo desde una embarcación menor, inicialmente con una periodicidad mensual, para posteriormente en época primavera - verano, realizarlo quincenalmente.

Análisis de fitoplancton: El análisis fitoplanctónico incluirá todos los grupos fitoplanctónicos, es decir todo el plancton autotrófico (microalgas ubicadas en la masa de agua). Se registrarán también otros organismos mixotróficos que eventualmente pudieran estar incorporados al ensamble (como en cualquier ambiente acuático). No se analizará la fracción picoplanctónica, que por definición y metodología no se incluye en el fitoplancton. El fitoplancton será colectado en botellas de 100 ml y fijadas con Lugol (Wetzel & Likens, 1991. Limnological Analyses). Los análisis se realizarán en el Instituto de Botánica de la UACh, previo período de sedimentación de 48 horas y de acuerdo a metodología de transectos (Utermöhl, 1958). Se observarán y registrarán cuantitativamente las microalgas bajo microscopio fotónico tipo invertido Nikon, con aumento de 400x y en cámaras de recuento de capacidad volumétricca acorde a las abundancias celulares (5, 10 ,15 ml). La clasificación taxonómica será apoyada por literatura relacionada a taxa fitoplanctónicos de aguas continentales de Chile (Parra et al., 1982, Parra & Bicudo, 1998). Se estimarán las densidades totales y los aportes de cada grupo de microalgas presentes en cada sitio y fecha de muestreo, mediante

transformaciones volumétricas, con proyección a 1000 ml (1 L). Se utilizará un coeficiente de variación de 10% (Javornicky, 1958). Las microalgas serán clasificadas según sus características en las correspondientes clases fitoplanctónicas. Para la determinación de biomasa, se determinarán en primer lugar los biovolúmenes y en base a estos, se calculará el Carbono, utilizando el factor 0,2 pg C pg C/μm^3 (no diatomeas) y 0,1 pg C/μm^3 (diatomeas) (Wetzel & Likens, 1991).

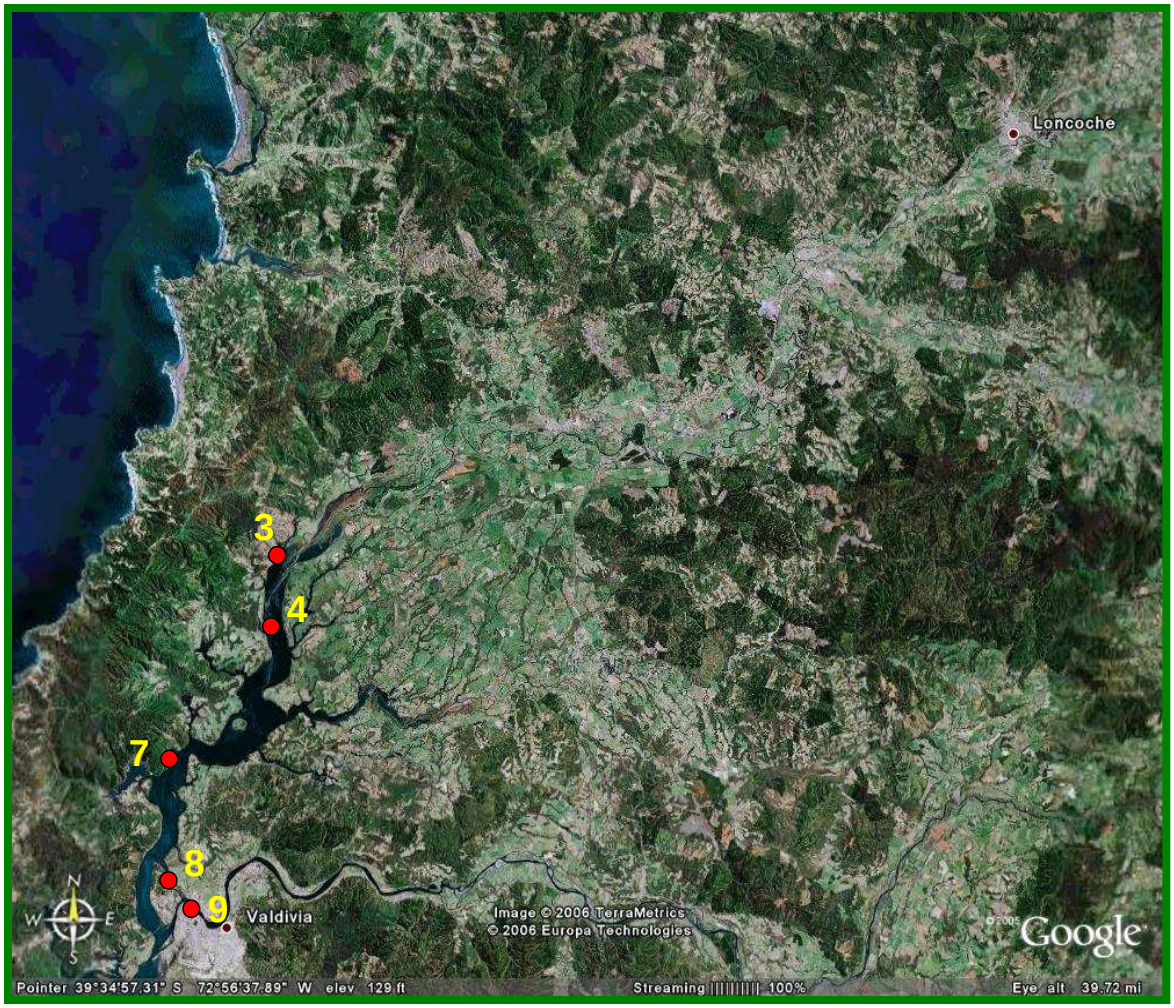


Figura 9. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo del fitoplancton. 3 = río Cruces, sector San Luis, 4 = río Cruces, sector Santa María, 7 = río Cruces, sector San Ramón, 8 = canal mareal Cau Cau, 9 = río Calle Calle, sector ASENAV. En las estaciones 3 a 9 también se monitoreará calidad de agua (*cf.* Fig. 1).

Determinación de clorofila *a*: Para determinar la clorofila *a* (indicador de biomasa), se usará un fluorómetro (WETLABS), con el cual se pueden registrar perfiles vérticales en forma rápida. En algunas ocasiones y como medida de autocontrol, se

medirá la clorofila *a* con el método de extracción con 90% acetona (SCOR - UNESCO 1969). El fluorómetro se calibrará con clorofila *a* estándar en comparación con el método espectrofotométrico.

Análisis de productividad primaria: Esta se determinará usando el método de C^{14} (Dokulil 1984). Se realizarán incubaciones de 10-12 muestras en un perfíl vértical en la zona eufótica durante cuatro horas a mediodía en dos diferentes estaciones en el Santuario y una estación control. Junto con las mediciones de clorofila *a* y de la atenuación de la radiación PAR (medida con LICOR LI1000) se pueden establecer curvas P-I, que permiten realizar una caracterización detallada de la respuesta fotosintética (P_{max}, limitación, inhibición) y el número de asimilación en relación con el perfil lumínico en la columna del agua. Los análisis de las muestras se realizarán en el Instituto de Zoologia de la UACh (Laboratorio de análisis químicos y radioactivos).

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación objetivo específico 1:

Recolección de muestras mensuales y/o quincenales en los cinco sitios de muestreo y análisis de laboratorio para determinación de las especies, abundancias y biomasas de las mismas.

En relación a objetivo específico 2:

Obtención estacional de muestras en aguas superficiales y de fondo en el sitio 6 (Punucapa) a intervalos de 30 minutos durante un ciclo mareal.

En relación a objetivo específico 3:

Obtención mensual de perfiles vérticales de clorofila *a* en los cinco sitios de estudio, además de otros a fin de realizar extrapolación de la distribución espacial de la biomasa de algas.

En relación a objetivo específico 4:

Medición mensual de la productividad primaria en dos estaciones dentro del humedal (San Luis y Punucapa) y en una estación control, fuera de este (río Calle Calle).

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Jorge Jaramillo y Stefan Woelfl, además de un asistente de terreno y otro de laboratorio.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **5145.97 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	691.71	691.71	691.71	691.71	2766.85
Gastos operacionales	499.78	499.78	499.78	499.78	1999.12
Inversión	380.00	0.00	0.00	0.00	380.00
Total	1571.49	1191.49	1191.49	1191.49	**5145.97**

4.1.2.2. Macrófitas acuáticas. <u>Investigador Responsable: Dr. Angélica Casanova</u>.

i) Antecedentes

Los resultados expuestos en el Estudio de Línea Base del Proyecto Valdivia de CELCO, con respecto al análisis del estado de la vegetación realizado durante el invierno de 1995 y el verano de 1996, muestran que *Egeria densa* ocurría hasta aproximadamente cuatro metros de profundidad en los bordes del cauce principal del río Cruces, junto a plantas como *Potamogeton lucens* L. y *P. berteroanus* Phil*.* En las zonas de bañados dominaban *Egeria densa* Planch*., Elodea canadensis* Michx*, Utricularia gibba* L*., Juncos bulbosus* L. y *Miriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. Dependiendo de la naturaleza del sustrato, la profundidad del agua y la velocidad de la corriente, fue posible reconocer cuatro patrones de zonación para el área. La comunidad sumergida de Luchecillo (*Egeria densa* Planch.), era la de mayor extensión en el Santuario con *ca*. 23 Km^2 durante el verano y la tercera más productiva (3.013 ton peso seco en el verano).

Estudios realizados durante el verano del 2006 en el humedal del río Cruces y cauces adyacentes, con el fin evaluar el estado actual de la composición y zonación de la vegetación muestran: i) ausencia del Luchecillo en el río Cruces y abundancia y florecimiento del mismo en las riberas del río Calle Calle, ii) mayor diversidad de especies en lagunas aledañas al río Cruces (sectores de aguas someras sin movimiento), y iii) las especies *Ludwigia peploides* (Kunth) Raven (clavito de agua, especie nativa) y *Nymphaea alba* L (loto, especie introducida) y varias especies de totoras y junquillos nativos (*Cyperus eragrostis* Lam.)*, Juncus dombeyanus* J. Gay. Ex Lah. y *J. procerus* E. Meyer) fueron las plantas que presentaron la mayor cobertura en el humedal del río Cruces. Sin embargo, las conclusiones anteriores son el reflejo de muestreos puntuales y no mantenidos en el tiempo; por lo que se postula que la desaparición del Luchecillo ha resultado en cambios sucesionales de macrófitas (reemplazo de *Egeria densa* por otra u otras plantas) en el humedal. La información

acerca de la dinámica del ensamble de macrófitas es necesaria, ya que tanto éstas comunidades de macrófitas como las de aves acuáticas, además de las de invertebrados bentónicos que habitan en los fondos donde se asientan esas plantas y las de peces que consumen esos invertebrados, podrían estar siendo afectadas por una serie de factores adicionales. Para paliar esta situación, se propone monitorear estacionalmente el ensamble de macrófitas acuáticas del humedal del río Cruces y cauces aledaños.

ii) Objetivo general

Monitorear de forma estacional el ensamble de macrófitas acuáticas del humedal del río Cruces y cauces aledaños.

iii) Objetivos específicos

1) Realizar mediciones de cobertura y biomasa de las plantas más comunes del ensamble de macrófitas acuáticas del humedal del río Cruces y cauces adyacentes.
2) Determinar los sitios de mayor diversidad de macrófitas en el área de estudio.
3) Determinar estacionalmente algunas propiedades ecofisiológicas de las especies de macrófitas más comunes del humedal.

iv) Materiales y métodos

Muestreos de terreno: Para caracterizar la distribución espacial de la diversidad y cobertura de macrófitas acuáticas se realizarán transectos estacionales de ancho mayor a 3 m y longitud variable (dependiendo de la topografía del sitio de muestreo), perpendiculares a la orilla del cuerpo de agua y subdivididos en tres niveles (Alto, Medio y Bajo desde la tierra hacia el agua) y equi-espaciados. El nivel Alto corresponderá en gran parte a la vegetación terrestre, Medio a especies de transición y el Bajo a especies sumergidas. La abundancia relativa (porcentaje de cobertura vegetal) de las macrófitas

será registrada mediante un muestreo aleatorio, usando un cuadrante de 1 m^2 con 36 puntos de intersección (100%). El registro de variables al interior de cada cuadrante considera el número y abundancia relativa de los ítems taxonómicos identificados (especies). Tratando de ser lo menos destructivo posible, se tomarán muestras de la biomasa de macrófitas en un área de 25 x 25 cm. Se muestreará en siete sitios: San Luis, Santa María y San Ramón en el río Cruces, ríos Pichoy y Cayumapu, canal mareal Cau Cau y río Calle Calle (Fig. 10). Se eligen estos sitios debido a que en los mismos se realizarán estudios de calidad de agua y sedimentos (Proyectos 4.1.1.1 y 4.1.1.4, respectivamente).

Paralelamente, se realizarán mediciones estacionales *in situ* de fluorescencia de la clorofila *a* en las especies vegetales en estudio con un fluorimetro modulado (DIVING- PAM, WALZ, Alemania) para especies vegetales sumergidas y con un FMS II (Hansatech, UK) para especies de la zona de transición y de la zona Alta (especies terrestres). Dado que el fotosistema II del aparato fotosintético es sensible a estrés ambiental, responde rápidamente a los cambios ambientales, lo que se puede observar y medir directamente a través del parámetro F_V/F_M, que indica la eficiencia fotosintética del fotosistema II, así como los mecanismos que utilizan estas especies para disipar la luz y responder a la variables ambientales (radiación y temperatura, entre otras) de cada zona. Se recolectarán además muestras foliares para determinar algunas propiedades fisiológicas. En este contexto, cambios en el contenido de carbohidratos están relacionados con las tasas de fotosintesis y crecimiento, entre otros. Asimismo, variaciones en el contenido de pigmentos fotosintéticos y principalmente la relación clorofila *a/b*, indicarían efectos estresantes del ambiente en que se desarrolla la planta. Por otro lado, un incremento de los compuestos absorvedaores de UVB estaría relacionado con la respuesta al aumento de la radiación UVB en vegetales. Finalmente, el análisis de los macronutrientes entregaría valiosa información relacionada por un lado con la absorción de elementos del ambiente bajo las diversas condiciones a que están expuestas las plantas y podrán ser relacionados con la acumulación de biomasa total.

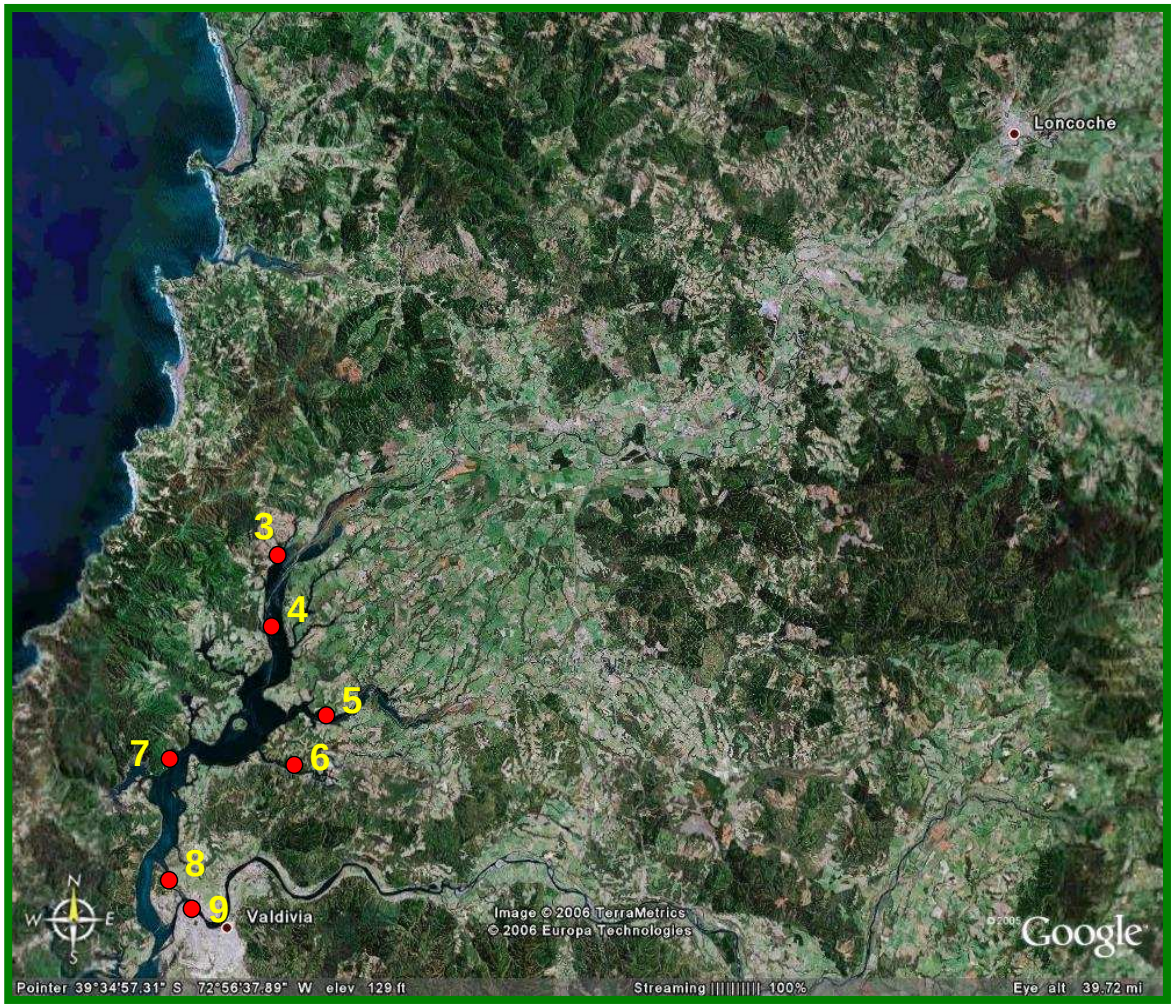


Figura 10. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de macrófitas acuáticas. 3 = río Cruces, sector San Luis, 4 = río Cruces, sector Santa María, 5 = río Pichoy, 6 = río Cayumapu, 7 = río Cruces, sector San Ramón, 8 = canal mareal Cau Cau, 9 = río Calle Calle, sector ASENAV. En las estaciones 3 a 9 también se monitoreará calidad de agua y sedimentos (*cf.* Fig. 1 y Fig. 5).

Análisis de laboratorio: se identificará taxonómicamente la biomasa vegetal, para luego cuantificar el peso húmedo y seco de cada especie (obtenido a 80º C por 48 horas o hasta obtener un peso constante). Previamente al secado del material, se determinarán algunas propiedades fisiológicas de las plantas (carbohidratos totales, pigmentos fotosintéticos y absorvedores de radiación ultravioleta B, así como un análisis de macronutrientes NPK.

Análisis estadísticos: La distribución espacial (zonación) de las macrófitas será analizada mediante análisis estadísticos univariados (ANDEVA, Tukey HSD, BACI) y

multivariados (e. g. MDS, cluster) (Carr 1997; Sokal & Rohlf 1995; Stewart-Oaten & Bence 2001, Underwood 1992). Los datos permitirán establecer la variabilidad espacial en la zonación y abundancia de las especies de macrófitas acuáticas y realizar comparaciones cualitativas con el patrón de zonación y sucesión de plantas registrada por estudios previos (cf. Ramírez et al. 1991); en otras palabras, antes de la degradación ambiental del mismo.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Realización de muestreos estacionales en las localidades seleccionadas a fin de obtener valores de cobertura y biomasa de las macrófitas acuáticas. Confección de esquemas de zonación en base a valores de cobertura y biomasa.

En relación a objetivo específico 2:

Realización de cálculos de riqueza de especies, diversidad y equitatividad y análisis estadísticos multivariados para diferenciar conjuntos de especies característicos de localidades o sitios de muestreo.

En relación a objetivo específico 3:

Mediciones estacionales de fluorescencia de la clorofila, en curso diario para las macrófitas en estudio, así como recolección de muestras para análisis de carbohidratos totales, pigmentos fotosintetizadores y absorvedores (Casanova et al. 2005, Ibarra et al. 2006). Análisis estadístico de los resultados.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por la Dra. Angélica Casanova, los Drs. Nelson Lagos y Eduardo Jaramillo y dos asistentes de terreno y laboratorio.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **3284.49 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	303.87	303.87	303.87	303.87	1215.47
Gastos operacionales	71.82	82.87	99.45	99.45	353.59
Inversión	1715.43	0.00	0.00	0.00	1715.43
Total	2091.12	386.74	403.31	403.31	**3284.49**

4.1.2.3. Macroinfauna de fondos sedimentarios. Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo.

i) Antecedentes

Los invertebrados bentónicos son uno de los objetivos más comunes en la estimación de la calidad ambiental de los fondos acuáticos (Southerland & Stribiling, 1995), debido a que ellos son un componente fundamental del ecosistema al proveer de alimento a un conjunto de otros organismos. La estructura poblacional y comunitaria de estos organismos depende de factores tales como la hidrodinámica, la granulometría del substrato, la concentración de materia orgánica y la concentración de contaminantes entre otros (Castelli et al. 2004). Por lo tanto, estos organismos son capaces de responder a cambios ambientales (como por ejemplo, enriquecimiento orgánico del fondo y eventos de contaminación), tanto a nivel comunitario (cambios en la jerarquía de dominancia de las especies) como poblacional (acumulación de tóxicos en sus

tejidos corporales). Por lo anterior, muchos de estos organismos han sido ampliamente utilizados como biondicadores de disturbios medioambientales. Por ejemplo, los invertebrados bentónicos han sido utilizados para estimar el efecto de los residuos domésticos e industriales sobre el medioambiente acuático (Castelli et al., 2004). Rabalais & Flint (1983) encontraron que la población de anfípodos haustóridos de la costa de Texas (USA) disminuyó significativamente después del derrame de petróleo del barco IXTOC-1. Estudios de laboratorio, han demostrado que el anfípodo *Corophium volutator* reduce significativamente sus niveles de reclutamiento cuando es sometido a la exposición e ingestión de metales traza (Conradi & Depledge, 1998). Los resultados de un sinnúmero de trabajos de campo, han mostrado una correlación entre el incremento de la contaminación del sedimento por metales pesados, con la disminución en la riqueza de especies, así como con cambios en la estructura comunitaria del bentos (e. g. Phillips & Rainbow, 1994, Warwick, 2001).

De lo anterior se desprende que el conocimiento de la variabilidad espacio temporal de la estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica de fondos sedimentarios, es una de las herramientas más eficaces para evaluar cambios fisico - químicos del ambiente, ya sean estos producidos por procesos naturales o de origen antropogénico.

Para el humedal del río Cruces, existen escasos antecedentes sobre los atributos comunitarios de la macroinuna bentónica. Básicamente, existe una serie de datos temporales para el sector superior y medio superior del mismo (sectores San Luis - Santa María). En este contexto, se propone realizar muestreos de fondos sedimentarios aguas arriba y dentro del Santuario, en afluentes del mismo y en ríos adyacentes a Valdivia. De este modo se evaluará el efecto del gradiente ambiental (calidad de agua) existente en el humedal (e.g. fondos afectados por aguas turbias *vs.* fondos libres de la presencia de esas aves).

ii) Objetivo general

Evaluar la variabilidad espacio temporal de la estructura comunitaria de la macroinfauna, en fondos sedimentarios del río Cruces y cauces adyacentes.

iii) Objetivos específicos

1) Evaluar la variabilidad espacio temporal de la composición taxonómica de la macroinfauna bentónica.
2) Evaluar la variabilidad espacio temporal en la riqueza de especies, abundancia y biomasa total de la macroinfauna.
3) Evaluar la variabilidad espacio temporal de las relaciones abundancia-biomasa (curvas Abundancia - Biomasa).

iv) Materiales y métodos

Área de estudio y periodicidad de los monitoreos: Para la realización de este estudio se han seleccionado las mismas estaciones de muestreo seleccionadas para análisis de calidad de sedimento (Fig. 5), con excepción de las estaciones 1 y 2 seleccionadas para ese análisis y donde dado la naturaleza del sustrato, es preferible trabajar con fauna ritral y no sedimentaria. Por lo tanto, para este Proyecto se obtendrán muestreos en las estaciones numeradas 3 a 9 (Fig. 11). La periodicidad de los muestreos será estacional, cada tres meses.

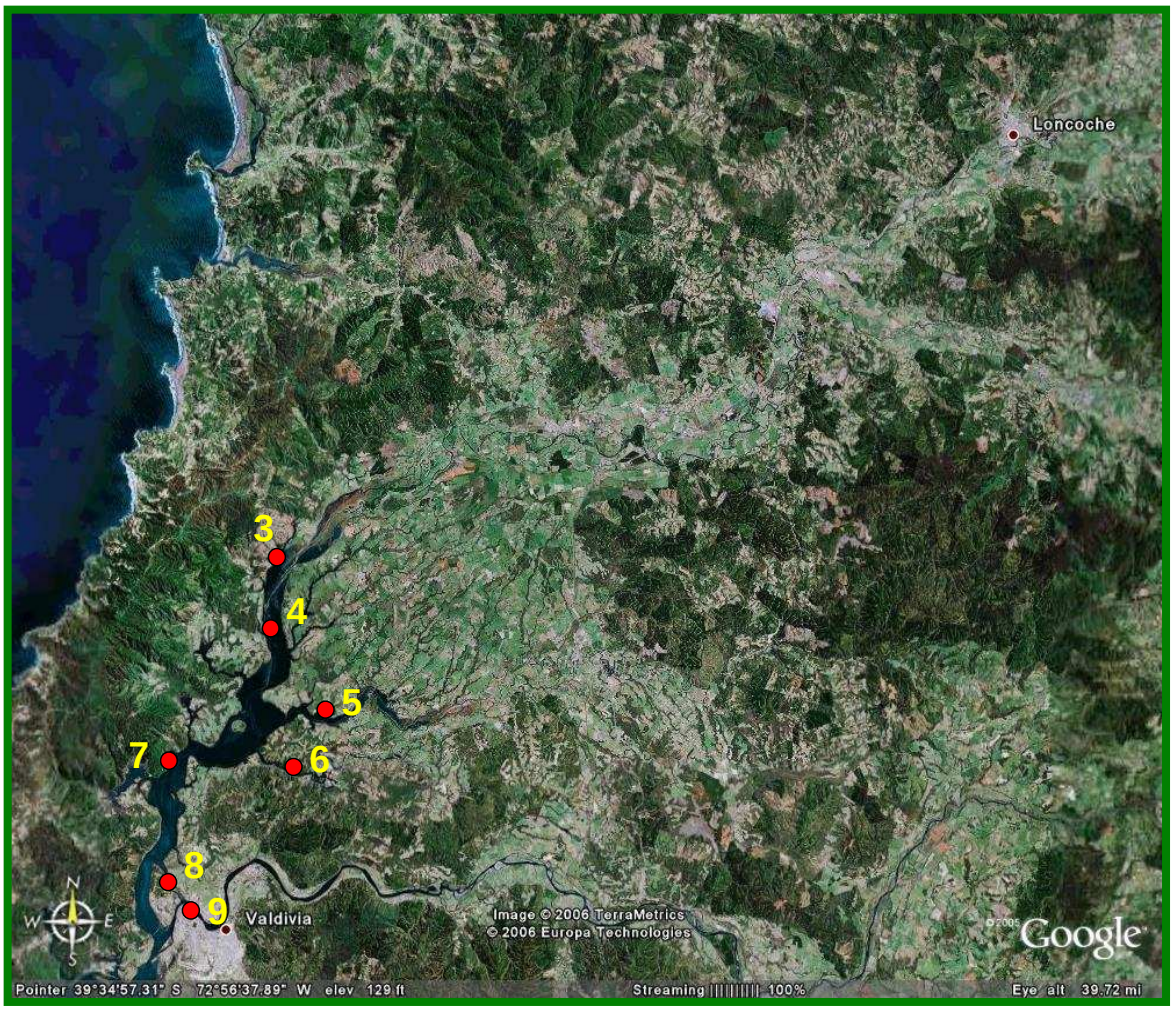


Figura 11. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de macroinfauna de fondos sedimentarios. 3 = río Cruces, sector San Luis, 4 = río Cruces, sector Santa María, 5 = río Pichoy 6 = río Cayumapu, 7 = río Cruces, sector San Ramóm, 8 = canal mareal Cau Cau, 9 = río Calle Calle, sector ASENAV. En las estaciones 3 a 9 también se monitoreará calidad de agua y sedimentos (*cf.* Fig. 1 y Fig. 5).

Recolección y tratamiento inicial de las muestras: Las muestras se recolectarán con una draga PONAR de 0.05 m^2 de área. En cada estación de muestreo, se obtendrán cuatro réplicas para la caracterización de la macroinfauna. Los sedimentos recolectados serán filtrados en terreno en mallas de 500 µm de abertura y el residuo biológico será guardado en formalina al 5% hasta su posterior análisis en laboratorio.

Estructura comunitaria de la macroinfauna: El residuo proveniente de la filtración de las muestras a través de mallas de 500 micrones de trama (ver arriba), se analizará bajo lupa binocular para identificación y recuento de la macroinfauna. La identificación de los taxa se realizará hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Posteriormente, todos los organismos se secarán (80℃ por 72 horas) y calcinarán (550℃ por 4 horas), para llevar a cabo estimaciones de biomasa (*i.e.,* peso seco libre de cenizas).

Análisis estadísticos*:* Se realizarán análisis de varianza de una y dos vías (ANDEVA) (Sokal & Rolhf, 1995) con el objetivo de evaluar eventuales diferencias en la abundancia y biomasa total, en el número de especies y diversidad entre las distintas estaciones y fechas de monitoreo.

Las relaciones biológicas de los sedimentos entre estaciones y fechas de monitoreo, se evaluarán mediante análisis mutivariados de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM) y análisis de similitudes (ANOSIM). Estos análisis se basarán en una matriz de similitud calculada mediante la distancia de Bray-Curtis. Estos análisis se realizarán con el programa PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) (Carr, 1997).

Los resultados de los análisis de EMDNM se graficarán en dos dimensiones, con el objetivo de visualizar eventuales relaciones entre las estaciones de muestreo. En este tipo de gráficos, las estaciones que muestren mayor similitud aparecerán menos distanciadas entre sí.

Los datos de abundancia y biomasa se utilizarán para confeccionar curvas de valores porcentuales acumulativos de abundancia y biomasa (curvas ABC; Warwick, 1986; Warwick & Clarke, 1991). El análisis de este tipo de curvas ha sido una técnica estándar para evaluar el grado de “salud ambiental” de un determinado habitat (e. g. Warwick 1986, Warwick et al. 1987). Sin embargo, eventos poblacionales como

reclutamientos (i.e. presencia de numerosos individuos pequeños con baja biomasa) pueden alterar significativamente tales análisis (cf. Beukema 1988).

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Estudio de la composición taxonómica de la macroinfauna e identificación de los principales grupos taxonómicos y su utilidad como bioindicadores. Análisis de los resultados obtenidos.

En relación a objetivo específico 2:

Estimación de la riqueza de especies y la abundancia y biomasa total de la macroinfauna. Evaluación de eventuales patrones estacionales y espaciales de esos atributos comunitarios. Análisis de las relaciones faunísticas entre las distintas estaciones de monitoreo y su variabilidad estacional, tanto dentro de la estación como entre estaciones. Identificación de los principales componentes que influyen sobre las eventuales diferencias entre la estructura comunitaria de las diferentes estaciones y fechas de monitoreo.

En relación a objetivo específico 3:

Evaluación de la condición ambiental de las distintas estaciones de monitoreo a través de la estimación de las relaciones de abundancia-biomasa (curvas AB). Interpretación de los resultados de esas curvas en relación a las características de calidda de agua y sedimentos de esas estaciones.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Eduardo Jaramillo y Heraldo Contreras, la M.Sc. Marcia González y la Bióloga Marina Karin Acuña.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **4707.18 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	596.69	596.69	596.69	596.69	2386.74
Gastos operacionales	331.49	110.50	110.50	110.50	662.98
Inversión	1657.46	0.00	0.00	0.00	1657.46
Total	2585.64	707.18	707.18	707.18	**4707.18**

4.1.2.4. Macrobentos de fondos ritrales. Investigadores Responsables: Dr. Carlos Jara y M.Sc. Maritza Mercado.

i) Antecedentes

Los invertebrados bentónicos de fondos ritrales, como insectos acuáticos, moluscos y anélidos, han sido comúnmente utilizados para evaluar la calidad del agua y del ambiente en cuerpos acuáticos. Estos invertebrados son generalmente abundantes, relativamente fáciles de recolectar y tienen el tamaño suficiente como para ser observados sin la necesidad de contar con infraestructura sofisticada. Las comunidades zoobentónicas son conjuntos de poblaciones de diferentes especies, las que difieren en sus historias de vida, modo de utilizar el espacio y en la alimentación. Sin embargo,

tienen en común compartir un mismo ambiente, de manera que la estructura de la comunidad responde y refleja las condiciones prevalentes en el sitio. Por ello constituyen un testigo del pasado reciente. De allí que el seguimiento de tales comunidades en el tiempo puede informar de alteraciones o modificaciones del escenario ambiental que no son fáciles de detectar a través del registro puntual e instantáneo de la calidad química o física del agua. La comunidad zoobentónica puede incluso dar cuenta de eventos fortuitos, ignorados por el observador por ser de ocurrencia no periódica y estocástica. Los rangos de tolerancia a modificaciones del ambiente difieren entre las especies. Por ello, la EPA (United States Environment Protection Agency, 1999), al igual que muchos otros organismos encargados de la evaluación ambiental, utilizan el rango de tolerancia de algunas especies bentónicas como indicadores de situaciones de riesgo para la conservación del ecosistema y de su salud ambiental.

En la porción del río Cruces comprendida entre el sector de Ciruelos y Cahuincura, la campaña de muestreos de Enero del 2005 detectó la siguiente situación (Informe UACh-CONAMA 2005) referida a seis estaciones de muestreo: estaciones 1 y 2, ubicadas aguas arriba del efluente de la Planta Valdivia de CELCO y estaciones 3, 4, 5 y 6, ubicadas aguas debajo de ese efluente:

a) La comunidad de invertebrados bentónicos estuvo compuesta por 31 taxa, entre familias y subfamilias.
b) La abundancia global promedio de invertebrados bentónicos por estación varió entre 11900 ind/m^2 (estación 1) y 28700 ind/m^2 (estación 4), coincidiendo la abundancia más alta con una estación ubicada aproximadamente 1500 m aguas abajo del efluente de CELCO.
c) La riqueza taxonómica varió entre 18 (estación 1) y 26 (estación 3) taxa por estación. La mayor riqueza taxonómica ocurrió en las estaciones 2 y 3, disminuyendo en las estaciones 4 y 5. La declinación de la riqueza de especies en las estaciones 4 y 5, sugiere un impacto por parte de los riles del efluente de CELCO, lo que es evidenciado por la subsecuente recuperación de la riqueza taxonómica en la estación 6.

d) Las abundancias individuales más altas correspondieron a Chironomidae Orthocladinae en la estación 4 (14.341 ind/m^2) y a Trichoptera Hydropsychidae en la estación 5 (7.126 ind/m^2). Los Orthocladinae son recolectores de sedimento, mientras que los Hydropsichydae son recolectores de materia orgánica particulada. Ello indica que el ambiente bentónico de esos sitios contiene abundante materia orgánica, ya sea como depósito inerte o como perilitofiton (comunidad de microalgas bentónicas adheridas a la superficie de los clastos del fondo del río).

La situación a Enero del 2006 es esencialmente la misma a la de Enero del 2005, salvo que los valores de riqueza taxonómica en todas las estaciones fueron más altos (Tabla 2). En cambio, los valores globales de abundancia por estación fueron notoriamente menores que en enero 2006. Sin embargo, la distribución geográfica de los valores mantiene la misma tendencia que en el 2005. Así, los valores más altos de riqueza taxonómica en ambos períodos de muestreo ocurrieron en la estación 3, inmediatamente abajo del efluente de CELCO, mientras que el valor más alto de abundancia ocurrió en la estación 4, 1500 m abajo del punto de ingreso del efluente industrial al río.

Tabla 3. Riqueza taxonómica y abundancia de los invertebrados bentónicos en el río Cruces, aguas arriba (estaciones 1 y 2) y aguas abajo del efluente de la Planta Valdivia de CELCO, durante Enero del 2005 y 2006.

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4 Rucaco	Estación 5 Sn. José Mariquina	Estación 6 Cahuincura
Nº de taxa						
Enero 2005	18	25	26	23	18	25
Enero 2006	22	25	30	29	26	29
Abundancia ind/m^2						
Enero 2005	11903	16287	13010	28698	22809	21676
Enero 2006	7136	8502	8525	19306	5918	8147

ii) Objetivo general

Evaluar la condición ambiental a través de la composición taxonómica y estructura funcional de la comunidad macrozoobentónica de fondos ritrales en el río Cruces, aguas arriba y aguas abajo del efluente de descarga de riles de la Planta Valdivia de CELCO.

iii) Objetivos específicos

1) Describir con frecuencia estacional la taxocenosis macrozoobentónica del ambiente ritral en cuatro sitios del río Cruces: sector Ciruelos, sector ubicado inmediatamente aguas abajo de CELCO, Rucaco y San José de la Mariquina.
2) Evaluar la integridad biológica de la comunidad macrozoobentónica en su rol de indicadora de calidad ambiental, aplicando técnicas numéricas relativas a riqueza de especies, densidad, diversidad y equitatividad en cada sitio de muestreo.
3) Comparar la calidad ambiental, inferida de la integridad biológica de la comunidad macrozoobentónica, entre sitios, con el fin de detectar eventuales alteraciones del patrón de distribución a nivel local.

iv) Materiales y métodos

Estaciones de muestreo: se muestreará estacionalmente en cuatro estaciones, distribuidas de tal modo que permitan conocer las condiciones ambientales "normales" prevalentes en el río Cruces y sus eventuales alteraciones río abajo de la Planta Valdivia de CELCO. La ubicación de estas estaciones será: estación 1: sector Ciruelos; ubicada aproximadamente 3 km aguas arriba de CELCO (este sitio de muestreo proporcionará las condiciones de control o referencia para las estaciones subsiguientes), estación 2: sector CELCO; ubicada aproximadamente 100 m aguas abajo de la descarga de CELCO (sitio afectado por la pluma de difusión de los riles en el río), estación 3: sector Rucaco; ubicada aproximadamente 1500 m aguas debajo de CELCO y estación 4: orillas del río Cruces frente a San José de la Mariquina (Fig.12).

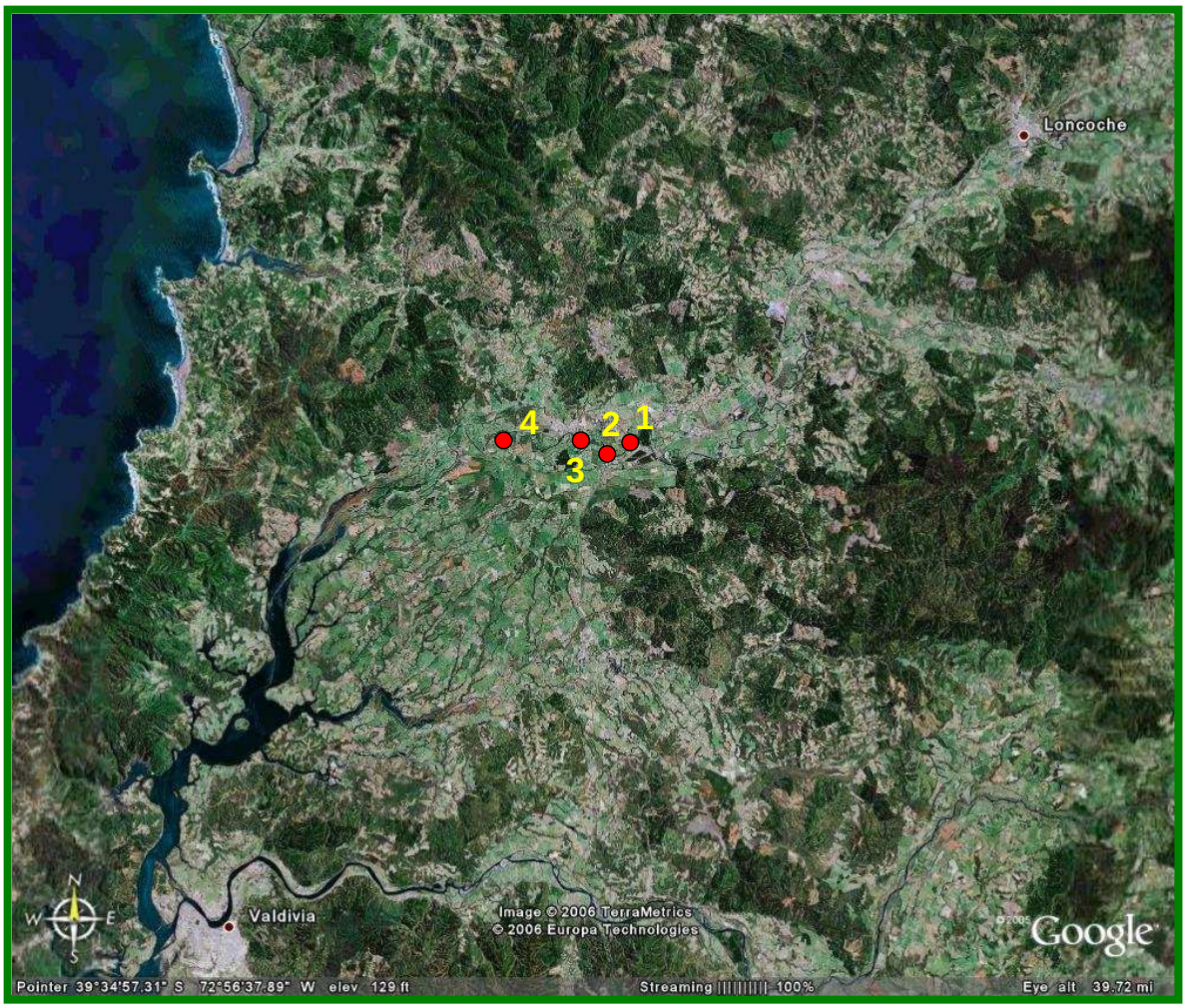


Figura 12. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de invertebrados bentónicos de fondos ritrales. 1 = río Cruces, sector Ciruelos, 2 = río Cruces, 60 metros abajo de la descarga de la planta Valdivia de CELCO, 3 = río Cruces, sector Rucaco y 4 = río Cruces, sector San José de la Mariquina.

Comunidad macrozoobentónica: esta será evaluada mediante dos tipos de muestreos: red Surber y bloques de sustrato artificial estacionarios, que proporcionarán réplicas de la comunidad que habitualmente vive en el sustrato de cada estación de muestreo. Los bloques se utilizarán como muestras complementarias a las obtenidas con red Surber y en forma suplementaria toda vez que el nivel del agua impida la toma de muestras con red Surber (invierno). En ambos casos, la técnica de muestreo será de carácter cuantitativo. Estacionalmente se obtendrán cinco réplicas por sitio de muestreo (cinco Surber y cinco bloques). Los invertebrados recolectados serán fijados y

conservados en etanol 90º. La separación de los individuos de la comunidad para su determinación taxonómica se realizará en laboratorio, con ayuda de lupas estereoscópicas y microscopio. Las muestras serán depositadas en la Colección del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile, de manera que estarán a disposición de quien estime conveniente revisarlas.

Para la comparación numérico estadística de la composición de la comunidad macrozoobentónica entre sitios se aplicará el programa Biodiversity Pro.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Realización de muestreos estacionales a partir de la primavera (Octubre) del 2006 hasta la primavera del 2010. Instalación anual (otoño) de los bloques para colonización por parte de la macrofauna bentónica, considerando un total de 20 unidades por sitio (80 en total). En cada ocasión de muestreo se extraerán cinco bloques. Simultáneamente con la extracción de los bloques, se extraerán cinco muestras tomadas con red Surber, siempre y cuando la profundidad del agua permita la operación de la red.

En relación a objetivo específico 2:

Aplicación de la información sobre composición taxonómica y densidad de la comunidad macro-zoobentónica de cada sitio, uso de técnicas numéricas para determinar riqueza de especies, densidad, diversidad y equitatividad, de modo de hacer comparable la información entre sitios.

En relación a objetivo específico 3:

Aplicación de técnicas numéricas y de referencia para evaluar la calidad ambiental (Barbour *et al*., 1999) de cada sitio, inferida de la integridad biológica de la comunidad macrozoobentónica. Estos datos permitirán comparar la calidad ambiental entre sitios y detectar eventuales alteraciones del patrón "normal" de distribución de los valores en el tramo de influencia de la descarga de riles de la Planta Valdivia de CELCO.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por el Dr. Carlos Jara, la M.Sc. Maritza Mercado (Consultora Benthos) y dos asistentes de terreno y laboratorio.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2908.12 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	574.36	574.36	574.36	574.36	2297.46
Gastos operacionales	83.75	63.49	71.24	63.49	281.99
Inversión	328.67	0.00	0.00	0.00	328.67
Total	986.79	637.86	645.61	637.86	**2908.12**

4.1.2.5. Ictiofauna. Investigador Responsable: Dr. Germán Pequeño.

i) Antecedentes

El humedal del río Cruces constituye un cuerpo de agua muy joven, el cual ha sido invadido tanto por especies de peces nativas, como introducidas. Dichas especies han pasado a constituir un grupo importante de la fauna acuática del humedal, tanto por el número de especies, como por el número de individuos, aún cuando se desconocen cifras logradas sobre la base de estudios anuales y tampoco hay antecedentes sobre biomasa.

La situación descrita exige un conocimiento lo más acabado posible, sobre los organismos que habitan en el humedal, así como también de los componentes inertes, con los cuales se conforma todo un ecosistema. Entre los componentes vivos, están los peces y vertebrados afines (e.g. los Ciclóstomos). Tales peces, constituyen un grupo animal de importancia en las cadenas tróficas, así como también son de interés en otros aspectos (turístico, recreacional, alimentación, etc.). Un estudio de su composición taxonómica como grupo, debe revelar probablemente que en el humedal, habita una buena proporción de las especies propias de las aguas dulces del sur de Chile, especialmente aquellas endémicas.

Los antecedentes que actualmente existen sobre la ictiofauna del río Cruces dicen relación con el Estudio de Línea Base del Proyecto Valdivia de CELCO y muestreos realizados durante el período estival 2004-2005 (Estudio UACh-CONAMA) y 2006. Tales estudios permiten obtener una aproximación taxonómica de la ictiofauna del área; sin embargo, para el caso de abundancias relativas y otros aspectos biológicos, solamente se cuenta con material preservado, el mismo que ha servido para hacer una base comparativa de presencia-ausencia entre los estudios de los años 2005 y 2006, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación según Presencia (x) - Ausencia de peces en la porción superior del humedal del río Cruces durante tres períodos de muestreo: Estudio línea base CELCO (1997), Estudio UACh-CONAMA (2005) e información del verano 2006.

Clase	Familia	Especie	Estudio línea base CELCO – Valdivia (1997)	Estudio UACh-CONAMA (2005)	Datos Verano 2006
Ciclostomi					
	Petromyzontidae				
		Geotria australis	X	X	X
Osteichthyes					
	Diplomystidae				
		Diplomyste chilensis	X	X	
		Diplomyste camposensis	X		X
	Salmonidae (*)				
		Oncorhynchus mykiss	X	X	X
		Salmo trutta	X	X	X
		Salmo salar			X
	Galaxiidae				
		Brachygalaxias bullocki			X
		Brachygalaxias gothei			X
		Galaxias maculates	X	X	X
		Galaxias platei	X	X	
	Trichomycteridae				
		Trichomycterus areolatus	X	X	X
Osteichthyes					
	Chaacidae				
		Cheirodon australe	X	X	X
		Cheirodon galusdae		X	X
		Cheirodon pisciculus			X
	Atherinopsidae				
		Basilichthys australis		X	X
		Cauque mauleanum	X		
	Cyprinidae (*)				
		Cyprinus carpio	X		
		Tinca tinca	X		
	Percichthyidae				
		Percichthys trucha	X	X	X
	Percilidae				
		Percilia gillissi	X		X
	Poecilidae (*)				
		Gambusia affinis holbrooki		X	

Las familias señaladas con (*) corresponden a peces introducidos en aguas chilenas.

El número de especies introducidas que habitan en el humedal, según la Tabla precedente alcanza a 6, lo que equivale al 28,6% del total listado. La especie que ha mostrado mayor abundancia de individuos, en los tres períodos estudiados, es *Galaxias*

maculatus. Sin embargo, los estudios referidos han sido relativamente limitados en el tiempo y sin una continuidad anual, que permita observar posibles cambios estacionales, que podrían explicar algunos de los resultados previamente conocidos y corresponden a la porción del río Cruces ubicada más arriba del humedal, es decir desde Cahuincura al sector Ciruelos.

ii) Objetivo general

Analizar la composición sistemática y abundancia relativa de los peces en la porción superior del río Cruces, dentro del humedal y en cauces tributarios.

iii) Objetivos específicos

1) Obtener muestras de peces, según una metodología que permita hacer comparaciones, en puntos seleccionados fuera y dentro del humedal del río Cruces.
2) Reconocer taxonómicamente las especies a las cuales pertenezcan los individuos capturados.
3) Cuantificar los individuos por especies y por clases de talla.
4) Comparar en términos de presencia-ausencia, abundancia relativa y estructuras de clases de talla, la variabilidad espacio-temporal de la ictiofauna.

iv) Materiales y métodos

Recolección de peces: Los peces serán capturados con redes de malla fina (entre 1 y 2 mm de trama), redes pejerreyeras (25 mm abertura, multifilamento, plomo incluido en relingas, marca Hermann Engel & Co. de Alemania, idénticas a las empleadas en el estudio de línea base de CELCO, con 30 x 2,5 m de superficie) y pesca eléctrica (500 V, 2 A en 20 m^2), con equipo igual al usado en esa misma línea base (Campos, 1982; Pequeño, 1981). Las redes serán usadas en períodos de tiempo iguales en cada estación y siempre en los mismos lugares; la pesca eléctrica será con

iguales descargas, en los mismos puntos seleccionados para cada estación. Los esfuerzos de muestreo serán similares, dada la gran amplitud de los cuerpos de agua donde estarán las estaciones de colecta. Las muestras serán rotuladas en terreno y luego llevadas al laboratorio. En el caso de no poder trasladarse en las primeras cinco horas después de la captura, los peces serán fijados en terreno con formalina al 10%. Tres días después de la fijación, las muestras serán lavadas en agua corriente y traspasada a alcohol etílico de 70º para ser preservadas. Se recolectarán muestras replicadas por cada estación del año, durante 3 ½ años, en cinco localidades o sectores: a) Ciruelos, b) Rucaco, c) San Luis, d) Santa María y e) Cayumapu.

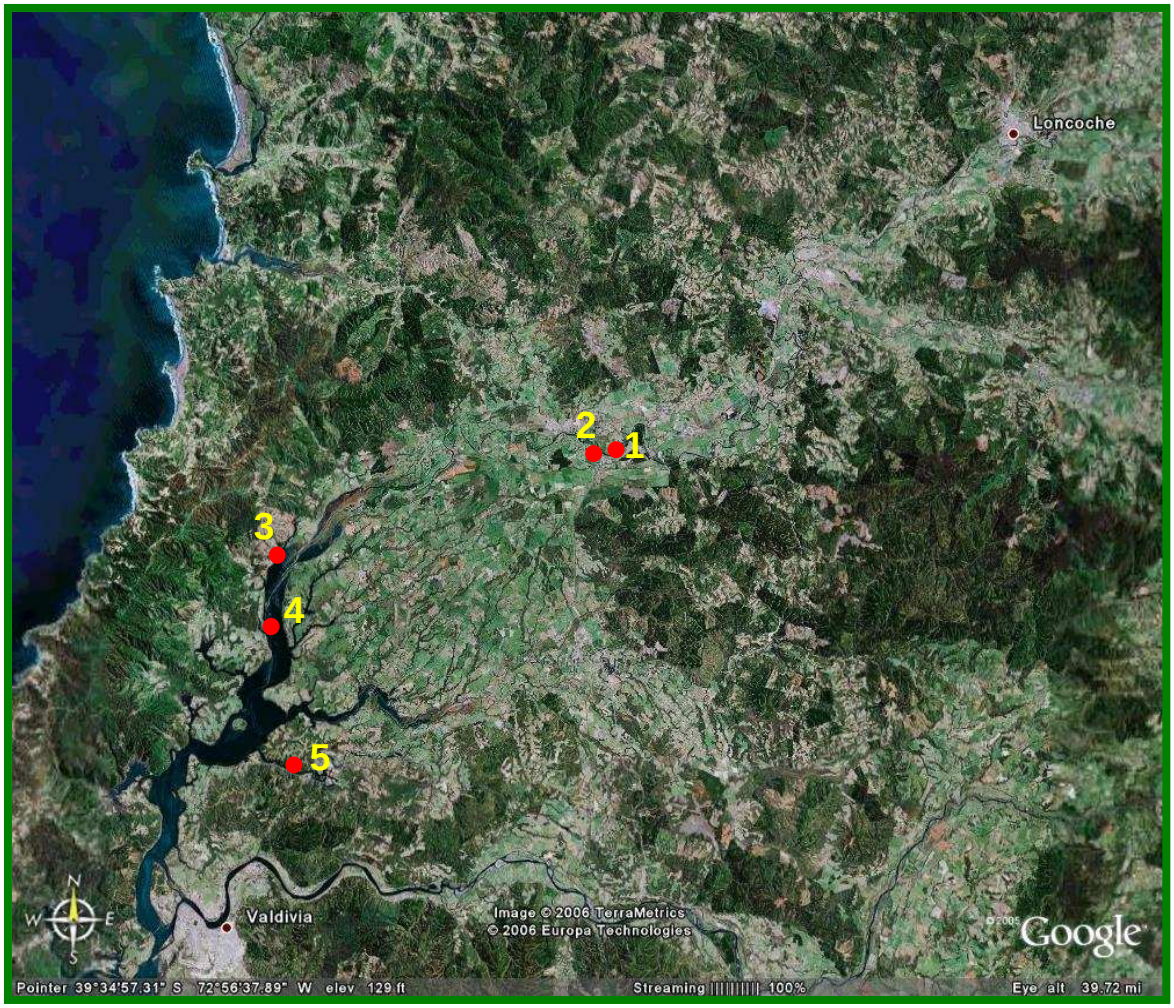


Figura 13. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de la ictiofauna. 1 = río Cruces, sector Ciruelos, 2 = río Cruces, sector Rucaco, 3 = río Cruces, sector San Luis, 4 = río Cruces, sector Santa María, 5 = río Cayumapu.

El trabajo taxonómico y sistemático, se hará con consulta a la literatura científica especializada (Arratia, 1987; Campos, 1982, 1984; De Buen, 1959; Dyer, 1997, 1998, Dyer & Gosztonyi, 1999; Habit, 1994; McDowall, 1971 a y b; McDowall & Nakaya, 1987; Pequeño, 1981, 1989; Ruiz & Marchant, 2004; Vila et al., 1999, entre otros) y uso de colecciones de referencia de la Universidad Austral de Chile y, eventualmente, de la Universidad de Concepción y del Museo Nacional de Historia Natural.

Análisis estadísticos: La estructura de clases de talla de cada una de las especies recolectadas, será comparada entre las distintas estaciones de monitoreo, con la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov. Se realizarán análisis de varianza de una y dos vías (ANDEVA) (Sokal & Rolhf, 1995) con el objetivo de evaluar eventuales diferencias en la abundancia, riqueza de especies y diversidad entre las distintas estaciones y fechas de monitoreo.

Las similitudes en la estructura comunitaria de la ictiofauna, entre estaciones y fechas de monitoreo, se evaluarán mediante análisis mutivariados de escalamiento multidimensional no métrico (EMDNM) y análisis de similitudes (ANOSIM). Estos análisis se basarán en una matriz de similitud calculada mediante la distancia de Bray-Curtis. Estos análisis se realizarán con el programa PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) (Carr, 1997).

Los resultados de los análisis de EMDNM se graficarán en dos dimensiones, con el objetivo de visualizar eventuales relaciones entre las estaciones de muestreo. En este tipo de gráficos, las estaciones que muestren mayor similitud aparecerán menos distanciadas entre sí.

v) Actividades y plan de trabajo en relación con los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Realización de muestreos estacionales en los sectores de Ciruelos, Rucaco, San Luis, Santa María y Cayumapu. Habrá tres años de muestreos completos y un cuarto año con solo la primera mitad; es decir, habrá catorce series de muestras estacionales seguidas, con 70 muestreos en total.

En relación a objetivo específico 2:

Los individuos capturados serán analizados a partir de su llegada al laboratorio. La tarea de reconocimiento taxonómico será inmediatamente anterior a la agrupación de los individuos especie por especie. Esta etapa, por su complejidad, será probablemente la que demande la mayor cantidad de tiempo.

En relación a objetivo específico 3:

Una vez reunidos todos los individuos de una especie dada, en su respectivo lote según lugar y fecha de muestreo, se procederá a contar todos aquellos ejemplares y a medirlos en sus tallas en mm. Se usará longitud total o longitud estándar, según lo indique la literatura especializada y con el fin de facilitar comparaciones.

En relación a objetivo específico 4:

Se compararán las muestras de éste estudio, con los resultados obtenidos en estudios anteriores en el área a fin de evaluar presencia-ausencia y, en una nueva revisión de las muestras preservadas, conocer cambios espacio-temporales en la estructura comunitaria y poblacional del humedal.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por el Dr. Germán Pequeño, la Lic. Ciencias Sylvia Sáez y el Asistente Técnico León Matamala.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2588.40 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	563.54	563.54	563.54	563.54	2254.14
Gastos operacionales	60.77	60.77	60.77	60.77	243.09
Inversión	91.16	0.00	0.00	0.00	91.16
Total	715.47	624.31	624.31	624.31	**2588.40**

4.1.2.6. Anfibios anuros. <u>Investigador Responsable: Lic. Ciencias César Cuevas.</u>

i) Antecedentes

La fauna de anfibios presente en el humedal del río Cruces y sus alrededores, está compuesta por ocho especies de anuros, destacando la rana grande chilena (*Caudiverbera caudiverbera*) y el sapito de Darwin (*Rhinoderma darwinii*). Las otras especies son: *Eupsophus roseus* (perrito), *E*. *vertebralis*, *Pleurodema thaul* (sapito de cuatro ojos), *Batrachyla taeniata* (ranita de antifaz), *B*. *leptopus* (ranita manchada), e *Hylorina sylvatica* (rana arbórea). Considerando que la fauna de anuros chilenos es pobre (50 especies), es notable que este ecosistema albergue el 16 % (8) del total de las especies de anuros presentes en Chile. Más allá de su valor como recurso estético,

emblemático y genético en un contexto de biodiversidad, los anfibios anuros constituyen un eslabón clave en las cadenas tróficas ya que representan un control eficaz en las densidades poblacionales de insectos, siendo estos últimos un ítem fundamental en su dieta. Por lo tanto, si existe disminución en las densidades de los anfibios, aumentarán los insectos al no tener su control natural.

En los anfibios anuros, el 70% de la respiración se realiza a través de la piel, la cual necesita de constante humedad para cumplir con esta función; por otro lado, sus huevos no poseen cáscara ni protección como ocurre en otros animales (Reaser & Galindo-Leal 1999). De esta forma, como la piel no selecciona lo que difunde a través de ella, y los huevos son depositados directamente al suelo y expuestos a las condiciones del medio, estos organismos son susceptibles a sufrir mutaciones y malformaciones, por lo que son excelentes bioindicadores de la salud del medio ambiente (Blaustein & Johnson 2003).

El humedal del río Cruces se encuentra localizado dentro de los límites geográficos de los bosques templados de *Nothofagus* (37º-50ºS) (Formas ,1979). Por las particulares características de estos ambientes boscosos sudamericanos, los anuros que se distribuyen en esta área han desarrollado una serie de adaptaciones reproductivas y larvarias a estos ambientes (ver Formas, 1981). Estas adaptaciones, junto a las características que presentan estos animales, hacen a los anfibios anuros absolutamente dependientes de las condiciones de humedad y calidad del agua para subsistir.

ii) Objetivo general

Evaluar la variabilidad espacio temporal de las comunidades de anfibios anuros presentes en humedal del río Cruces y los eventuales efectos en su viabilidad asociados a cambios en la calidad del agua.

ii) Objetivos específicos

1) Analizar las fluctuaciones estacionales en los tamaños poblacionales de las especies de anfibios anuros del humedal del río Cruces y áreas aledañas.
2) Investigar la eventual existencia de cambios en la morfología externa relacionados con la acción de químicos utilizados para diversos fines productivos.
3) Cuantificar micronúcleos (ruptura de ADN nuclear) y bio-acumulación de agentes genotóxicos y mutagénicos en especies de anfibios anuros del área de estudio.

iv) Materiales y métodos

Se muestreará en tres localidades: San Luis - San Martín, Santa María y San Ramón - Punucapa (Fig. 14). En cada sitio de muestreo se prospectará dos veces por cada estación del año (cf. Heyer et al. 1994). Para determinar tamaño poblacional se aplicará el método de marcaje, liberación y recaptura (MLR). Se usará el estimador de Petersen que está dado por: N = rn/m, donde: r = Nº animales capturados, marcados y liberados en el día 1; n = Nº animales capturados en el día 2; m = Nº animales marcados, capturados el día 2. El análisis en detalle de este parámetro se hará según Donnelly & Guyer (1994). Además, se colectarán al azar en los tres sitios, larvas (30) y adultos (15) de *B. leptopus, B. taeniata, C. caudiverbera* y *E. roseus*. En la época reproductiva se recolectarán posturas para ser analizadas.

Las colectas se harán manualmente y durante 60 minutos, en áreas de 20m x 20m para estimaciones de densidad y abundancia. En todos los casos, la colecta se hará al azar y en forma minuciosa. Todos los animales serán medidos, examinados y fotografiados con el fin de establecer su estado de salud.

La detección y clasificación de posibles malformaciones por acción de agentes mutagénicos se hará siguiendo el protocolo NARCAM (The North American Reporting Center for Amphibian Malformations) (Meteyer 1997). La detección de bio-acumulación de metales pesados y compuestos órgano clorados (OC) en órganos internos de las larvas se hará según Roe et al. (2005) y Fagotti et al. (2005), respectivamente.

Los metales a analizar serán aquellos que han sido identificados en los análisis realizados en estudios recientes en el área. También, se aplicará el Test de Micronúcleo según Gauthier (1993), para lo cual se obtendrán muestras de sangre de adultos y confeccionarán frotis para contabilizar los micronúcleos. Estos serán comparados con un número basal, determinado en animales de una localidad control alejada del área focal de este estudio.

Con el objetivo de verificar patrones de acumulación de agentes genotóxicos y mutagénicos entre distintos estados de desarrollo (huevos, larvas, adultos) y entre especies, se hará un MANOVA donde se considerarán las concentraciones como variables dependientes y las especies, sexos, sitios y su interacción como efectos. Igual procedimiento se llevará a cabo con los resultados que se obtengan de los censos poblacionales y test de micronúcleo, donde se considerarán adultos, sitios, estación del año y especies. Los métodos estadísticos se desarrollarán con el programa ESTADISTICA 6.0.

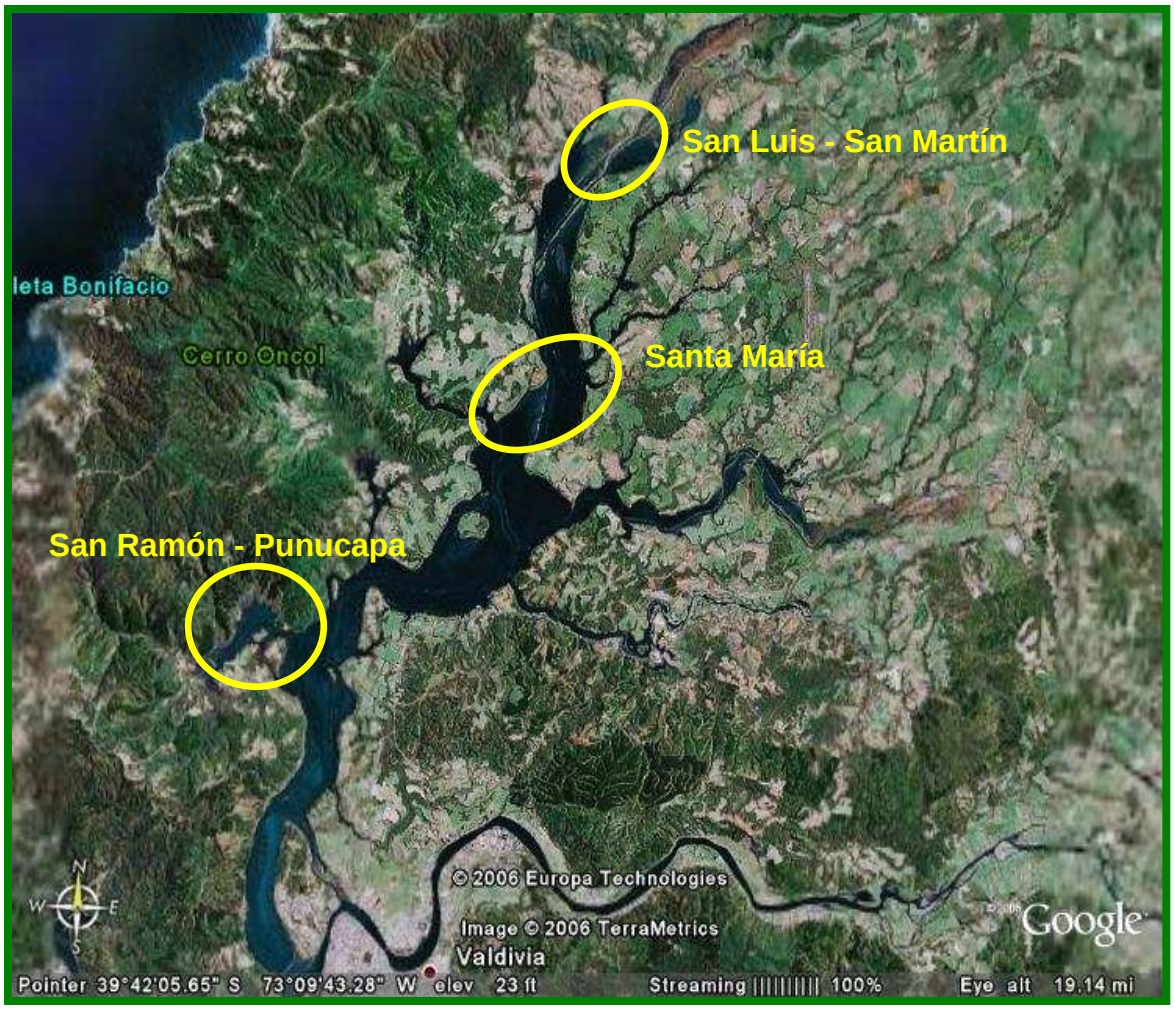


Figura 14. Ubicación de las localidades seleccionadas para los muestreos de anfibios anuros.

v) Actividades y plan de trabajo en relación con los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Se realizarán tres excursiones en cada estación del año. Se recolectarán ejemplares de *Batrachyla leptopus*, *B. taeniata*, *Eupsophus roseus* y *C. caudiverbera*. En terreno se medirán las variables ambientales y relevarán los anfibios anuros según se indica en materiales y métodos. Con excepción de las actividades planificadas para

la determinación del tamaño poblacional, todos los individuos serán transportados al laboratorio en condiciones adecuadas para su posterior análisis.

En relación a objetivo específico 2:

En cada salida a terreno se obtendrán fotografías de todos los animales capturados para registrar su estado de salud externo (malformaciones). Se efectuarán mediciones de todos los animales. Se confeccionará una planilla donde se apuntarán los datos de cada colecta (localidad, especie, sexo, cantidad).

En relación a objetivo específico 3:

La mayor parte de estas actividades se realizarán en el laboratorio. Se confeccionarán frotis sanguíneos para detección de micronúcleos y microscopía. La determinación de metales pesados y agentes genotóxicos bio-acumulados (compuestos órganoclorados) se realizará en laboratorio externo.

vi) Carta Gantt de las actividaes (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por el Lic. en Ciencias Biológicas César Cuevas (Cand. Dr.) y un ayudante de terreno.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **1560.22 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**Total**
Personal	219.89	219.89	219.89	219.89	879.56
Gastos operacionales	171.55	154.97	154.97	154.97	636.46
Inversión	44.20	0.00	0.00	0.00	44.20
Total	435.64	374.86	374.86	374.86	**1560.22**

4.1.2.7. Aves acuáticas. Investigadores Responsables: Dr. Eduardo Jaramillo, Dr. Roberto Schlatter y Dr. Nelson Lagos (Universidad Santo Tomás).

i) Antecedentes

La avifauna es uno de los grupos taxonómicos que más ha llamado la atención de los ecólogos (e.g., MacArthur & Wilson, 1967, Cody 1968); en muchos casos, existe un detallado inventario de la diversidad de aves asociadas a humedales (Krzys et al. 2002), lo cual ha permitido detectar una tendencia a la disminución de especies, la que es paralela a la degradación y/o desaparición de los humedales en diferentes regiones del globo. Dentro de los factores más citados como causantes de esta disminución de diversidad, es la pérdida o fragmentación de hábitat, la presencia de especies invasivas y los cambios ambientales globales (Van Rensburg et al. 2004). Estos cambios en conjunto, han sido explorados desde varias perspectivas. Por ejemplo, un estudio reciente en la costa de la IX Región de Chile sugiere que a nivel de paisaje, los humedales costeros (que aparentemente son distintos estructuralmente), no son hábitat distintos sino que un complejo de fragmentos que presentan conexiones bióticas a través de la avifauna (Céspedes 2006). Por otro lado, Croizier & Gawlik (2002) evaluaron la respuesta de la avifauna al enriquecimiento orgánico de un humedal

oligotrófico, registrando una relación positiva entre áreas enriquecidas por nutrientes y la abundancia de aves. Sin embargo, estos cambios también se manifestaron en un cambio de la diversidad de especies típicas de los pantanos del Everglades en Florida (USA), lo cual representa un cambio fundamental en la estructura de este ecosistema. La relación positiva entre calidad del agua y diversidad de aves, fue explicada por la generación de perturbaciones antropogénicas en la cobertura vegetal, las cuales permiten que las aves piscívoras tengan una mayor acceso a sus presas. Esto sugiere, que las comunidades de aves pueden verse afectadas por cambios en la calidad de los humedales, ya sea por cambios en abundancia de alimento como en la calidad y estructura del hábitat (Croizier & Gawlik 2002).

En el caso del humedal del río Cruces, los estudios realizados por la Universidad Austral de Chile, durante la primavera del 2004 y el verano del 2005, muestran que la desaparición del Luchecillo, *Egeria densa*, fue la principal causa de la mortalidad y emigración hacia otras zonas aledañas, del Cisne de cuello negro y de la disminución poblacional de otras aves herbívoras, como la Tagua y la Taguita. En función de estos antecedentes, se hace indispensable realizar estudios cuantitativos de la asociación entre la diversidad del ensamble de aves con la composición de la comunidad de macrófitas acuáticas y/o peces del humedal, en especial si éstos últimos determinan la disponibilidad del alimento y la calidad del hábitat para nidificar. Por otra parte y aún cuando la Corporación Nacional Forestal ha realizado censos del Cisne de cuello negro desde 1987 hasta la fecha y del total de avifauna desde 1999 al presente, es necesario evaluar por ejemplo, la movilidad del Cisne de cuello negro dentro del área en base a censos de mayor periodicidad hasta los ahora realizados.

ii) Objetivo general

Establecer la movilidad de la avifauna del río Cruces, cauces tributarios y humedales adyacentes.

iii) Objetivos específicos

1) Analizar la variabilidad espacio temporal de la abundancia de especies dominantes en el ensamble de aves del humedal del río Cruces y ríos adyacentes.
2) Evaluar la variabilidad espacio temporal de corto plazo de las abundancias del Cisne de cuello negro en sitios elegidos del área de estudio.

iv) Material y métodos

Censos del ensamble de aves: Se realizarán censos estacionales durante los cuatro años del Proyecto en cuatro localidades del humedal (Fig. 15), ambientalmente heterogéneas y donde ocurran aves adultas, presencia de nidos y eventualmente pollos. Se realizarán dos censos por cada estación del año; la duración de cada censo será de cinco días con recuentos diarios por sitio. Para realizar comparaciones entre estaciones de muestreo y entre diferentes fechas de muestreo se adaptarán métodos censales apropiados para especies que no sean el Cisne de cuello negro (métodos a innovar) y se utilizarán análisis estadísticos univariados (ANDEVA, Tukey HSD, BACI) y multivariados (eg. MDS) (Carr 1997; Sokal & Rohlf 1995; Stewart-Oaten & Bence 2001, Underwood 1992). Los datos permitirán evaluar cambios espacio-temporales en diversidad y en las abundancias poblacionales de la avifauna del área de estudio debido a potenciales factores como mareas, estación del año, competencia interespecifica, hábitat para reproducción, recolonización puntual en parches de la vegetación y otros, más eventuales cambios en la biología reproductiva de las aves.

Censos periódicos de Cisnes de cuello negro: se realizarán censos diarios de Cisnes de cuello negro en el río Pichoy y censos semanales en dos lagunas aledañas a ese río y en el sector medio del río Cayumapu. El análisis de estos datos permitirá evaluar la variabilidad temporal de corto plazo en una especie de fácil detección. Los patrones de variación de alta frecuencia (diferencias entre días) y de baja frecuencia (entre estaciones) serán comparadas usando el índice-*s* que permite

cuantificar la variabilidad temporal de la abundancia poblacional, realizando además comparaciones entre localidades y escalas temporales (e.g., Wilcoxon rank test).

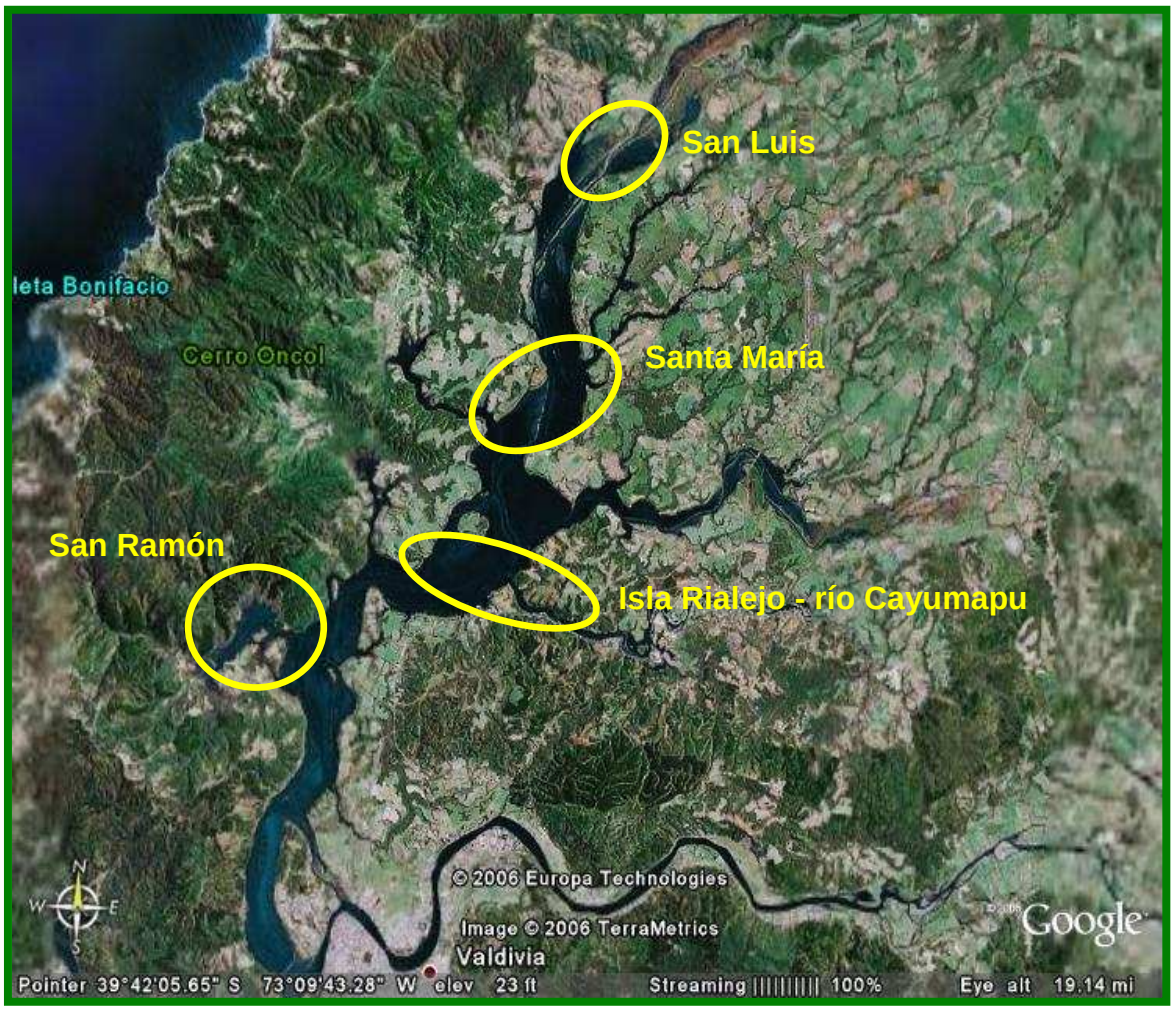


Figura 15. Ubicación de las localidades seleccionadas para los muestreos estacionales de la avifauna.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Realización de censos estacionales y análisis estadísticos de los resultados.

En relación a objetivo específico 2:

Realización de censos periódicos de Cisnes de cuello negro y análisis estadísticos de los resultados.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Eduardo Jaramillo, Roberto Schlatter y Nelson Lagos (Universidad Santo Tomás).

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2165.75 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	265.19	265.19	265.19	265.19	1060.77
Gastos operacionales	276.24	276.24	276.24	276.24	1104.97
Inversión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	541.44	541.44	541.44	541.44	**2165.75**

4.1.2.8. Mamíferos acuáticos. Investigador Responsable: Dr. Mauricio Soto.

i) Antecedentes

En ambientes perturbados, los diferentes constituyentes comunitarios pueden responder en forma diferencial frente al tipo y naturaleza de las perturbaciones. De esta forma, las poblaciones de las especies que conforman la comunidad pueden variar sus densidades poblacionales o modificar la utilización de recursos y/o del espacio. En el humedal del río río Cruces, han acontecido perturbaciones que han afectado la estructura comunitaria del sistema. En particular, estas perturbaciones han disminuido la disponibilidad de macrófitas acuáticas, afectando a los componentes herbívoros de la comunidad, en especial aves como el Cisne de cuello negro y la Tagua. Aparte de las aves, los mamíferos presentes en el humedal también podrían estar siendo afectados por dichas perturbaciones, ya sea en forma directa afectando el desempeño de los organismos (y por ende su abundancia) o en forma indirecta a través de efectos sobre las presas que consumen.

Dentro del humedal del río Cruces se pueden reconocer dos especies de mamíferos acuáticos completamente diferentes: una de ellas es el coipo (*Myocastor coypus),* un roedor histricognato herbívoro que habita en las zonas ribereñas del humedal y que basa su vida en el consumo y utilización como fuente de refugio a las diferentes especies de macrófitas (Guichón et al. 2003), primariamente totoras y juncos (*Syperus* sp, *Juncus* sp). La segunda especie de mamíferos corresponde al Huillín (*Lontra provocax*), un mustélido carnívoro generalista que utiliza el cauce del río para alimentarse y los bordes para construir sus madrigueras (Sielfeld & Castilla 1999, Aued et al. 2003; Medina-Vogel et al*.* 2003). Ambas especies se caracterizan por una alta movilidad y baja probabilidad de avistamiento, por lo que resulta difícil poder hacer una estimación de sus tamaños poblacionales. Sin embargo, el monitoreo del efecto de las perturbaciones sobre las poblaciones no necesariamente debe realizarse a partir de estimaciones poblacionales, y en casos como éstas especies, una herramienta eficiente puede ser la evaluación y seguimiento del uso de recursos. Se ha visto que cuando las

condiciones ambientales son desfavorables, una de las primeras respuestas de los organismos es el desplazamiento (Glasby & Underwood, 1996). De esta forma, cuantificar el uso del espacio puede entregar valiosa información respecto a como están respondiendo estas especies frente a las fuentes de perturbación. Asociado a esto, se puede determinar si éstas se mantienen durante el tiempo en los mismos lugares o si tienden a desplazarse (o morir) a lo largo del tiempo. Por otra parte, si los efectos son indirectos, las perturbaciones podrían estar afectando la disponibilidad, accesibilidad o palatabilidad de las presas. De esta forma, seguir en el tiempo la variación del consumo de ítems tróficos puede ser un importante indicador de los efectos de perturbación.

ii) Objetivo general

Determinar el uso del espacio y/o recursos tróficos de los mamíferos acuáticos presentes en el humedal como un estimador del efecto de las perturbaciones sobre los mismos.

iii) Objetivos específicos

1) Determinar la variación estacional del uso del espacio por parte del coipo, *M. coypus* y del Huillin *L. provocax* dentro del humedal.
2) Determinar la variación estacional del uso de recursos tróficos por parte del coipo, *M. coypus* y del Huillin *L. provocax* dentro del humedal.

iv) Materiales y métodos

Prospecciones estacionales: Se pretende establecer un plan de monitoreo estacional que abarque cuatro años. Dentro de este plan de monitoreo, se realizarán prospecciones recorriendo la ribera del río Cruces desde el sector del puente Rucaco hasta la intersección con el Río Valdivia, incorporando los ríos Cudico, Nanihue, Santa María, Pichoy, Cayumapu y canal mareal Cau Cau. Las prospecciones se realizarán dividiendo el espacio en grillas de 1X1 Km. Dentro de cada grilla se determinará la

presencia o ausencia tanto de coipo como de huillín mediante tres aproximaciones: 1) observaciones directas, 2) presencia de huellas y/o fecas, y 3) presencia de madrigueras. Cada sitio positivo se posicionará utilizando un GPS. Adicionalmente se realizará una descripción del sitio de registros positivos, incorporando las características vegetacionales de los sitios, grado de inclinación de la ribera, características del fondo, etc. Esta información será incorporada dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para evaluar la variación estacional e interanual de la presencia de ambas especies dentro del humedal. Se podrá entonces confeccionar un modelo predictivo de los potenciales hábitats donde se podría encontrar cada una de estas especies.

Consumo de presas: Se evaluará el consumo de presas de cada una de las especies (dentro de cada grilla con registros positivos) a través del análisis de contenido fecal. Las fecas serán recolectadas en terreno, para posteriormente ser analizadas bajo lupa y microscopio y determinar el porcentaje relativo de abundancia de cada una de las presas. La estimación de la abundancia de las presas se realizará a partir de los monitoreos de macrófitas, peces y bentos. La preferencia de la dieta será determinada utilizando el índice alfa de Manly (Markkola et al. 2003) con el cual es posible hacer categorización de las presas en función de su presencia en la dieta:

$$\alpha_i = \frac{r_i}{n_i} \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} \left(r_j / n_j \right)}$$

donde α_i es el índice de selección de Manly de los ítems tróficos, i, r_i, r_j, corresponden a los ítems dietarios i y j (j= 1,2,3…m), n_i, n_j representan la proporción de cada uno de los ítems tróficos disponibles en el medio, y m el numero total de potenciales ítems en el ambiente. A partir de este índice, se pueden estandarizar los valores de preferencia utilizando el índice de selectividad de Chesson (Chesson 1983):

$$\varepsilon_i = \frac{m\alpha_i - 1}{(m-2)\alpha_i + 1}$$

este índice estandariza los valores de α_i en un rango entre -1 y 1, donde valores negativos representan un rechazo frente al ítem trófico, valores cercanos a 0

representan que el ítem se consume en función de la disponibilidad del medio, y valores positivos una selección sobre esos items en particular. A partir de esto, es posible determinar, si los organismos se ven enfrentados al consumo de presas inusuales, y si éste varía durante el tiempo.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Inicio de los monitoreos a lo largo del área de estudio durante julio del 2006, para proseguir estacionalmente durante Octubre del mismo año, Enero y Abril del 2007 y así sucesivamente. La información recopilada se traspasará a una base de datos en el computador y se analizará, utilizando el programa de Sistemas de Información Geográfica ArcView 3.2.

En relación a objetivo específico 2:

Recolección, secado, pesaje y análisis de fecas a partir de colecciones de referencia. Para el caso de las fecas de coipo, se prepararán cortes histológicos tanto de las muestras fecales como del herbario de referencia. Para el caso de las fecas de Huillín, ya se cuenta con colecciones de referencia de peces y crustáceos, y a partir de éstas se caracterizará su dieta.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por el Dr. Mauricio Soto, un ayudante de terreno y un ayudante de laboratorio.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2297.15 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	375.69	375.69	375.69	375.69	1502.76
Gastos operacionales	115.00	115.00	115.00	115.00	460.00
Inversión	334.39	0.00	0.00	0.00	334.39
Total	825.08	490.69	490.69	490.69	**2297.15**

4.1.3. MONITOREO DE SERIES MULTITEMPORALES EN IMÁGENES SATELITALES. COORDINADOR: DR. VÍCTOR SANDOVAL

i) Antecedentes

La generación de una línea base del uso actual de la tierra para la cuenca del río Cruces, se orientará a delimitar y evaluar, espacial y temporalmente, el efecto de actividades agrícolas, forestales, industriales y urbanas sobre este biotopo. Con este marco de referencia y restricciones, se definirán en los primeros tres meses del estudio el sistema de clasificación del uso del suelo o territorio, el modelo cartográfico a emplear, las características de los sensores remotos a utilizar, su resolución espacial y en consecuencia, el tipo de información y detalle que entregará la evaluación y monitoreo de esta superficie, tanto para el levantamiento de la línea base como para los monitoreos posteriores del santuario. Durante los cuatro años del Proyecto se implementará y aplicará un sistema integrado de monitoreo con uso intensivo de técnicas de percepción remota.

El sistema de clasificación oficial de la vegetación en Chile y que se propone adoptar para el presente Proyecto se basa en la metodología desarrollada por el Centro de Estudios Fitosociológicos y Ecológicos L. Emberger (CEPE, 1969) de Montpellier, conocida como Carta de Ocupación de Tierras (COT). La COT tiene como propósito representar objetivamente la vegetación y el uso de la tierra y aguas, de acuerdo a tres atributos elementales: formación vegetal, especies dominantes y grado de intervención por el hombre. Dicho enfoque será integrado al sistema de clasificación de "uso de la tierra-cobertura de la tierra" (Land Use-Land Cover) del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), descrito por Anderson (1976). De esta forma, se utilizará un sistema de clasificación completo que considera todos los usos de la tierra, incluyendo áreas urbanas e industriales, terrenos agrícolas, praderas y matorrales, bosques, humedales, áreas desprovistas de vegetación y cuerpos de agua que se ubican en el área de estudio. Esta metodología ha sido aplicada con éxito en varias regiones del país para la descripción objetiva de la vegetación regional, en áreas privadas y del estado (Etienne & Prado, 1982; Sandoval, 1998).

En este contexto y con el objeto de definir la metodología de levantamiento de una línea base, la planificación de un sistema de monitoreo permanente y el soporte digital cartográfico, el Grupo de Trabajo de Geomatica y Monitoreo de Recursos Naturales de la UACh, sugiere realizar las actividades que más abajo se indican a fin de implementar un sistema de monitoreo con referencia espacial que facilite el modelamiento del cambio de uso en la cuenca del río Cruces

ii) Objetivo general

Implementar un sistema de monitoreo de la cuenca del río Cruces, incluyendo el levantamiento de una línea base, con un nivel de resolución en la cobertura terrestre y acuática de aproximadamente 3 m^2. El objetivo es evaluar espacial y temporalmente el efecto de las diferentes actividades humanas sobre el uso del suelo, vegetación ribereña, humedales y aguas.

iii) Objetivos específicos

1) Definir una concepción metodológica de escala e información temporal y espacial a capturar según el uso del suelo de la cuenca del río Cruces.
2) Determinar el tipo de sensor remoto a utilizar en el proceso de monitoreo.
3) Levantar una línea base con la localización de instalaciones industriales, centros urbanos y uso del suelo rural en la cuenca.
4) Implementar un Sistema Integrado de Monitoreo basado en un modelo relacional de datos.
5) Implementar el soporte SIG periódico del área.

iv) Materiales y métodos

Se estudiará la aplicación del sistema cartográfico COT (Etienne & Prado, 1982; Sandoval, 1998) con el objeto de clasificar el uso del suelo y aguas de la cuenca del río Cruces. La metodología COT presenta una serie de características que la hacen especialmente útil para la evaluación y valoración de recursos destinados a la conservación y restauración de la biodiversidad en áreas protegidas, como es el objetivo de este estudio. Entre estas características cabe destacar las siguientes:

a) Permite trabajar a diferentes escalas desde un nivel predial a regional. Esta característica posibilita integrar información colectada a escalas muy diferentes, así como considerar un mayor nivel de detalle y subdivisión de las categorías que son de mayor interés, según los objetivos de cada estudio.
b) Considera generalmente una recolección intensiva de información de terreno. Comparada con otras metodologías, esto la hace más confiable y especialmente útil para la valoración de recursos en áreas de protección.
c) Genera información flexible que puede ser utilizada para fines muy diferentes tales como: mapas-hábitat de ciertas especies vegetales menores o de especies de fauna, muestreo y estimación de la densidad poblacional de especies de

fauna de interés, preparación de mapas de riesgos ante incendios y alteraciones industriales y preparación de cartografía asociada a las actividades que se realizan en un predio determinado.

La metodología que se aplicara considera las siguientes etapas

Definición y Ajuste del sistema COT para la clasificación del uso de la tierra.
Definición del tipo de sensor remoto a utilizar.
Planificación y elaboración de la línea base del uso de la tierra (incluye aguas y vegetación ribereña).
Verificación en terreno de la interpretación realizada en base a fotos con las características del medio (por ejemplo, vegetación).
Implementación del sistema de monitoreo integrado.

Los materiales a utilizar son las coberturas digitales del Catastro Nacional del Uso de la Tierra y fotografías aéreas y series de imágenes satelitales. Se incluye la actualización de licencias de programas procesadores de Imágenes.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Evaluación del sistema COT de clasificación del territorio en términos de pertinencia de escala, resolución espacial y atributos, a fin de contar con un sistema de clasificación coherente y objetivo sobre el uso de la tierra, vegetación aledaña y agua de la cuenca del río Cruces.

En relación a objetivo específico 2:

Análisis de imágenes fotográficas y satelitales de alta resolución, obtenidos del programa IKONOS, Quick BIRD o de fotografías aéreas digitales de alta resolución

obtenidas específicamente para el estudio Se evaluará cambio temporal y espacial en el uso del suelo con una resolución aproximadamente a los 3 m^2. El tipo de plataforma a utilizar se decidirá utilizando métodos de clasificación de imágenes aceptados en esta disciplina y de acuerdo a la información que provea el equipo investigador.

En relación a objetivo específico 3:

Planificación y elaboración de la línea base para organizar Sistema de Información Geográfico (SIG), que facilite la integración de datos de diferentes estudios, coordinando y accediendo de esta forma a un sistema de clasificación coherente con el medio regional y nacional (concepto de multiescala). Clasificación en laboratorio y en terreno del uso de la tierra y aguas, con un nivel de resolución espacial representable en la cartografía, con una descripción y representación detallada y objetiva a ese nivel de resolución. En esta fase los productos son:

- Protocolos de fotointerpretación
- Métodos de fotointerpretación y clasificación de imágenes a utilizar
- Protocolos de muestreo y recopilación de información de campo
- Modelo cartográfico a emplear
- Fotointerpretación y/o clasificación digital de imágenes
- Línea base elaborada (Cartografía digital de alta resolución y bases de datos)

En relación a objetivo específico 4:

Estructuración de un sistema integrado de monitoreo para fines de comparación temporal y espacial de datos con la línea base, evaluando la condición y tendencia de cambio de variables e indicadores de sustentabilidad del humedal (las variables e indicadores los definirá el equipo de científico de la UACh).

En relación a objetivo específico 5:

Mantención actualizada de las bases de datos con una periodicidad mensual. Los reportes cartográficos serán actualizados según requerimiento de otros estudios y con un periodo máximo de seis meses. Se contempla el modelamiento de la base de datos bajo el concepto de temporalidad y espacialidad. Esto es indispensable para generar respuestas de las diferentes actividades de monitoreos en el área de estudio.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Victor Sandoval, Pedro Real (Universidad de Concepción), Pedro Paolini (Universidad de Chile) y el Ing. Gastón Vergara, Universidad Austral de Chile.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **15629.83 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	1082.87	1082.87	1082.87	1082.87	4331.49
Gastos operacionales	2403.31	2320.44	2320.44	2320.44	9364.64
Inversión	1933.70	0.00	0.00	0.00	1933.70
Total	5419.89	3403.31	3403.31	3403.31	**15629.83**

4.2. SUBPROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

4.2.1. MODELO HIDRODINÁMICO DE ESTUARIOS AFLUENTES AL ESTUARIO DEL RIO CRUCES. COORDINADOR: DR. MARIO PINO

i) Antecedentes

La palabra estuario deriva del latín *aestus*, que significa “de marea”, tal como lo describe Maccius Plautus[1] *“aestus maris accedere et reciprocare maxime mirum, pluribus quidem modis, sed causa in sole lunâque”.* Por esta razón el límite superior de un estuario es aquel hasta donde la onda mareal tiene influencia, independientemente de que ocurra intrusión salina o no.

El sistema mareal en la zona de Valdivia es del tipo micromareal semidiurno, es decir con rangos mareales extremos que no superan los 2 m, y alturas máximas y mínimas mayores durante la noche. La circulación mareal estuarial es reflejo de la interacción entre mareas y topografía submarina en los estuarios. Este último parámetro contrasta entre los estuarios Valdivia - Calle Calle y Cruces. Mientras el primero presenta un canal principal bien desarrollado, y escasas planicies submareales e intermareales, el estuario Cruces presenta un pequeño canal sinuoso y extensas planicies de marea. El estuario Cruces tal como se le conoce hoy en día se formó como producto del hundimiento cosísmico del continente asociado al sismo de mayo de 1960. Así el canal del estuario Cruces presenta la sinuosidad típica de un río meandriforme, conservando hoy en día una especie de curso palimsesto.

Otra gran diferencia entre ambos estuarios lo constituye su gasto de agua dulce. Mientras el estuario Valdivia-Calle Calle recibe el agua dulce del sistema binacional interconectado de siete lagos araucanos (Riñihue a Lacar) más un afluente fluvial, el

[1] T. Maccius Plautus. Plauti Comoediae. F. Leo. Berlin. Weidmann. 1895. OCLC: 38932877

estuario Cruces recibe agua dulce solamente del río homónimo, que nace de los primeros contrafuertes de la cordillera andina y se nutre principalmente de las lluvias en la Depresión Intermedia. Los gastos son muy diferentes: el promedio histórico de las estaciones Rucaco (río Cruces) y Balsa San Javier (río Calle Calle) es de 82 y 473 m^3/s (1987-2004), respectivamente, con máximos y mínimos de 14-195 m^3/s (Rucaco) y 133-969 m^3/s (San Javier). Existen en el sistema Cruces aportes de varios ríos que originan estuarios afluentes, como el Pichoy y el Cayumapu.

Otra característica importante es la existencia de canales mareales que comunican estuarios, como el canal Cantera que une los estuarios Valdivia y Tornagaleones y el canal Cau Cau, que comunica los estuarios Cruces y Valdivia. La información existente consiste en una serie de análisis de flujos residuales realizados en diferentes secciones de los estuarios Valdivia y Calle Calle (datos no publicados), algunos perfiles longitudinales de temperatura y salinidad en el estuario Valdivia y Calle Calle (datos no publicados), predicciones astronómicas de la marea para Carboneros y Valdivia (datos públicos), y mediciones de marea para Corral (datos disponibles para ser comprados). Además existen mapas batimétricos para todo el sistema Valdivia-Calle Calle, y una porción del estuario del río Cruces.

Actualmente se esta ejecutando un programa de investigación titulado “Modelamiento hidrodinámico del sistema estuarial de los rios Valdivia-Cruces-Calle Calle”, financiado por CONAMA, el que a través de análisis matemáticos y oceanográficos pretende responder la siguiente pregunta: ¿De que manera la configuración geomorfológica de los estuarios Valdivia, Calle Calle y Cruces interactúa con la marea para producir patrones hidrodinámicos distintivos ?

La hidrodinámica de un estuario está determinada por tres factores independientes: la energía mareal, el flujo de agua dulce y la topografía submarina (Perillo et al. 1989, Pino, 1995, Pino et al. 1994, Signell et al. 2000). Por lo tanto, para comprender la hidrodinámica del estuario Cruces es necesario entender cada uno de

estos factores. De estos, el único que se monitorea permanentemente es el flujo de agua dulce. No existen a la fecha publicaciones acerca de los otros dos factores.

Dado que la marea es un fenómeno común a todo el estuario y por lo tanto, predecible, es la forma submarina (batimetría) de cada estuario lo que origina que el comportamiento hidrodinámico (corrientes mareales, circulación de sal), sea distintiva para cada estuario y canal mareal en particular (Perillo et al. 1989, Pino, 1995).

Durante trabajos de campo realizados en el canal mareal Cau Cau y estuario del río Cruces, durante marea de sicigia en Enero del año 2006 (datos no publicados de Mario Pino), período de escaso caudal de agua dulce, se ha podido observar el comportamiento lagrangiano (corrientes medidas con derivadores) y euleriano (corrientes medidas con un correntómetro estando la embarcación anclada) de los sistemas de corrientes, asociados al agua de color marrón proveniente del humedal del río Cruces. En estas excursiones se ha observado la importancia de los estuarios afluentes al sistema Cruces, tales como los subestuarios de los ríos Pichoy y Cayumapu, entre otros.

ii) Objetivo general

Implementar Modelos Hidrodinámicos 3D (MH3D) para los afluentes de los subestuarios del río Cruces, a fin de originar información base que permita gestionar de manera diferenciada subsistemas del humedal, apoyando a su delimitación geográfica. Los modelos MH3D son modelos matemáticos desarrollados a partir de software, y requieren de calibración lagrangiana y euleriana, esto es mediciones de campo.

iii) Objetivos específicos

1) Obtener información que permita conocer el efecto de la circulación de los estuarios afluentes del río Cruces.

2) Obtener información que permita delimitar la sección fluvial y estuarina de cada estuario afluente.
3) Obtener información que permita delimitar la zona de máximo ingreso estival de agua salobre a cada estuario afluente.
4) Originar un programa de modelamiento matemático que permita evaluar la hidrodinámica de los estuarios afluentes al río Cruces

iv) Materiales y métodos

Para la resolución de los objetivos antes planteados será necesario efectuar los siguientes análisis que apoyarán o calibrarán el modelo hidrodinámico.

Registros continuos: se realizarán registros continuos de nivel del agua en los principales sub-estuarios (afluentes), con un mareógrafo y un limnígrafo en cada uno. Se instalarán mareógrafos automáticos basados en sensores de presión con “data logger” en las confluencias de tres subestuarios, y en la sección fluvial de los mismos. Esta información no sólo es vital para el modelamiento, sino que también necesaria para poder hacer la batimetría en los estuarios afluentes La altura de registro de los mareógrafos será referida al punto geodésico SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile) de Valdivia mediante el uso de GPS (“ “) diferenciales.

Batimetría: Se realizará batimetría exploratoria en el sentido del SHOA en los estuarios afluentes, los que no presentan información batimétrica alguna. Esta información se obtendrá mediante el levantamiento de piernas perpendiculares al canal principal cada 200 m. El Instituto de Geociencias de la UACh se encuentra acreditado por el SHOA para realizar estas tareas.

Caudales: se obtendrán los caudales de agua dulce de los registros de los limnígrafos, después de varios aforos de calibración.

Calibración del modelo: para la calibración del modelo se efectuarán series de corrientes en superficie y en el fondo, del tipo flujos residuales en algunos puntos durante varios ciclos de marea, y perfiles de CTD adicionales para introducir el efecto de la circulación baroclínica. (CTD = conductivity, temperature, depth).

Descripción sedimentológica: se efectuará una descripción textural basada en los constituyentes principales del sedimento (arena, limo, arcilla, materia orgánica), en las zonas donde no exista información para la caracterización de la rugosidad del fondo.

Vientos: se obtendrán registros de magnitud y dirección de los vientos donde esta forzante pueda ser importante en el proceso de mezcla y transporte residual del sistema de ríos. Los datos se obtendrán de una estación meteorológica que se instale en algún lugar central del sistema Cruces y que cuente con fácil acceso.

Resultado de las simulaciones: el producto esperado es un modelo numérico basado en software de códigos libres, que muestre en dos capas (fondo y superficie) el comportamiento de las corrientes, la temperatura y la salinidad en función de las variables flujos de agua dulce y marea, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

Ecuaciones hidrodinámicas:

El sistema de ecuaciones de Navier-Stokes en tres dimensiones, con la aproximación hidrostática y la ecuación para la salinidad también en tres dimensiones, forman la base del modelo hidrodinámico. Esto es:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} =$$

$$- g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \left(\int_0^z \Delta\rho \, dz \right) + \frac{\partial}{\partial x} A_H \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} A_H \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} A_V \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{\partial uv}{\partial x}+\frac{\partial v^2}{\partial y}+\frac{\partial vw}{\partial z}=$$

$$-g\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{g}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial y}\left(\int_0^z \Delta\rho\, dz\right)+\frac{\partial}{\partial x}A_H\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}A_H\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}A_V\frac{\partial v}{\partial z}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

$$\rho = \rho(S)$$

Donde:

η: Elevación de la superficie libre (cm)

u, v, w: Componentes de la velocidad (cm/s)

g: Aceleración debida a la gravedad (cm/s^2)

A_H , A_V : Coeficientes de viscosidad turbulenta (cm^2/s) horizontal y vertical

ρ_0 : Densidad de referencia (g/cm^3)

$\Delta\rho$: Variación de la densidad (g/cm^3)

El efecto de Coriolis no se ha considerado en este caso, debido a que en ningun caso el ancho del estuario sobrepasa los 500 m, distancia aproximada a la cual ese efecto se hace sentir..

La ecuación para la salinidad es:

$$\frac{\partial S}{\partial t}+\frac{\partial uS}{\partial x}+\frac{\partial vS}{\partial y}+\frac{\partial wS}{\partial z}=B_H\left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 S}{\partial y^2}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(B_V\frac{\partial u}{\partial z}\right)$$

en la cual:

S: Salinidad (ppt)

B_H , B_V : Coeficientes de difusividad turbulenta (cm^2/s) horizontal y vertical.

Modelos de turbulencia:

Las expresiones para la viscosidad y la difusividad turbulenta, dependen de los modelos de turbulencia utilizados. Para el propósito del presente trabajo, se utilizará un perfil parabólico para la viscosidad y difusividad turbulenta en ausencia de estratificación:

$$\nu_t = \kappa\, u_*\, z\left(1-\frac{z}{h}\right)$$

Como funciones de “dumping” se utilizará el modelo de Munk-Anderson:

$$g(Ri) = \left(1+150\,Ri\right)^{-0.5}$$

$$f(Ri) = \left(1+15\,Ri\right)^{-1.5}$$

Donde el número de Richardson está definido por:

$$Ri = \frac{-\frac{g}{\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2}$$

Así, la viscosidad y la difusividad turbulenta están dadas por:

$$A_V = \nu_t\left(1+150\,Ri\right)^{-0.5}$$

$$B_V = \nu_t\left(1+15\,Ri\right)^{-1.5}$$

Los coeficientes de viscosidad y difusividad turbulenta horizontal A_H y B_H toman valores constantes de $8\cdot10^5 \quad cm^2/s$ y $1.5\cdot10^6 \quad cm^2/s$ respectivamente.

Las condiciones de borde a emplear son:

a) Superficie libre ($z = \eta$):

$$\rho\, A_V \frac{\partial u}{\partial z} = 0$$

$$\rho\, A_V \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

b) Fondo:

$$\tau_f = \rho\, A_V \frac{\partial u}{\partial z} = C_d\, u_f \left\| \overrightarrow{u_f} \right\|$$

$$\tau_f = \rho\, A_V \frac{\partial v}{\partial z} = C_d\, v_f \left\| \overrightarrow{u_f} \right\|$$

donde $\overrightarrow{\tau_f}$ es el esfuerzo de corte en el fondo del cuerpo de agua y $\overrightarrow{u_f}$ es el vector de velocidades cerca del fondo. C_d es el coeficiente de fricción definido por:

$$C_d = g\, n^2\, \Delta z^{-1/3}$$

Donde *n* es el coeficiente de fricción de Manning y Δz es el grosor de la capa de fondo.

c) Cabeceras o bordes superiores netamente fluviales de los rios a estudiar:

En cada rio se coloca una condición de borde de Dirichlet, esto es se especifica un perfil de velocidades en ese borde. Aquí la salinidad vale cero.

d) Borde de la zona marina:

Una línea imaginaria entre Niebla y Corral formará el borde marítimo. Este es un borde abierto donde la onda de marea se representa a través de una función senosoidal. La salinidad toma un valor de 34 psu (unidad adimensional equivalente operacionalmente a ppt).

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Obtención de información que permita conocer el efecto de la circulación de los estuarios afluentes del estuario del río Cruces: medición de corrientes residuales en cada uno de los afluentes importantes del sistema Cruces y levantamiento de la batimetría de los canales principales.

En relación a objetivo específico 2:

Obtención de información que permita delimitar la sección fluvial y estuarina de cada estuario afluente: medición de la onda mareal para determinar el área de influencia de las corrientes mareales.

En relación a objetivo específico 3:

Obtención de información que permita delimitar la zona de máximo ingreso estival de agua salobre a cada estuario afluente: medición de la variabilidad espacio temporal de las gradientes de salinidad.

En relación a objetivo específico 4:

Diseño de un programa de modelamiento matemático que permita evaluar la hidrodinámica de los estuarios afluentes al río Cruces: realización de los cálculos matemáticos que describan la circulación de los afluentes y la relación entre afluentes y sistema del río Cruces.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Dr. Mario Pino, Ing. Mat. Marcelo Carro (Universidad Católica de la Santísima Concepción), Dr. Tamara Busquets y el Técnico Académico Robert Brummer.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2274.61 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	845.30	845.30	0.00	0.00	1690.61
Gastos operacionales	70.00	70.00	0.00	0.00	140.00
Inversión	444.00	0.00	0.00	0.00	444.00
Total	1359.30	915.30	0.00	0.00	**2274.61**

4.2.2. CONDICIÓN TRÓFICA DEL HUMEDAL. COORDINADOR: DR. MAURICIO SOTO

i) Antecedentes

El estudio del funcionamiento de una comunidad biológica, está determinado por el rol que cumple cada una de las especies dentro del sistema. Este rol básicamente se puede determinar por la importancia relativa de cada una de las especies en cuanto a sus habilidades competitivas para la utilización de recursos (espacio y alimento), sus características como depredador o presa dentro del sistema y del traspaso de nutrientes, energía y compuestos en general (Connell 1983, Power & Marks 1992). De esta forma, la determinación de los componentes dentro de las redes tróficas es fundamental para evaluar la estabilidad de una comunidad (Power & Marks 1992,

Petraitis & Dudgeon 1999). En este sentido, el nivel de segregación o sobreposición del nicho trófico puede determinar la vulnerabilidad de la comunidad frente a perturbaciones ambientales (Fussmann & Heber 2002). Cuando existe un alto nivel de sobreposición en el uso de los recursos tróficos, las variaciones de estos últimos podrían ocasionar fuertes modificaciones en la estructura comunitaria ya que muchas especies dependen de ellos (Forero et al. 2004). En este sentido, se reconocen dos tipos de regulación de la estructura comunitaria: las de tipo “top-down”, en donde las especies de alto nivel trófico regulan la dinámica de las especies de bajo nivel trófico, y las del tipo “botton-up”, donde las especies de bajo nivel trófico determinan la estructura comunitaria en los niveles más altos de la comunidad en base a la disponibilidad de alimento (Halpen et al. 2006)

Para el caso del humedal del río Cruces se conocen en forma parcial, los componentes que conforman la comunidad vegetacional y faunística del mismo. Existen trabajos aislados describiendo la presencia de macrófitas (Informe UACh-CONAMA), fauna bentónica (Informe UACh-CONAMA), fauna íctica (Arratia 1981, Prochelle & Campos 1985), anfibios (Formas 1979) y aves acuáticas (Schlatter et al. 1983, 1991, Corti & Schlatter 2002 e Informe UACh-CONAMA). Sin embargo, se desconoce el tipo de relaciones existentes entre los componentes de esas comunidades.

Tradicionalmente, el estudio de las interacciones tróficas se ha realizado a partir de análisis del contenido estomacal de las diferentes especies que conforman una red trófica. Sin embargo, esta información es de tipo descriptiva y no incorpora los componentes espaciales y temporales, constituyentes básicos de una comunidad (Kwak & Zedler 1997, Petraitis & Dudgeon 1999). Por lo general, los sistemas (como los humedales) son abiertos y constantemente se encuentran recibiendo aportes (como nutrientes, individuos y/o poblaciones) desde otros sistemas (Fariña et al. 2003). Por ejemplo, dentro del humedal del ríuo Cruces y a partir de Septiembre se describe la presencia del cormorán negro (*Phalacrocorax olivaceus*), el cual nidifica al interior de este sistema, pero aparentemente mantiene sus sitios de alimentación en las zonas costeras de Corral y Niebla (Schlatter com. per.). De esta forma, la descripción básica

de la dieta resulta insuficiente ya que se carece de la información de los sitios de alimentación, o de la proveniencia de los ítems tróficos que consumen cada una de las especies. En este sentido, la mejor aproximación para un acabado análisis del origen de la dieta es la utilización de isótopos estables.

La técnica de isótopos estables, se basa fundamentalmente en la relación entre compuestos con su masa atómica normal y los compuestos “pesados” con un neutrón extra en el núcleo (por ello la denominación). Los compuestos pesados se presentan en forma natural dentro de la atmósfera en una fracción infinitesimal (‰), pero al ser incorporados dentro de los organismos varían en su concentración. Por ejemplo, la variación entre la proporción carbono, C^{12} y C^{13} ($\delta^{13}C$) es determinada por la fijación de CO_2 atmosférico a través de los diferentes modos de fotosíntesis que presentan las plantas (C3, C4 y CAM). Cada una de ellas, presenta una tasa diferente de fijación de C^{13}; como consecuencia de esto, se puede reconocer la “firma isotópica” de las plantas constituyentes de una comunidad. Ya que las especies de plantas marinas (algas) solo presentan fotosíntesis de tipo C3, es fácil reconocer los aportes de nutrientes de origen marino *versus* los de origen terrestre (Gannes et al. 1998). A su vez, el Nitrógeno (N) atmosférico es fijado por las plantas a través de la simbiosis con bacterias y hongos y en algunos casos (como en leguminosas) por incorporación directa. Por lo general, se ha descrito que el N que es consumido a través de proteínas presenta un enriquecimiento de N^{15} entre 3 a 5 ‰ de la dieta original. En este caso la relación isotópica $\delta^{15}N$ va aumentando en función del consumo de proteínas dentro de la red trófica (Gannes *et al.* 1998). En resumen, el estudio complementario de la dieta utilizando isótopos estables permite: (1) a partir de $\delta^{13}C$ el origen de la dieta (marino-terrestre) y (2) a partir de $\delta^{15}N$ se permite determinar la posición trófica del consumidor. Por ejemplo, dentro de un sistema estuarino ubicado en el Sur de California, similar al humedal del río Cruces, se han podido reconocer los sitios de pesca preferentes por parte de las aves acuáticas, en función de la comparación isotópica entre las fecas y la de los peces (Kwak & Zedler 1997). Gracias a este tipo de información se ha podido determinar no solo la dieta de las aves, sino las áreas dentro del estuario que utilizan predominantemente para su alimentación.

ii) Objetivo general

Caracterizar las interacciones tróficas que existen dentro de la comunidad de especies presentes dentro del humedal del río Cruces y determinar la firma isotópica a partir de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ para determinar los flujos de nutrientes dentro de este sistema.

iii) Objetivos específicos

1) Determinar los componentes comunitarios que podrían ser relevantes en la mantención de la estabilidad de la comunidad, en otras palabras, evaluar si existen especies clave que determinan la estructura comunitaria del humedal del río Cruces.
2) Determinar las vías de traspaso de nutrientes dentro de la comunidad y de esta forma evaluar las potenciales vías de bioacumulación de metales pesados y/o contaminantes en general.

iv) Materiales y métodos

Sitios de muestreo: Para poder caracterizar la comunidad de especies establecida dentro del humedal, se seleccionaron cuatro sectores: el sector alto del río Cruces (Puente Rucaco), inicio del Santuario de la Naturaleza (río Cruces, sector Fuerte San Luis), zona media del Santuario (río Cruces, Sector Santa María), hasta las cercanías de Valdivia (río Cayumapu) (Fig. 16). De esta forma, se obtendrán muestras de los ambientes más representativos del humedal del río Cruces.

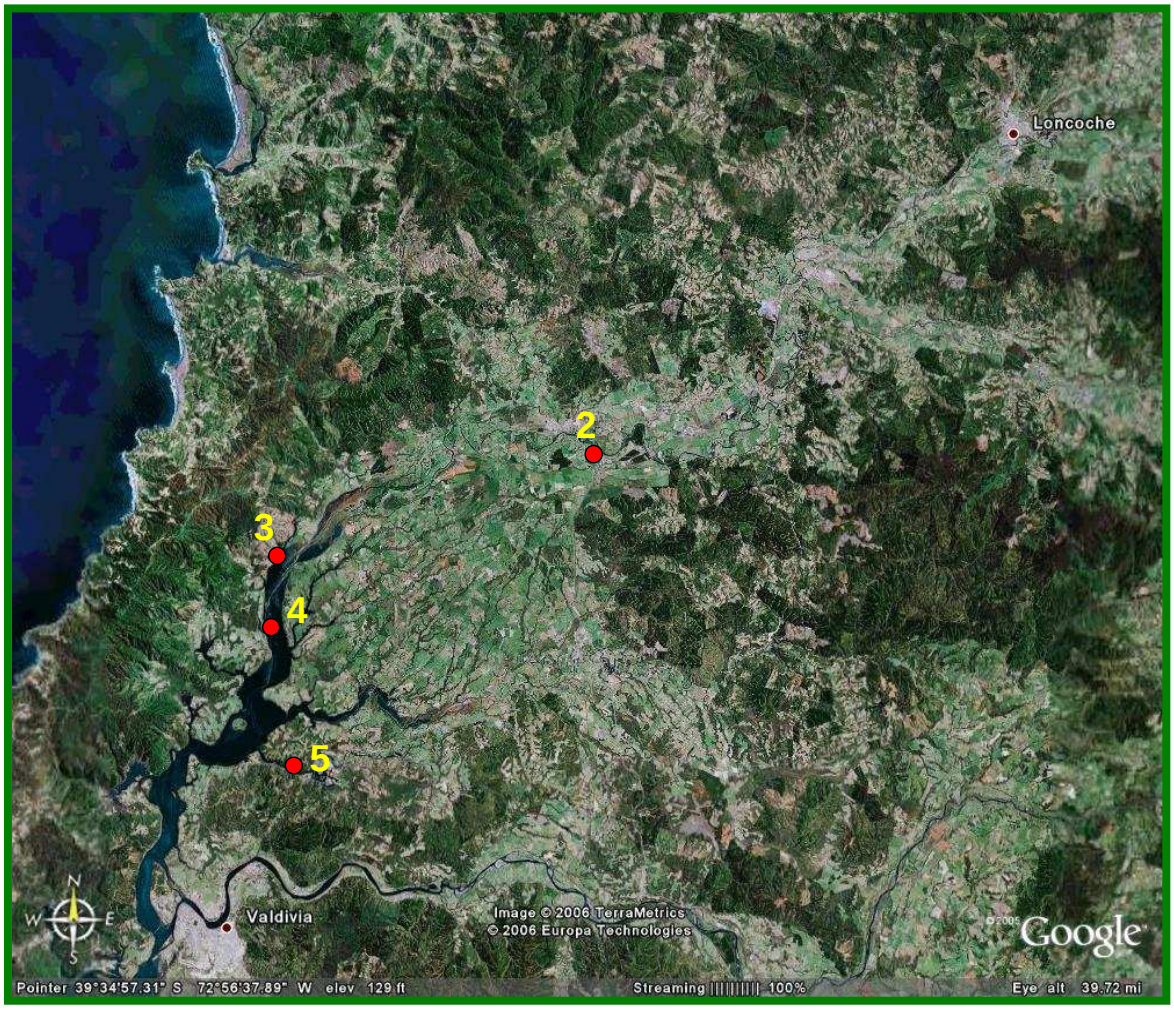


Figura 16. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo de la condición trófica del humedal del río Cruces. 2 = río Cruces, sector Rucaco, 3 = río Cruces, sector San Luis, 4 = río Cruces, sector Santa María, 5 = río Cayumapu.

Obtención de las muestras: Las muestras serán recolectadas dos veces al año, la primera entre Junio y Agosto (invierno) y la segunda entre Diciembre y Enero (verano). De esta forma, se incorporarán las especies migratorias que utilizan el humedal durante el período estival. Las muestras incluirán organismos de la macrófitas, invertebrados bentónicos, peces, aves y mamíferos. En el caso de las macrófitas, se extraerán muestras de tejido directamente en terreno. Para el caso de la macroinfauna, las muestras serán procesadas a partir de los organismos completos. Para el caso de peces, las muestras se obtendrán a partir de tejido muscular. En el caso de aves, las

muestras se obtendrán a partir de sangre y plumas. Finalmente, para el caso de mamíferos, las muestras serán obtenidas a partir de la recolección de restos fecales frescos. Todas las muestras se obtendrán en forma simultanea con el programa de monitoreo de variables biológicas (4.1.2. utilizando las técnicas descritas en dicho punto. En aves, las muestras se obtendrán a partir de capturas dirigidas utilizando una escopeta de red.

La proporción de los ítems tróficos se realizará a partir de diferentes aproximaciones, dependiendo de los organismos. En el caso de los peces, se realizará a partir de análisis estomacales. En el caso de la aves, se determinará a partir de egagrópilas y/o regurgitados. En el caso de mamíferos, se determinará a partir de los contenidos fecales.

Análisis de las muestras: Luego de obtenidas las muestras, estas serán congeladas a -20 ℃ hasta completar el muestreo. Po steriormente serán lavadas en HCl al 10% para la extracción de lípidos siguiendo el protocolo propuesto en Kawak & Zedler (1997), luego en agua destilada, y finalmente secadas en estufa a temperatura de 60 ℃ por 48 horas. La determinación de la conce ntración isotópica se realizará en el "Stable Isotopes Laboratory, University of Arkansas" (Glenn Piercey). La determinación del enriquecimiento isotópico se determina como la fracción infinitesimal (‰), y se calcula a partir de:

$$\delta X = \left[\left(R_{muestra} / R_{es\,\tan\,dar}\right) - 1\right] \bullet 1000$$

donde X es ^{13}C ó ^{15}N, y R corresponde a la razón isotópica $^{13}C/^{12}C$ ó $^{15}N/^{14}N$, respectivamente. $R_{estandar}$ corresponde a la proporción estándar de los isótopos. La medición de δ incluye la medición tanto del isótopo pesado como del liviano, por lo que determina la proporción del isótopo pesado dentro de la muestra.

A partir de esto se realizará la reconstrucción dietaria de cada consumidor determinando la importancia relativa de cada una de las presas. Esto se realiza a partir

de un modelo generalizado de reconstrucción dietaria (Kawak & Zedler 1997, Mackechnie 2004):

$$\delta X_{consumidor} = p\,\delta X_{presa\,1} + (1-p)\,\delta X_{presa\,2}$$

Donde δX es la razón isotópica del tejido del consumidor, $\delta X_{presa\ 1}$ y $\delta X_{presa\ 2}$ corresponden a las tasas isotópicas de la presa 1 y 2 respectivamente, y p corresponde a la proporción de la presa 1 en la dieta (modelo simplificado para dos presas). Estos modelos mixtos que incluyen múltiples ítem tróficos permiten una visión más realista y precisa del flujo de nutrientes entre presas y consumidores. Para identificar la posición trófica de cada especie, se utilizará el modelo de red trófica simple (Post 2002), basado en que el enriquecimiento ^{15}N que proviene de una red trófica simple:

$$PT_{CS} = \lambda + \left(\delta^{15}N_{CS} - \delta^{15}N_{base}\right)/\Delta n$$

donde PT_{cs} es el valor de la posición trófica del consumidor secundario, λ corresponde a la posición trófica del organismo utilizado para estimar $\delta^{15}N_{base}$ (donde λ = 1 para el productor primario), $\delta^{15}N_{CS}$ corresponde al valor medido directamente del consumidor (secundario o mayor), y Δn corresponde al enriquecimiento de $\delta^{15}N$ por nivel trófico, que normalmente esta en un rango de 3 a 4 ‰, y generalmente se estima como 3.6 ‰ (Peterson & Fry 1987).

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Este será llevado a cabo a partir de los muestreos realizados en invierno y en verano, del análisis de proporciones de las presas y de isótopos estables. La determinación de las potenciales especies claves dentro del sistema se determinará en función de la presencia e importancia relativa de las presas dentro de la dieta de los consumidores. Con esto se puede estimar la amplitud del nicho trófico de cada

consumidor y el nivel de sobreposición de estos. De esta forma, las especies que aparezcan en forma frecuente y en gran proporción, podrán ser consideradas especies clave o prioritarias para la mantención de la estructura comunitaria.

En relación a objetivo específico 2:

Esta será llevado a cabo a partir de los muestreos realizados en invierno y en verano, del análisis de proporciones de las presas y de isótopos estables. En conjunto con la determinación de la reconstrucción dietaria, la determinación del nivel trófico de consumo de alimentos determina la dirección y magnitud del flujo de nutrientes dentro de la red trófica. De esta forma, teniendo esta información se pueden obtener las vías más importantes de flujos de nutrientes entre las diferentes especies que conforman la red trófica. Esto puede ser utilizado como base para poder predecir, cual es el efecto de bioacumulación de metales pesados y/o contaminantes en general de los niveles basales de la red trófica sobre los niveles superiores.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por el Dr. Mauricio Soto y dos ayudantes.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **5668.33 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	375.69	375.69	375.69	375.69	1502.76
Gastos operacionales	957.00	957.00	957.00	957.00	3828.00
Inversión	337.57	0.00	0.00	0.00	337.57
Total	1670.26	1332.69	1332.69	1332.69	**5668.33**

4.2.3. CARACTERÍSTICAS ECOFISIOLÓGICAS DE AVES ACUATICAS. COORDINADOR: DR. ROBERTO NESPOLO

i) Antecedentes

La energía proveniente del sol es capturada en los ecosistemas por los organismos fotosintéticos. Una pequeña parte de esta energía es fijada en forma de nutrientes disponibles para los animales (Schoener, 1989). De la energía contenida en los nutrientes, a su vez, una parte aún menor es transferida a los animales pues ésta en una forma no inmediatamente disponible (sólo algunos microorganismos pueden degradar la celulosa) (Polis, 1994). Los herbívoros, por lo tanto, enfrentan el problema de extraer energía de la celulosa y otros polisacáridos complejos, que hacen el retorno energético muy poco eficiente, razón por la cual deben pasar la mayor parte del tiempo forrajeando (Sibly & Calow, 1986; Torres-Contreras & Bozinovic, 1997). Los carnívoros, por su lado capturan la energía a través de la depredación. Si bien la energía disponible en los herbívoros es de fácil procesamiento, su captura no lo es y los carnívoros enfrentan en último término el mismo problema: la dilución de la energía y los nutrientes en el ambiente (McNab, 2000).

La evolución por selección natural impuso la maximización de las tasas de adquisición y procesamiento de la energía y la minimización de sus costos asociados (Sibly & Calow, 1986). Como resultado, se ha visto que en la naturaleza, las plantas y animales exhiben diseños óptimos en muchos aspectos de su estructura y función (Weibel et al., 1991). Esta "*maximización de la adecuación Darwiniana*" trae como consecuencia que la mantención del balance energético obligue a los animales a tomar "decisiones" fisiológicas, en base a la integración de señales sociales, ambientales y fisiológicas (Vleck & Vleck 2002).

Para el caso del humedal del río Cruces y cauces adyacentes, se conoce que durante el año 2004 ocurrió una perturbación ambiental que afectó el ecosistema, lo cual fue evidenciado por la mortalidad masiva del Luchecillo (*Egeria densa*), la planta

acuática que sostenía al ensamble de aves herbívoras del humedal, notablemente los Cisnes de cuello negro, *Cygnus melanocoryphus* que comenzaron a morir y a emigrar. La información preliminar existente permitió concluir que los cisnes abortaron tempranamente la reproducción al identificar que no existía "excedente" energético necesario para este proceso. La persistencia de esta situación, habría obligado a las aves a desplazarse a otros cursos de aguas en busca de alimento. Si bien *C. melanocoryphus* es un ave voladora, los cisnes en general son aves que vuelan sólo en condiciones extremas, por lo cual este desplazamiento podría haber significado un costo energético importante, sobre todo considerando su condición nutricional. Este razonamiento ha sido planteado numerosas veces en aves silvestres enfrentadas a cuellos de botella nutricionales (Totzke et al. 1999, Domingo-Roura et al. 2001, Vleck & Vleck 2002, Sarasola et al. 2004) y sugiere que una parte de las aves moriría espontáneamente, especialmente los juveniles y los individuos defectuosos (como efectivamente ocurrió, véase informe UACh-CONAMA). Los resultados de análisis hematológicos mostraron indicios de una anemia leve que afectaba mayormente y significativamente a las hembras, y una marcada leucopenia comparado al grupo control. Es sabido que el costo de la reproducción en las aves, es mayor en las hembras por la producción de huevos. Aunque no se registraron puestas durante los años 2004, 2005 y mayor parte del 2006, es muy probable que las aves hayan incurrido en la síntesis de huevos y abortado el evento reproductivo debido al cuello de botella nutricional. Aunque los huevos hayan sido reabsorbidos, el costo de su producción es notablemente mayor que su contenido energético, lo cual podría haber dejado a las hembras en un estado fisiológico más vulnerable que los machos, como reflejan los datos.

Este Proyecto propone extender este razonamiento basado en el principio de asignación de energía aplicado a los cisnes (Cody, 1966; Gadgil & Bossert, 1970; Sibly & Calow, 1986), a los componentes clave del ecosistema del humedal. Si bien los estudios realizados en el río Cruces durante el año 2004 dieron cuenta de las causas y consecuencias próximas de las perturbaciones, estos fueron realizados bajo condiciones poco replicables debido a la premura y limitaciones logísticas y por lo tanto,

constituyen sólo información preliminar sobre los mecanismos subyacentes a la variabilidad biológica observada en el humedal. La elaboración de un cuadro más general, basado en experimentos controlados y replicables, y estudios a mediano y largo plazo permitirá construir un modelo fisiológico predictivo de los componentes claves del ecosistema del humedal. Esta información, integrada con los estudios multidisciplinarios en otros componentes y niveles organizacionales que se están proponiendo, permitirá conocer cuantitativamente los procesos que dan cuenta de los patrones que hasta ahora se han descrito. Un primer paso en este sentido es estudiar la bioenergética de las aves del humedal, partiendo por las especies más importantes numérica y funcionalmente, las aves herbívoras compuestas por el Cisne de cuello negro, *Cygnus melanocoryphus* y la tagua, *Fulica armillata*. Si bien se conoce la alimentación de estas aves en diversos humedales de Chile, la que está compuesta primariamente por plantas nativas sumergidas como Hierba del Sapo (*Myriophyllum elatinoides*), Pasto pinito (*M. aquaticum*), Huiro verde (*Potamogeton lucens*), Huiro rojo (*P. berteroanus*), Huiro (*P. pectinatus, P. linguatus*) y fundamentalmente la especie alóctona, Luchecillo (*Egeria densa*) (Corti 1996, Corti & Schlatter, 2002, Ramírez et al., 1982), el aporte cuantitativo de éstas a su dieta, su selección y aporte nutricional son muy poco conocidos. En base a este mismo razonamiento, se incorporará una especie carnívora (piscívora), la garza Cuca (*Ardea cocoi)*.

ii) Objetivo general

Conocer la bioenergética de aves herbívoras y carnívoras en relación a la calidad y cantidad de aportes nutricionales del humedal, y determinar cómo el presupuesto energético se ve modificado durante los procesos de cuello de botella nutricionales (i.e., reproducción).

iii) Objetivos específicos

1) Determinar las desviaciones de las tasas de metabolismo basal respecto de lo esperado por tamaño corporal y asociación taxonómica.

2) Determinar la tasa metabólica sostenida en las especies estudiadas, para establecer el monto de energía y nutrientes mínimo requerido para mantener su masa corporal, tanto en cantidad como en tipo de nutrientes.
3) Construír la curva temperatura ambiental (Ta) *versus* consumo de oxígeno (VO_2) para las aves estudiadas para luego determinar experimentalmente, los impactos energéticos de los procesos más costosos del ciclo de vida de la especie (i.e., reproducción e incubación).
4) Establecer un modelo de deprivación de ingesta en base a un experimento controlado, monitoreando las variables bioenergéticas, bioquímicas y hematológicas de las especies en estudio.
5) Estimar el cuociente respiratorio, y en base a esto cuantificar estacionalmente la razón de procesamiento de los distintos nutrientes del ambiente.
6) Estimar la cantidad estacional de energía cosechada por las aves en el humedal.

iv) Materiales y métodos

Captura de aves: Las aves se capturarán mediante métodos estándar. Los cisnes serán capturados por medio de botes motorizados y redes ornitológicas, las taguas y garzas mediante red de cañón portátil. Las taguas y cisnes se mantendrán en cautiverio con Luchecillo extraído de la zona de captura y las garzas se mantendrán con alevines de salmón e insectos obtenidos mediante métodos de cultivo estándar.

Mediciones experimentales: El metabolismo aeróbico se medirá mediante un sistema de respirometría de Oxígeno (Oxcilla II, Sable Systems ®) combinado con un analizador de CO_2 Li Cor 7000 ® para determinar cuociente respiratorio (RQ = VCO_2/VO_2). Este sistema estará asociado con una cámara metabólica adaptada para grandes animales (100 litros) y una cámara climática con control de temperatura, humedad y fotoperíodo Pi Tec ®. Para conocer el diferencial térmico entre el animal y el ambiente, se registrará dentro de la cámara la temperatura corporal y ambiental simultáneamente con las mediciones de metabolismo mediante un termómetro-termocupla Cole Parmer ®.

Mediante las estimaciones de digestibilidad en masa y energía se podrá establecer la eficiencia de la extracción de energía de los distintos ítems tróficos. Además de Luchecillo, se efectuarán estos experimentos para los ítems tróficos más importantes de acuerdo a las mediciones preliminares conductuales y de oferta trófica por parte de los investigadores de los Proyectos 4.2.2. (Condición Trófica del Humedal) y 4.3.3. (Biomanipulación y Conservación de Aves Acuáticas). Los experimentos con Luchecillo se replicarán con plantas recolectadas dentro y fuera del humedal (río Calle Calle) para controlar por posibles efectos de contaminantes. En base a los resultados del Proyecto 4.2.2. (Condición Trófica del Humedal) se conocerán los ítems tróficos explotados por las garzas que se usarán para los experimentos de digestibilidad y SusMR. El contenido nutricional de las distintas presas de especies carnívoras no varía sustancialmente entre sí. Sin embargo para los objetivos del Proyecto, la acumulación de metales pesados en las presas de las garzas podría representar un potencial cuello de botella nutricional. Las experiencias que siguen (en el caso de las garzas), con presas provenientes del humedal (peces, insectos y larvas de anfibios) y no provenientes del humedal, entregarán información clara respecto a si las primeras poseen alguna condición que afecte a los procesos de asimilación, tasa metabólica sostenida y costo energético de mantención.

Los experimentos se realizarán en una exclusión específicamente montada para grandes aves acuáticas en terrenos del ECOCENTRO de la UACh y consistirán en determinar durante cinco días en 10-20 individuos la masa total seca de la ingesta y la masa seca de la egesta. Estas experiencias permitirán calcular la tasa metabólica sostenida (SusMR) por cada individuo, como: Ingesta (masa seca) de Alimento diaria – Egesta (masa seca) de Alimento diaria x Contenido energético del alimento (Bacigalupe et al., 2004) y la digestibilidad del alimento como la ingesta de alimento menos la egesta, dividido por la ingesta (masa seca). Las muestras (luego de secadas a 60℃) se analizarán en el laboratorio de Ecofisiología del Instituto de Ecología y Evolución mediante una bomba calorimétrica Parr 6725® y una balanza de semi – precisión Chyo ® (±0.1 g) luego de secar el material. Además, se realizarán pruebas de cafetería con

los ítems tróficos correspondientes para cada especie para determinar si las aves presentan preferencias por plantas/presas ofrecidas.

Los experimentos bioenergéticos, de SusMR y de digestibilidad serán realizados al menos en tres tipos de aves: juveniles, adultos no reproductivos y adultos reproductivos (i.e., se repetirán en tres distintos períodos del año). Idealmente, y dependiendo del éxito de captura, se repetirán los experimentos para machos y hembras.

Las pruebas de deprivación de ingesta permitirán construir un modelo cuantitativo de las fases fisiológicas que experimentan las tres especies de aves durante la escasez de alimento. Estos experimentos consistirán en capturar diez a veinte aves no reproductivas y someterlas a un tratamiento de deprivación total y parcial (40% del aporte calórico normal) de ingesta durante cinco días (véase Totzke et al., 1999). Cada día se realizarán extracciones de sangre para determinar los parámetros bioquímicos (beta hidroxibutirato, triglicéridos, ácido úrico, urea, glucosa) y hematológicos (hematocrito, concentración de hemoglobina plasmática, recuento globular de glóbulos rojos y blancos y se determinará el cuociente respiratorio al comienzo y al término del experimento, en base a los registros simultáneos de VCO_2 y VO_2. Otro grupo de 5-10 aves será mantenido como control, en las cuales se determinarán las mismas medidas fisiológicas pero con alimento *ad limitum*, no proveniente del humedal La literatura indica que las aves herbívoras son capaces de sobrevivir sin síntomas de desnutrición por sobre dos semanas (Boismenu et al., 1992), mientras que las carnívoras lo hacen por más de un mes (Totzke et al., 1999; Alonso-Alvarez & Ferrer, 2001). Además, la determinación simultánea de las variables fisiológicas indicará si alguno de los individuos debe ser retirado del experimento.

La toma de muestras de sangre (aproximadamente 5 ml) se realizará desde la vena humeral. Esas muestras serán mantenidas en tubos con heparina (hematología y perfil bioquímico), a 4ºC y procesadas en el laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Medicina Veterinaria de la UACh. Las aves serán marcadas con un anillo

numerado, pesadas y medidas. Para el análisis bioquímico, las muestras serán centrifugadas y el plasma resultante analizado mediante un procedimiento automatizado (Cobas-Mira-Plus, Roche Diagnostics Corporation). Los análisis hematológicos se realizarán por métodos estándar (microscopía y conteo manual en cámaras de Neubauer para recuento globular, frotis de sangre y hematocrito, véase Campbell, 1995). Las muestras serán centrifugadas a 7000 rpm durante10 minutos para separar el plasma de la fracción roja y a 12000 rpm para la estimación de hematocrito.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Captura y aclimatación de las aves experimentales, durante época reproductiva y no reproductiva (tiempo aproximado: seis meses). Determinación de las tasas metabólicas basales (un mes por año).

En relación a objetivo específico 2:

Experimentos de digestibilidad y asimilación por dieta, en época reproductiva, crecimiento y adulta no reproductiva (cinco meses por año).

En relación a objetivo específico 3:

Realización de experimentos de respirometría a diferentes temperaturas ambientales en época reproductiva, no reproductiva y crecimiento (cinco meses por año).

En relación a objetivo específico 4:

Determinación de variables plasmáticas (bioquímica y hematología), vía complejos experimentos que involucran mediciones plasmáticas diarias durante cinco días, pero dos mediciones totales de metabolismo. Los experimentos tendrán una

duración de cinco días por especie (15 días) más el tiempo necesario para las determinaciones metabólicas (una hora por individuo en este caso, tres días de medición por especie). Los experimentos se realizarán durante el segundo y tercer año del Proyecto en aves adultas no reproductivas (tres meses por año).

En relación a objetivo específico 5:

Realización de cálculos en base a los experimentos de respirometría del objetivo específico 3.

En relación a objetivo específico 6:

Se alcanzará al término de la etapa experimental, es decir en los últimos seis meses del estudio. Integración de todos los resultados de este Proyecto, con parte de los resultados en otros grupos para calcular el flujo global de energía que dan cuenta las aves consideradas.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Roberto Nespolo, Mauricio Soto, el Med. Vet. Claudio Verdugo, la Biol. Mar. Paulina Artacho (Cand. Dr.) y el Lic. C. Biol. Luis Castañeda (Cand. Dr.).

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **10138.12 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	817.68	817.68	817.68	618.78	3071.82
Gastos operacionales	781.77	781.77	781.77	781.77	3127.07
Inversión	3939.23	0.00	0.00	0.00	3939.23
Total	5538.67	1599.45	1599.45	1400.55	**10138.12**

4.2.4. CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES Y COMUNITARIAS DE LAS ESPECIES NATIVAS Y ALÓCTONAS DEL HUMEDAL. COORDINADORES: DR. EDUARDO JARAMILLO, DR. NELSON LAGOS y DR. ANGELICA CASANOVA.

i) Antecedentes

El estudio de las características dinámicas de poblaciones y comunidades de humedales es crucial para el desarrollo de herramientas de conservación y manejo de estos ecosistemas (Wisheu & Keddy 1996). La importancia de ambas temáticas se refleja en el fuerte desarrollo teórico y empírico que manifiestan las disciplinas de ecología de poblaciones (e.g., Royama 1991, Turchin 2002) y de comunidades (Diamond & Case 1986, Begon et al. 1991) y en el desarrollo de aproximaciones metodológicas distintas para identificar los principios y patrones de organización, estructura y función de estos niveles de la organización biológica.

Por otra parte, a pesar de las diferencias teóricas y metodológicas de la ecología de poblaciones y de comunidades, por lo general ambas disciplinas tienen un enfoque

cuantitativo similar en el sentido que ambas intentan establecer patrones característicos en el número de individuos (poblaciones) y en la riqueza de especies (comunidades), y sus patrones de cambio a través del tiempo y del espacio. Por esto, gran parte del desarrollo de este Proyecto corresponde a la integración con los Proyectos 4.1.2.2. a 4.1.2.7., incluidos en la Línea de Acción Monitoreo de Variables Biológicas. Esos Proyectos generarán bases de datos de diferentes componentes bióticos del ecosistema del humedal del río Cruces, tales como macrófitas, invertebrados bentónicos, peces, anfibios anuros y aves. Por lo tanto, el principal aporte de este Proyecto es establecer una base teórica y metodológica común para el procesamiento, análisis y generación de una síntesis ecológica de la dinámica espacial y temporal de las poblaciones y comunidades del humedal del río Cruces. En consecuencia en este Proyecto se amplia hacia otros grupos taxonómicos (*e.g.* macrófitas, invertebrados bentónicos y peces), la base comparativa diseñada para sintetizar las propiedades poblacionales y comunitarias de la avifauna desarrollada en el informe UACh-CONAMA (2005).

Este Proyecto, no sólo se propone desarrollar una descripción biológica sino también establecer lineamientos, con el fin de desarrollar estudios que intenten vincular las propiedades de las poblaciones y comunidades con variables ambientales que están siendo registradas simultáneamente por los monitoreos ambientales. Esta perspectiva es especialmente importante, ya que puede establecer una base de entendimiento a los patrones biológicos registrados pudiendo descomponer la influencia relativa de factores naturales de aquellas influencias que deriven de factores antropogénicos. Dada la naturaleza de la problemática actual del humedal del río Cruces, los resultados de este Proyecto serán particularmente interesantes para describir el estado, dinámica e interacción entre el componente biótico y abiótico del área de estudio.

ii) Objetivo general

Desarrollar una síntesis de las características poblacionales y comunitarias de los componentes más conspicuos del humedal del río Cruces (macrófitas, invertebrados bentónicos, peces y avifauna)

iii) Objetivos específicos

En relación a dinámica poblacional:

1) Describir las principales propiedades estadísticas de la dinámica de las poblaciones consideradas.
2) Determinar las tendencias y variaciones intra e inter-anuales en las abundancias poblacionales.
3) Determinar las ventanas temporales en las cuales ocurren los procesos reproductivos, de reclutamiento y de dispersión.
4) Establecer las escalas espaciales y temporales relevantes de variación en las abundancias poblacionales.

En relación a la dinámica comunitaria

1) Determinar los patrones de variación espacial y temporal de la diversidad de las comunidades.
2) Determinar las escalas de variación relevantes de la dinámica de diversidad de las comunidades estudiadas.
3) Determinar los patrones de ordenamiento de las comunidades en función de la distribución y abundancia de individuos entre las especies que forman las comunidades.

iv) Materiales y métodos

Dinámicas poblacionales: Se caracterizarán las propiedades estadísticas de las abundancias poblacionales, para las especies registradas por los monitoreos respectivos en función de un completo análisis de estadística descriptiva considerando la estimación de promedios, variaciones y distribución de los datos, abundancia (N) y las tasas de cambio poblacional estimadas como las diferencias en abundancia entre periodos de muestreo ($\Delta N = Nt - Nt\text{-}1$).

Para determinar las tendencias y variaciones intra e inter-anuales en las abundancias poblacionales, se evaluará la variabilidad temporal de la abundancia de individuos de cada especie medida por el índice–s, que corresponde a la desviación estándar de los datos logaritmizados de abundancia (Lewontin 1966). Este índice permite la comparación entre especies y entre distintas escalas temporales para la misma especie. Por lo tanto, permitirá establecer una base cuantitativa para la comparación de las dinámicas inter e intra-anuales de las poblaciones estudiadas. Estos análisis serán desarrollados para cada estación de monitoreo durante los cuatro años del Proyecto. Las tendencias temporales en la dinámica poblacional de las especies serán estimadas ajustando un polinomio de tercer orden a la serie temporal de datos (Legendre & Legendre 1998). En general, este método se usa para "suavizar" las fluctuaciones temporales de los datos y logra describir de manera adecuada la estructura de largo plazo existente en series de tiempo (Legendre & Legendre 1998, Fromentin et al. 2000). Se realizará un ajuste de tendencia a través del tiempo en dos escalas: i) intra-anual, e ii) inter-anual, realizando un ajuste polinomial que use sólo los cuatro datos estacionales o de mayor resolución según corresponda a la periodicidad del monitoreo.

Para determinar las ventanas temporales en las cuales ocurren los procesos reproductivos, de reclutamiento y de dispersión, se evaluarán los periodos de tiempo que sistemáticamente manifiesten aumentos y descensos en el número de individuos. Al final de los cuatro años del Proyecto se espera tener una cantidad de datos relevantes que permita identificar objetivamente estos procesos biológicos.

Finalmente, mediante análisis de autocorrelación espacial (Lagos et al. 2005) y temporal (Chatfield 1989) se establecerán las escalas espaciales y temporales relevantes de la variación en las abundancias poblacionales. La autocorrelación parcial, al igual que en análisis de regresiones, mide la fuerza de la correlación entre pares de datos ordenados secuencialmente en una serie de tiempo, considerando la correlación con otros términos de la serie. Así, la autocorrelación parcial a desfase k, mide la correlación entre el residual de tiempo t de un modelo auto-regresivo y la observación a

desfase k, considerando todos los desfases presentes en el modelo auto-regresivo. El gráfico de la autocorrelación parcial *vs.* el desfase temporal respectivo, se denomina función de autocorrelación parcial (PACF) y es una herramienta de diagnóstico para seleccionar los términos a incluir en un modelo auto regresivo (MINITAB 1998). Estos análisis son válidos cuando se cuenta con una cantidad de datos temporales relevantes. En el caso que el registro de datos para una especie sea bajo, el análisis considera la aplicación de análisis de varianza anidado (Underwood 1997), donde se pone a prueba la existencia de diferencias significativas entre diferentes unidades espaciales (o temporales).

Dinámicas comunitarias: Para determinar los patrones de variación de la diversidad de especies a través del tiempo y espacio, se integrarán las bases de datos de las diferentes comunidades registradas en los monitoreos de macrófitas, invertebrados, peces y aves. Para cada fecha de muestreo y sitio se calcularán los siguientes índices de diversidad: i) número o riqueza de especies (S) para fecha de muestreo, ii) tasa de cambio en la riqueza de especies, $\Delta S = St – St\text{-}1$, que corresponde a la diferencia en S entre periodos de muestreo consecutivos, iii) índice de diversidad de Shannon $H' = \Sigma\ pi \log pi$, donde pi es la frecuencia o importancia de la abundancia de una especie, relativizada por la abundancia total de individuos presentes en la muestra (sitio o fecha de muestreo), iv) equitatividad E (“evenness”) estimada como $E = H'/ \ln (S)$, por lo que puede ser interpretada como la uniformidad de especies cuya abundancia es distinta de cero en un determinado sitio o fecha de muestreo, y v) dominancia de Simpson, D para poblaciones finitas, que corresponde a la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar sea de diferentes especies, estimado como $D = 1 - \Sigma\ pi2$ (McCunne & Mefford 1999)

Sobre los resultados de S, E, H y D de cada muestreo se realizará un análisis fenomenológico de series de tiempo, estimando la autocorrelación parcial de cada serie de diversidad de un determinado sitio siguiendo el procedimiento descrito anteriormente (Chatfield 1996). Para describir los patrones de distribución de la abundancia de especies registrada en cada comunidad, para cada sitio y para cada fecha de muestreo

se usará el análisis de escalamiento multidimensional (NMS, McCune & Meffort 1999) con el propósito de construir un ordenamiento que satisfaga las restricciones impuestas por la matriz de similitud entre especies en sus patrones de abundancia a través del tiempo y espacio.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a dinámicas poblacionales:

Recopilación de la data obtenida en los Proyectos 4.1.2.2. a 4.1.2.7. para realizar los análisis estadísticos arriba mencionados.

En relación a dinámicas comunitarias:

Recopilación de la data obtenida en los Proyectos 4.1.2.2. a 4.1.2.7. para realizar los análisis estadísticos arriba mencionados.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Eduardo Jaramillo, Nelson Lagos, Claudio Beltrán, Angélica Casanova, Mauricio Soto y Roberto Nespolo.

ix) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2872.93 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	193.37	193.37	193.37	193.37	773.48
Gastos operacionales	110.50	110.50	110.50	110.50	441.99
Inversión	1657.46	0.00	0.00	0.00	1657.46
Total	1961.33	303.87	303.87	303.87	**2872.93**

4.3. SUBPROGRAMA DE CONSERVACION, SANIDAD Y REHABILITACION

4.3.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RECOLONIZACIÓN NATURAL DE ESPECIES NATIVAS Y ALÓCTONAS EN EL HUMEDAL. COORDINADOR: DR. EDUARDO JARAMILLO

Determinar las capacidades de recolonización natural de especies nativas y alóctonas en el humedal del río Cruces, requiere establecer las bases biológicas y ambientales sobre las cuales es posible que ocurra este proceso. Estos aspectos son incluidos en diferentes Líneas de Acción de este Programa de Investigacion. Por ejemplo, la eventual recolonización natural de la planta alóctona Luchecillo, será evaluada mediante los monitoreos periódicos considerados en el Proyecto 4.1.2.2. (Macrófitas acuáticas). A su vez, la eventual recolonización natural de aquellas aves acuáticas que han emigrado del humedal del río Cruces, como el Cisne de cuello negro y la Tagua, será estudiada como parte del Proyecto 4.1.2.7. (Aves acuáticas). Ambos Proyectos (Macrófitas y Aves acuáticas) están incluídos dentro de la Línea de Acción “MONITOREO DE VARIABLES BIOLOGICAS”. Por otra parte, el registro de las

condiciones ambientales sobre las cuales puede ocurrir esta recolonización será abordada dentro de la Línea de Acción 4.1.1. (MONITOREO DE VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS BIOINDICADORES). Sin embargo, los eventuales procesos de recolonización natural de las macrófitas y aves acuáticas podrían ocurrir a tasas incompatibles con los objetivos y alcances del Plan Integral de Gestión, de ahí que se requieran desarrollar estrategias de recolonización artificial. Estos aspectos son desarrollados en los siguientes dos Proyectos donde se incluye el desarrollo de técnicas de transplantes de macrófitas acuáticas y la incubación y alimentación artificial de aves acuáticas.

4.3.2. BIOMANIPULACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MACRÓFITAS ACUÁTICAS. COORDINADORES: DR. ANGÉLICA CASANOVA, DR. NELSON LAGOS Y DR. EDUARDO JARAMILLO

i) Antecedentes

Las comunidades de macrófitas acuáticas de humedales son interesantes modelos de estudio para poner a prueba la importancia relativa de factores abióticos (e.g., gradientes ambientales) y bióticos (e.g., jerarquías competitivas), sobre los patrones de distribución y abundancia de estas plantas (Wilson & Keddy 1986, Gaudet & Keddy 1995, Weiher & Keddy 1995, Wisheu & Keddy 1996). Por ejemplo, estudios experimentales de campo tendientes a conocer las reglas de ensamblaje de las comunidades de macrófitas acuáticas de humedales, han mostrado que tanto procesos deterministas como estocásticos, son importantes en determinar la estructura final de una comunidad (e.g., Weiher & Keddy 1995). Otros estudios, han resaltado la importancia de los gradientes ambientales (e.g., altura de mareas o nivel del cauce, cambios en el tipo y concentración de nutrientes en los sedimentos), sobre el establecimiento de jerarquías competitivas, ya que dependiendo del total de especies presentes en un área y de la variabilidad espacial en las interacciones entre ellas, la estructura comunitaria puede variar de un lugar a otro (Wilson & Keddy 1986, Moore & Keddy 1989, Gaudet & Keddy 1995, Weiher & Keddy 1995, Wisheu & Keddy 1996,

Keddy & Fraser 2000). Además, para potenciar la interpretación de los resultados de terreno, es necesario establecer las capacidades ecofisiológicas de las macrofitas (e.g., Peterson et al. 2003, Levin 2003, Farnsworth et al. 2003, Pezzato & Monteiro 2004, Chornesky et al. 2005). Dado que las especies invasoras y nativas, difieren en sus características para adquirir recursos y asignar biomasa para funciones competitivas y/o reproductivas (Farnsworth et al. 2003), los estudios ecofisiológicos complementan el cuadro al poner en perspectiva las consecuencias ecológicas de plantas exóticas sobre el ecosistema donde se insertan.

En los humedales del centro sur de Chile los estudios enfocados a establecer patrones de zonación e inventarios de diversidad son escasos (e.g., Ramirez et al. 1991, A. Zuñiga, datos no publicados). Más aún, no existen estudios acerca de las propiedades ecológicas y ecosifiológicas de las macrófitas que habitan estos humedales (e.g., importancia de factores ambientales sobre los patrones de distribución, abundancia de interacciones entre macrófitas acuáticas). Esta falta de información atenta contra cualquier esfuerzo tendiente a establecer programas de manejo y conservación de estas comunidades.

Para revertir esta falta de información científica, se plantea en este Proyecto la prioridad de desarrollar estudios en esa dirección. En conjunto, el desarrollo exitoso de los objetivos que se plantean a continuación, tienen implicancias directas sobre el desarrollo de estrategias de rehabilitación de este ecosistema.

ii) Objetivo general

Determinar las bases ecológicas y ecofisiológicas sobre las cuales se organizan las comunidades de macrófitas del humedal del rio Cruces y cauces aledaños.

iii) Objetivos específicos

En cuanto a la **biomanipulación** de las macrófitas, se propone:

1) Diseñar un protocolo de obtención de ejemplares y mantención de macrófitas nativas y alóctonas (e.g. *Egeria densa*).

2) Determinar la intensidad y dirección de las interacciones entre las macrofitas nativas y *Egeria densa*.

3) Determinar las características ecofisiológicas de las macrofitas nativas y de *Egeria densa*.

En cuanto a la **conservación** de las macrófitas, se propone:

4) Determinar los patrones de riqueza y diversidad de especies de macrófitas en el humedal del rio Cruces.

5) Evaluar las características ambientales de hábitats específicos en los cuales crecen las poblaciones de macrófitas nativas.

6) Cuantificar y mapear la representatividad de habitat adecuados para el crecimiento de plantas nativas en diferentes sectores del humedal del rio Cruces.

7) Desarrollar técnicas de transplantes experimentales, tendientes a evaluar las capacidades de recolonización de las macrófitas bajo las actuales condiciones del humedal.

iv) Materiales y métodos

Obtención de ejemplares: Para desarrollar un programa de **biomanipulación** de las macrófitas presentes en el humedal, se requiere diseñar un protocolo de obtención de ejemplares y mantención de éstos bajo condiciones de laboratorio. Las estrategias ha desarrollar en este sentido incluyen: a) obtención de semillas y logro de su germinación bajo condiciones de laboratorio, b) recolección de plántulas para ser trsladados al laboratorio, y c) recolección de estructuras de reproducción vegetativas en aquellas especies que las poseean. En todos los casos, se evaluará la tasa de crecimiento de las macrófitas mantenidas bajo diferentes combinaciones de parámetros ambientales en condiciones controladas, usando una cámara de cultivo. Los resultados

permitirán contar con material biológico para desarrollar experimentos ecológicos y ecofisiológicos de campo.

Interacciones entre macrófitas: En el caso de los experimentos de carácter ecológico, se intenta determinar la intensidad y dirección de las interacciones entre las macrófitas nativas y *Egeria densa*. Para esto, se seleccionarán tres especies nativas, considerando aquellas que presenten mayor abundancia y tiendan a co-ocurrir en los muestreos de distribución (zonación) en el humedal y que hayan sido manipuladas exitosamente bajo condiciones de laboratorio. Durante el período de mayor crecimiento de las macrófitas (primavera-verano), se usarán protocolos experimentales (microcosmos) desarrollados para estudiar la estructura de comunidades de plantas en humedales del hemisferio norte (e.g., Weiher et al. 1996). Cada unidad experimental consistirá de un contenedor cúbico (0.4 m^3) construido en una estructura de madera. Los lados y el techo del contenedor serán cubiertos con una malla plástica que permita el paso de agua; el fondo y los 10 cm inferiores de cada lado del contenedor serán cerrados con madera que servirá de base para el asentamiento del sedimento a usar en cada microcosmo. A cada microcosmo se le adosarán dos flotadores consistentes de tubos de PVC cerrados en sus extremos (10 cm diámetro), lo que permitirá que exista una columna de agua de aproximadamente 30 cm sobre el sedimento de los microcosmos. Todas las unidades contendrán el mismo tipo de sedimento, consistente de una capa de arena fina (125-250 micrones) que será fertilizada con solución nutritiva completa (diluída) para cultivos hidropónicos, que considera además el uso de concentraciones conocidas de Fósforo. Esto permitirá estandarizar las condiciones del cultivo y determinar la carga anual de P en el sedimento de cada contenedor. Cada microcosmo estará formado por monocultivos de Luchecillo (n=2), tres plantas nativas (n total = 6) y mezclas de Luchecillo con las tres plantas nativas (n total = 6). Estos contenedores se distribuirán a lo largo de un gradiente ambiental horizontal a través del humedal del río Cruces (n = 4 localidades, 56 unidades en total). Este diseño será visitado, revisado y mantenido regularmente durante al menos tres años, considerando un muestreo de abundancia al final de cada estación de crecimiento, mediante muestreo no-destructivo con un cuadrante de 40 puntos de intersección para obtener

una medida de cobertura de las plantas. Los resultados de este diseño experimental, permitirán conocer diferencias en procesos biológicos como tasa de crecimiento del Luchecillo *versus* especies nativas, patrones de dominancia de especies, jerarquías competitivas y eventuales efectos de interferencia entre las especies bajo las actuales condiciones del agua del humedal del rio Cruces. Además, la información sobre los patrones de crecimiento de las plantas a través del gradiente horizontal del humedal, permitirá evaluar el efecto de las diferencias en la calidad del agua observadas a través del humedal. Finalmente, tanto en las especies mantenidas en condiciones de laboratorio como en las incluídas en los experimentos de terreno, se determinarán sus características ecofisiológicas (Objetivo específico 3).

Características ecofisiológicas: En las especies vegetales cultivadas y mantenidas en laboratorio se utilizará como medida de la vitalidad de la planta, las mediciones de la eficiencia fotosintética del fotosistema II con un fluorímetro modulado. Por otro lado, en especies vegetales creciendo en los microcosmos se medirá la tasa de fotosíntesis y de respiración, con un analizador de gases (LICOR 6400, USA) el que además aporta información acerca de la conductancia estomática. Para las especies sumergidas se tomarán muestras, las que serán colocadas en bolsas plásticas (para evitar que se sequen) y se medirá directamente la tasa de fotosíntesis aérea. Conjuntamente a estas mediciones se realizarán mediciones de fluorescencia de la clorofila *a* con un fluorimetro modulado (Diving-PAM, Walz, Germany) como se indicó en el Proyecto 4.1.2.2. (Macrófitas acuáticas). Estas mediciones entregarán una caracterización de la actividad fotoquímica del fotosistema II, que se complementa con las mediciones de tasa fotosintetica aérea y en fase líquida (como se explica más adelante).

Dado que las mediciones de tasa de fotosíntesis (asimilación de CO_2) en especies sumergidas no se puede realizar en terreno en condiciones sumergidas, se realizarán además mediciones de intercambio de gases con un Oxígrafo (Chlorolab I, Hansatech, UK) en plantas trasladadas al laboratorio. El Oxígrafo tiene un electrodo de Clark, que permite, a través de la medición de evolución de oxígeno en fase líquida

(para lo cual se mantiene la hoja en una solución similar a la de su habitat y se mide la producción de O_2), la determinación de la tasa de fotosíntesis neta y la tasa de respiración, así como el análisis de curvas de luz y temperatura, lo que permitirá caracterizar el aparato fotosintético, en cuanto a los óptimos de luz y temperatura (puntos de compensación luminoso y de temperatura). Estas propiedades fotosintéticas (tasa de fotosíntesis aérea, fluorescencia de la clorofila, tasa de fotosíntesis en fase líquida) serán determinadas tanto en especies vegetales crecidas o mantenidas en laboratorio, así como en el microcosmos. Con estas mediciones se espera encontrar diferencias en el desempeño fotosintético del Luchecillo y las especies nativas del humedal y los cambios que producen las interacciones entre las especies nativas y exóticas sobre la actividad fotosintética.

Los resultados de los estudios ecofisiológicos representan una aproximación mecanicista que apoyará el entendimiento de los procesos involucrados en la estructuración de las comunidades de macrófitas acuáticas del humedal. Los resultados de todos estos estudios, se analizarán con análisis de varianza o y/o estadística no paramétrica, según corresponda.

Patrones de riqueza y diversidad de macrófitas: En cuanto a los estudios tendientes a establecer bases biológicas y ambientales para la conservación de las macrófitas del humedal del río Cruces, se realizarán determinaciones de la distribución, cobertura y biomasa de macrófitas acuáticas durante los cuatro años del Proyecto, en las mismas estaciones indicadas en la Figura 10. Antecedentes preliminares (A. Zuñiga, datos no publicados) permiten sostener que las especies *Ludwigia peploides* (Clavito de agua), *Nymphaea alba* (Loto) y varias especies de juncos y totora (*Juncus dombeyanus, J. procerus* y *Cyperus eragrostis*), presentan actualmente la más alta cobertura, tanto en el río Cruces como en el río Calle Calle. Para caracterizar la distribución espacial de la abundancia y diversidad de macrófitas se utilizarán los métodos descritos en el Proyecto 4.1.2.2. (Macrófitas acuáticas). Estos métodos consideran caracterizar las variaciones verticales en la cobertura vegetal o zonación usando transectos de ancho mayor a 3 m y una longitud variable (dependiendo de la topografía del sitio de

muestreo), perpendiculares a la orilla del cuerpo de agua y subdividos en tres niveles (Alto, Medio y Bajo, desde la tierra hacia el agua), equiespaciados y de extensión variable. La distribución espacial (zonación) de las macrófitas y sus propiedades será analizada mediante análisis estadísticos univariados (ANDEVA, Tukey HSD, BACI) y multivariados (eg. MDS, cluster) (Carr 1997; Sokal & Rohlf 1995; Stewart-Oaten & Bence 2001, Underwood 1992).

El anterior esquema de muestreo será realizado en sitios que presenten una estructura topográfica que lo permita; es decir, que cuenten con una plataforma de extensión variable donde se manifieste el desarrollo de macrófitas terrestres, de interfase y sumergidas. Estos requisitos son claves para el desarrollo del objetivo destinado a evaluar las características ambientales de hábitat, específicos de las poblaciones de macrófitas nativas.

Evaluación de características ambientales de habitat específicos: Muestreos realizados en el verano del 2006 indican que la mayor diversidad de especies de macrófitas acuáticas se manifiesta en lagunas aledañas al río Cruces, principalmente asociadas a hábitat de aguas someras y con bajo hidrodinamismo. Este objetivo intenta identificar sitios que presenten este tipo de propiedades y caracterizar la extensión (m^2), inclinación (grados) y heterogeneidad (razón entre la longitud de una cadena alineada sobre la plataforma y la distancia lineal de la plataforma medida con una huincha) como en las propiedades fisicas y quimicas de las aguas adyacentes a estas plataformas (i.e. temperatura, conductividad, pH y oxígeno medidos *in situ*). Mediante análisis de regresión múltiple se evaluará el efecto de las variables topográficas, físicas y químicas sobre la diversidad de macrófitas y sobre la abundancia de poblaciones específicas. Para esto se estimará la correlación semiparcial (Fleckleton 2002), que representa el efecto puro de cada variable ambiental sobre los patrones de diversidad y abundancia poblacional.

Cuantificación y mapeo de habitats adecuados para el crecimiento de macrófitas nativas: La estimación del efecto de diferentes combinaciones de factores ambientales para explicar los patrones de diversidad y abundancia de macrófitas, permitirá definir tipos de hábitats adecuados para el crecimiento de las mismas. Conociendo estas características (topográficas, físicas y químicas), se cuantificará y mapeará la representatividad de los hábitat adecuados para el desarrollo y crecimiento de macrófitas nativas dentro del humedal del río Cruces Los resultados de modelos de regresión múltiple serán analizados en conjunto con los rersultados del Proyecto 4.1.3. Monitoreo de series multitemporales en imágenes satelitales. Ese Proyecto se enfoca a desarrollar un sistema de información geográfica (SIG) para el soporte, almacenamiento y modelación de la cobertura vegetal y de agua del río Cruces a una escala de 3 m^2. Dado que las propiedades topográficas y físicas de los distintos tipos de hábitats caracterizado mediante el desarrollo del Objetivo específico 4 se realizará a la misma resolución espacial (transectos de más de 3 m^2), estos datos serán georeferenciados y proyectados como una capa de información adicional de este SIG. Mediante un análisis de múltiples criterios, se evaluará en que otros sectores del humedal se observan similares condiciones topográficas. Además, mediante una validación de campo se determinará si el sitio definido como adecuado para el crecimiento de macrófitas por el modelo SIG presenta el desarrollo de una determinada cobertura vegetal de macrófitas. En el caso que no exista tal desarrollo de macrófitas, esto no implica que el modelo arroje resultados erróneos, sino que se requiere una validación de campo que considere la instalación de transplantes de macrófitas a sitios propuestos por el modelo. Para esto se desarrollarán técnicas de transplantes experimentales tendientes a evaluar las capacidades de recolonización de las macrófitas nativas y exóticas bajo las actuales condiciones del humedal.

Transplantes experimentales: La realización del objetivo específico 7, es especialmente importante ya que apunta a resolver aspectos que no consisten en una simple generación de conocimiento acerca de las estrategias de colonización de las macrófitas, sino a desarrollar estrategias que vayan en beneficio directo de la rehabilitación y sustentabilidad del humedal del río Cruces. Para la rehabilitación del

humedal, los esfuerzos estarán dirigidos a desarrollar transplantes de *Egeria densa* (Luchecillo) hacia sectores que históricamente han sido dominados por esta especie exótica (véase Ramírez et al. 1991, San Martín et al. 1993). El segundo aspecto apunta a lograr establecer la base de la estructura trófica de las aves herbívoras y otros componentes bióticos del humedal. El tener ambos aspectos en consideración es importante, ya que una técnica de transplante exitosa puede verse oscurecida tanto por la calidad del agua, como por la intensidad de forrajeo de los herbívoros. Por ejemplo, parte de este equipo de investigadores ha desarrollado exitosamente una técnica de transplantes de la macrófita marina *Lessonia nigrescens* (Correa et al. 2006). Estos transplantes han sido instalados en localidades donde las poblaciones de *Lessonia* han sido diezmadas por factores antropogénicos (contaminación por cobre en la costa de Chañaral, III Región) y por factores naturales ambientales (aumento de la temperatura del mar durante eventos de El Niño en la costa del norte de de Chile). Mientras que en ambas situaciones se logra la re-instalación de *Lessonia*, en la costa de Chañaral los ejemplares manifiestan una reducción significativa de su tasa de crecimiento y no generan estructuras reproductivas (Correa et al. 2006). Por lo tanto, la técnica de transplante, aunque exitosa, no asegura la persistencia de *Lessonia*, ya que la calidad del agua aún presenta niveles nocivos para el crecimiento, reproducción y colonización de la especie.

Para despejar este tipo de problemas, el transplante de plantas de Luchecillo será desarrollado mediante un diseño cruzado, que consiste en trasladar plantas a tres sectores del humedal con diferente calidad del agua (aguas claras, aguas turbias e interfase), evaluar sus tasas de crecimiento (biomasa húmeda y características ecofisiológicas) durante un periodo de dos meses y luego volver a trasladarlas a los distintos sitios, manteniendo un número adecuado de controles en el sitio de origen. Este diseño experimental se presenta en la Figura 17.

La Figura 17 representa los efectos esperados luego de dos meses de la instalación de los trasplantes (tiempo 2) para los tres tratamientos: plantas vigorosas en condiciones de aguas claras (color verde), con deterioro moderado (color gris) bajo

condiciones de interfase y alto deterioro (color blanco y negro) de los transplantes instalados en sitios con aguas turbias. Esto permitiría concluír que la calidad del agua afecta a los transplantes, pero existe la posibilidad de que los ejemplares transplantados a los sitios de interfase y aguas turbias estuvieran en condiciones deterioradas antes del transplante. Para comprobar esto, un subconjunto del total de los ejemplares serán re-trasladados en el tiempo 3. Bajo estas nuevas condiciones, si los ejemplares re-trasladados desde las aguas turbias a aguas claras presentan una re-habilitación, puede concluírse que efectivamente es la calidad del agua, el principal causante de la falta de éxito en una estrategia de restauración y no la técnica de transplante. Este diseño será instalado para cada época de crecimiento de las macrófitas (primavera-verano) durante tres años. Se obtendrán ejemplares desde la ribera del rio Calle Calle, donde actualmente el Luchecillo presenta alta abundancia. Los ejemplares serán medidos (cm), pesados (g) y se evaluarán sus características ecofisiológicas. Para esto, se medirá la eficiencia fotosintetica del fotosistema II con un DIVING PAM (WALZ). Este fotosistema responde rápidamente a condiciones de estrés ambiental, por lo que será posible, *in situ* y en condiciones sumergidas, determinar los efectos de la condiciones del agua (claras, de interfase y turbias) sobre el aparato fotosintético. Estas propiedades se compararán con las obtenidas para la especie en su ambiente natural, así como en los estudios de microcosmos. Además, se analizarán los carbohidratos totales, pigmentos fotosintéticos y absorvedores de UV-B en estas plantas. Se espera que la condición de luminosidad afecte en algún grado el desempeño fotosintético del Luchecillo, afectando los pigmentos fotosintéticos en primera instancia y reduciendo la fotosíntesis. Además se recolectarán muestras de agua y de las plantas para análisis de nutrientes, para poder establecer si la calidad del agua afecta la absorción de nutrientes en esta especie.

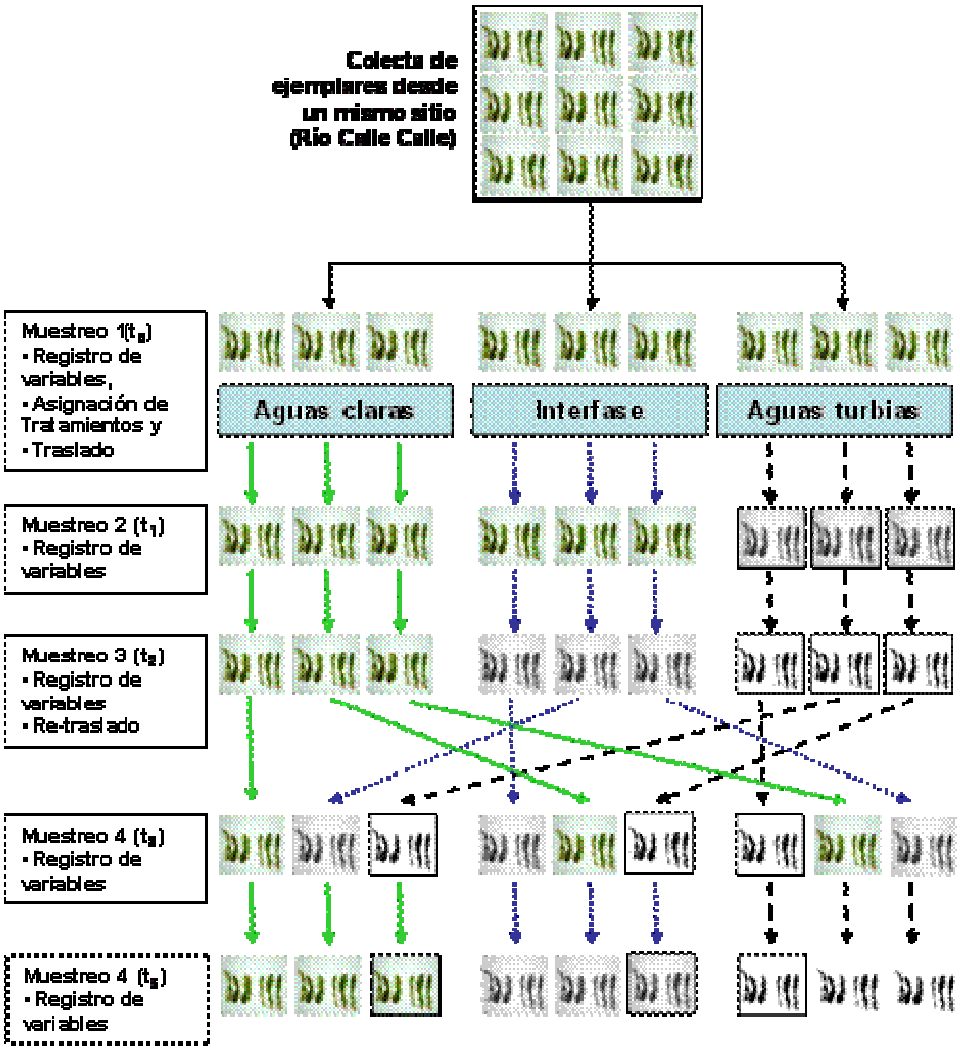


Figura 17. Diseño experimental para poner a prueba el éxito de la técnica de transplantes *versus* la calidad del ambiente.

Cada ejemplar transplantado de Luchecillo, será embebido en el sedimento en una bolsa plástica, con un peso adicional (500 gramos de piedras) para anclar el transplante y evitar su desplazamiento. Cada unidad será depositada en sitios con una columna de agua de 1 m de profundidad aproximadamente y será enterrado en el sedimento hasta permitir que el talo del Luchecillo entre en contacto con el sedimento de cada sitio. Este experimento considera tres tratamientos que representan categorías de la calidad de agua del humedal: aguas claras, turbias y de interfase. Bajo las actuales condiciones del humedal estos sitios corresponden a: río Calle Calle con aguas

claras; río Cruces, sector Santa María con aguas turbias que presentan una alta concentración de material particulado en suspensión y río Cruces, sector San Luis con aguas de interfase que tienen una influencia intermitente de aguas claras y turbias. En cada sitio se instalarán nueve bloques de seis unidades de transplantes cada uno. Cada bloque ocupará un área aproximada de 1 m^2 espaciados cada 2 m y distribuídos de forma paralela a la orilla del río. Con la excepción de la variable peso y para no alterar el potencial asentamiento y propagación de los ejemplares en el sedimento del sitio, estas unidades serán controladas mensualmente, repitiendo la toma de datos del tiempo cero. Luego de dos meses (tercer muestreo), los individuos pertenecientes a seis bloques serán re-trasladados a otros dos sitios (tres bloques a cada sitio) y se continuará con el registro de variables por otros dos meses. El tercer bloque permanecerá en el sitio como control. Este diseño será analizado mediante análisis de varianza de dos vias con factores: calidad del agua (con tres niveles: agua clara, interfase y agua turbia) *versus* transplante (con dos niveles antes y después del re-traslado) usando el programa estadistico SAS (SAS Institute 1998)

Este diseño pone las bases metodológicas para desarrollar otras estrategias de trasplantes con plantas nativas. Algunas de las últimas y a diferencia del Luchecillo, presentan raíces por lo que se deben desarrollar estrategias tendientes a considerar sus modalidades de crecimiento y asentamiento en el sedimento. Sin embargo, teniendo especial consideración en estas propiedades de las plantas, el diseño descrito anteriormente permitirá evaluar el éxito de cada estrategia de repoblación artificial de macrófitas nativas, bajos las actuales condiciones del sedimento y agua del humedal del río Cruces.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Análisis de estrategias de recolección y crecimiento de las plantas.

En relación a objetivo específico 2:

Realización de estudios en microcosmos y análisis de los resultados.

En relación a objetivo específico 3:

Realización de mediciones fisiológicas en terreno y laboratorio. Análisis de los resultados.

En relación a objetivo específico 4:

Muestreos en diferentes áreas del humedal y análisis de los datos.

En relación a objetivo específico 5:

Caracterización de habitat específicos y análisis de los datos.

En relación a objetivo específico 6:

Análisis de relación entre mapeos y SIG.

En relación a objetivo específico 7:

Realización de transplantes y análisis de los resultados.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Angélica Casanova, Nelson Lagos, Eduardo Jaramillo y Heraldo Contreras, los Biólogos Marinos (Cand.Dr.) Cristian Duarte y Sandra Cifuentes (Cand. Dr.) y dos asistentes técnicos.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **4643.48 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	486.19	486.19	486.19	486.19	1944.75
Gastos operacionales	274.03	274.03	274.03	274.03	1096.13
Inversión	1602.59	0.00	0.00	0.00	1602.59
Total	2362.82	760.22	760.22	760.22	**4643.48**

4.3.3. BIOMANIPULACIÓN Y CONSERVACIÓN DE AVES ACUÁTICAS. COORDINADOR: DR. ROBERTO SCHLATTER.

i) Antecedentes

El Cisne de cuello negro y la tagua, aves herbívoras con las mayores abundancias poblacionales en el humedal del río Cruces hasta mediados del año 2004, han emigrado de amplios sectores de sus humedales y/o disminuido significativamente en abundancia en el Santuario (Informe UACh/CONAMA, 2005). Esta línea de acción está destinada primariamente a incrementar el conocimiento ecológico y etológico del Cisne de cuello negro, a fin de analizar los cambios en su distribución costera y abundancia en la IX y X Región del centro sur de Chile. Se pretende también realizar la necesaria identificación y seguimiento de esas aves en sus movimientos nomádicos entre humedales, mediante censos aéreos, marcaje y seguimiento satelital. Con esto se desea definir cuan estables/inestables son las parejas reproductoras y poblaciones no reproductoras. Se realizarán también estudios sobre la reproducción del Cisne de cuello negro y Taguas en diferentes humedales de la zona, aparte del Santuario, para finalmente implementar metodologías de cria artificial y eventual repoblamineto de ambas especies en el humedal del río Cruces.

Muchas de estas actividades dependerán de la recolonización natural y repoblamiento artificial de: Hierba del Sapo (*Myriophyllum elatinoides*), Pasto pinito (*M. aquaticum*), Huiro verde (*Potamogeton lucens*), Huiro rojo (*P. berteroanus*), Huiro (*P. pectinatus*), Huiro (*P. linguatus*) (Corti 1996, Corti & Schlatter, 2002, Ramírez *et al.*, 1982 y observaciones personales en el Budi, IX Región), todas plantas nativas sumergidas de humedales chilenos. Esas actividades dependerán también de la eventual recuperación del Luchecillo (*Egeria densa*), macrófita acuática que posee un ritmo de colonización y crecimiento más rápido, siendo la planta que pudo mantener la importante población de cisnes y su reproducción, previo al desastre ecológico por contaminación del ecosistema. Los Cisnes de cuello negro y las Taguas podrán

consumir otras plantas acuáticas pero lo hacen con menor selección (Corti & Schlatter, 2002) y no aseguran su permanencia y reproducción a futuro en el humedal.

ii) Objetivo general

Integrar estudios de dispersión, conducta y reproducción con técnicas de crianza artificial de Cisnes de cuello negro y taguas, a fin de evaluar la reinserción de estas aves acuáticas en el humedal del río Cruces.

iii) Objetivos específicos

1) Monitorear movimientos dispersivos poblacionales del Cisne de cuello negro en los entornos del Santuario y humedales cercanos hasta el Lago Budi (IX Region).

2) Analizar la conducta reproductiva del Cisne de cuello negro y otras aves acuáticas como Taguas.

3) Realizar incubación y alimentación artificial del Cisne de cuello negro y otras aves acuáticas como Taguas.

iv) Materiales y métodos

El primer objetivo será cubierto mediante vuelos aéreos en la X y IX Región a lo largo de la franja costera donde se ha comprobado que se concentran los Cisnes de cuello negro (Schlatter, 2005). Se instalarán anillos en patas y marcajes en cuellos de cisnes no reproductores (por el momento); los anillos de plástico que se instalen en el cuello servirán para el reconocimiento a distancia de las aves, tanto en el humedal del río Cruces como en otros humedales. Esta actividad estará acompañada con difusión de esta actividad para reconocer animales marcados en los otros humedales. CONAF deberá proveer la infraestructura necesaria para controlar el registro y seguimiento de animales marcados (lectura a distancia de collares). Esto será complementado con

tecnología moderna en un número determinado de cisnes en los cuales se instalarán transmisores satelitales para el seguimiento más inmediato y evaluación de frecuencia y magnitud de sus movimientos nomádicos.

Para el segundo objetivo se utilizarán cámaras de video, manejadas desde distancia con acopio de datos en forma inalámbrica para ser digitalizada en PC, una vez que los Cisnes de cuello negro vuelvan a reproducirse en cierto número en el humedal. Lo ideal es qie dichos cisnes esten marcados y se les pueda hacer seguimiento entre su actividad reproductiva y eventual actividad nomadica durante las epocas no-reproductivas

El tercer objetivo, contempla la construcción e implementación de un moderno criadero destinado a los ensayos que permitan incubar artificialmente Cisnes de cuello negro y Taguas. Este criadero se ubicará en terrenos del ECOCENTRO de la UACh, aledaño al humedal del río Cruces.

iv) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Censos aéreos: Los censos se realizarán en tramos que cubran las lagunas costeras y estuarios a lo largo de la franja costera de la IX y X Región norte, cubriendo una franja de aproximadamente 50 km de ancho (litoral marino al interior). Se realizarán censos trimestrales en esos tramos en avioneta Cessna con alas arriba (Schlatter et al., 1991, Gilbert et al, 1998; Bibby et al.,2000)

Técnicas de captura: Se utilizarán técnicas de captura diurna probada ya desde 25 años en el Santuario con los guarda faunas del lugar, nocturna probadas internacionalmente en Cisnes (Cummings & Hewitt, 1964, Bub, 1995 y Thorson et al,

2002) y red de cañón portátil utilizada con éxito en captura nocturna de Flamencos en el Norte de Chile (M. Parada com.pers.)

Anillado: Se considera anillar por tres años, un número aproximado de 500 ejemplares anuales de cisnes no reproductores (y potenciales juveniles nacidos en el humedal), con anillos metálicos identificatorios instalados en sus patas, según si sean de edad conocida (juvenil nacido de parejas reproductoras conocidas) o desconocida (adulto) y marcaje con PVC al cuello con inscripción que señale humedal (letra) en el que ha sido marcado y número correlativo (Sladen, 1973, Schlatter, 1989, Jenni, 2001). Las parejas reproductoras anilladas y marcadas, deberán paralelamente ser identificadas con un nido que llevará esa identificación en una caña de aluminio (con etiqueta metálica o acrílica de respectivos marcajes y/o anillos). El anillo al cuello deberá ser de color naranja con engravado negro.

Seguimiento: Se realizará seguimiento de individuos mediante una red de censos (mas información pública con posters, radio y prensa), que deberá ser implementada con CONAF, UNORCH y ONG's interesadas, mas información a países vecinos, particularmente Argentina (Lic. Susana Seijas, Universidad del Comahue, San Carlos de Bariloche). También se contempla el contacto tambien con otros investigadores de Argentina, Uruguay y SE de Brasil, para el eventual avistamiento en esas latitudes de los Cisnes de cuello negro marcados y anillados en el humedal del río Cruces y cauces aledaños.

Emisores satelitales y bandeo: Se estima necesario dotar con emisores satelitales a un número aproximado de tres ejemplares de Cisnes de cuello negro (por el momento 1 ave reproductora macho y 2 no reproductores capturados en el humedal del río Cruces). Se utilizarán emisores satelitales marca Microwave Telemetry, Inc. Modelo PTT-100 de 95 gramos de peso, compatible con tecnología Argos que puede entregar hasta cinco años de operación. Los emisores se fijarán a las aves con arneses de teflón (Nowak et al., 1990; Kanai et al., 1997). Adicionalmente, esos cisnes estarán

marcados con collares que tengan identificación alfanumérica y anillo metálico de identificación en las patas.

Morfometría y otros análisis: Se obtendrán registros métricos estándar de las aves, peso, condición física y estado de muda, sexo y edad, además de muestras de sangre para evaluar estado de salud y "stress". Esta actividad se realizará para monitorear la condición en que se encuentran los cisnes capturados y liberados (después de ser anillados y marcados) y evaluar eventuales cambios en relación a ciclos de vida y enfermedades, entre otros. En lo posible, se procederá del mismo modo con las Taguas.

En relación a objetivo específico 2:

Observaciones conductuales: Se realizarán observaciones de selección (preferencia) de hábitat para nidificación, formación de nido, cortejo, crianza, competencia e interacción con reproductores y no reproductores en Cisnes de cuello negro y otras aves acuáticas Taguas, Patos yecos y Garzas. Esos factores determinan la reproducción agregada y la distancia inter-nidos (Schlatter *et al.*, 1991, Silva, 2005). Se considera la instalación de cámaras de video controladas
(inalámbricas) a distancia con zoom para monitorear y registrar en formato DVD o por medio de registos inalambricos en PC, nidos o grupos de nidos donde ocurran los eventos reproductivos del área de influencia. En el laboratorio se analizará la información digital así obtenida.

En relación a objetivo específico 3:

Como mencionado anteriormente, se contempla la recolección de huevos de Cisnes de cuello negro y Taguas, la incubación de los mismos, la alimentación asistida de los polluelos y su final liberación al medio natural. Se considera entonces la construcción de un criadero experimental en terrenos del ECOCENTRO de la Universidad Austral de Chile. Este estará dotado de laboratorio, sala de incubación,

pabellón de cría y laguna de aclimatación de los polluelos. Se necesitará de personal permanente durante la época reproductiva (día y noche) para la atención de las incubadoras, alimentación de polluelos y actividades de manutención de las instalaciones.

Recolección y transporte de huevos: La recolección de huevos de Cisnes de cuello negro, se realizará de otros sitios de reproducción conocidos en el área de distribución de la especie en Chile (e.g. Reserva Nacional Torca, VII Región y Reserva Nacional El Yali, V Región). Para la recolección y el transporte de los huevos se utilizarán recipientes cúbicos de poli estireno expandido, dotados de un sistema de generación de temperatura, bandejas, toallas absorbentes e instrumentos de medición (termómetro e higrómetro).

Incubación y nacimiento de polluelos: Las etapas de incubación y desarrollo de los polluelos se efectuarán en el criadero experimental especialmente construido para estos efectos. Para la incubación de los huevos recolectados se utilizarán tres incubadoras manuales de 50 huevos de capacidad unitaria. Para su operación se utilizará metodología estándar de faenas avícolas. La temperatura de incubación programada será de 37º C con una humedad relativa de 70%, aún cuando esta última será aumentada al final de la incubación a 80%. Durante la incubación se procederá a voltear los huevos cada cuatro horas registrándose la temperatura y humedad relativa en el ambiente (sala de incubación) y en las incubadoras (antes, durante y después del volteo de los huevos). Adicionalmente, se registrará la temperatura mínima y máxima cada 24 h en la sala de incubación.

Cada cuatro días se registrará el peso de los huevos incubados con balanza analítica SARTORIUS (0.001 g). Con estos valores se calculará el decremento porcentual en peso de los huevos a través del tiempo de incubación. El saneamiento y desinfección de las instalaciones se realizará de acuerdo a métodos estandarizados (véase Hamilton et al. 2000). Iniciada la eclosión, se trasladará el huevo a una nacedora, desde donde, una vez seco el polluelo, será pesado y trasladado a una sala

de cría (en compartimentos para 3 a 4 polluelos; véase experiencias europeas, Kolbe, 1990). Para el caso de las Taguas se tienen algunos antecedentes publicados (Ruiz, 1993) y observaciones de los guardafaunas del Santuario.

Desarrollo y alimentación de los polluelos: En una primera etapa, los polluelos de Cisnes de cuello negro y Taguas, serán alimentados con alimento concentrado formulado para anátidos domésticos pero mantenidos en compartimentos separados por vidrio. Una vez que los polluelos estén alimentándose por si solos, serán expuestos al ambiente exterior y laguna de aclimatación la que dispondrá de alimento natural y señuelos para evitar impronta fallida de pollitos. Se mantendrá un sistema de observación sistemático de la conducta alimentaria de las aves, manteniendo a todo evento el suplemento de alimento artificial, control de peso y estado de salud.

Reinserción en el medio natural: Esta se realizará controladamente para permitir la evaluación de la respuesta de los polluelos. Experiencias realizadas con Cisnes trompeteros (*Cygnus cygnus buccinator*) en USA (Matteson et al. 1996), muestran resultados exitosos en cuanto a rehabilitación de niveles poblacionales. El Cisne de cuello negro no ha tenido problemas para ser reproducido en cautiverio en centros de rescate, zoológicos y criaderos privados, por lo que se espera que la crianza sea igualmente exitosa.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Roberto Schlatter, Roberto Nespolo, Mauricio Soto, Biólogo Mario Parada (consultor independiente), los veterinarios Claudio Verdugo y Jorge Ulloa de la UACh, la Lic. Biol. Susana Sejias (Universidad del Comahue, San Carlos de Bariloche), además de estudiantes de pregrado y un técnico a horario completo (durante época reproductiva) y un auxiliar capacitado que se encargará del criadero y sus actividades durante el período reproductivo de las aves experimentales.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **11596.24 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	408.84	408.84	408.84	408.84	1635.36
Gastos operacionales	2440.61	2412.98	2330.11	346.24	7529.94
Inversión	2430.94	0.00	0.00	0.00	2430.94
Total	5280.39	2821.82	2738.95	755.08	**11596.24**

4.3.4. ESTADO SANITARIO DE LA ICTIOFAUNA. COORDINADOR: DR. RICARDO ENRIQUEZ

i) Antecedentes

El humedal del río Cruces constituye un cuerpo de agua que posee un número importante de especies de peces nativas, como introducidas. No se conoce el estado sanitario de estas especies, como tampoco los efectos potenciales o reales de los desechos de la actividad humana e industrial en la cuenca. Alguno de estos peces son habitantes permanentes y otros transitorios del Santuario, por lo que se constituyen en excelentes bioindicadores del estado de compromiso ambiental del cuerpo de agua, ya que interactúan con todos los elementos bióticos y abióticos del ecosistema.

Debido a los procesos de circulación estuarial que ocurren en el humedal y cauces adyacentes como el canal mareal Cau Cau, existe un intercambio de peces, los cuales incluyen principalmente formas de agua dulce, y también diadromas. Entre las primeras, encontramos vertebrados inferiores como el ciclóstomo *Geotria australis*, que al parecer efectúa migraciones reproductivas a través de todo el sistema adyacente a la ciudad de Valdivia. Entre los peces nativos se encuentran el “puye común” (*Galaxias maculatus*), la “farionela” (*Aplochiton taeniatus*), el “pejerrey de río” (*Cauque mauleanum*), las “pochas” (*Cheirodon pisciculus* y *Cheirodon kiliani*), los “bagres” (*Trichomycterus areolatus*), las “carmelitas”(*Percilia gillissi*), y la “perca-trucha” (*Percichthys trucha*) (Arratia, 1981). Entre las especies introducidas, la más abundante parece ser la “carpa” (*Cyprinus carpio*), seguida de la “trucha” (*Oncorhynchus mykiss*), pudiendo también aparecer en forma esporádica “salmones” (géneros *Salmo* y *Oncorhynchus*), que pueden ser producto de su escape desde las pisciculturas ubicadas en el estuario del río Valdivia.

Estas especies requieren de áreas como las aguas del humedal para su desarrollo ontogénico temprano, dado que allí encuentran abundante alimento particulado, producto principalmente del material alóctono que es arrastrado por el río y

termina por depositarse en el fondo. En ese material, los pequeños peces encuentran el alimento imprescindible para su desarrollo, pues contiene proteínas, grasas, minerales, hidratos de carbono y otras sustancias básicas para su nutrición, crecimiento y desarrollo. Del mismo modo, son importantes los diferentes ambientes que presentando diferentes características y cualidades, constituyen el hábitat adecuado para su reproducción.

Dos, son básicamente los compuestos químicos son habitualmente monitoreados en poblaciones de peces que habitan en áreas adyacentes a instalaciones industriales: Dioxinas y metales pesados. Las Dioxinas se generan de forma no intencionada como subproductos en los procesos de producción, uso o vertido de cloro o sus derivados químicos. Las emisiones industriales de Dioxinas al medio ambiente se pueden transportar a grandes distancias por las corrientes atmosféricas y el agua. Entre las fuentes más importantes se destacan: la incineración, la producción de pasta de papel, el uso y producción de PVC, y el uso y producción de químicos aromáticos clorados (Munkittrick, 2004 a y b). Las Dioxinas son persistentes, tardan décadas o siglos en degradarse y se introducen en la cadena alimentaria bioacumulándose en cada eslabón. Tienden a acumularse en los tejidos grasos de los animales, ya que son lipofílicas. Esto resulta particularmente importante en los organismos bentónicos de los ecosistemas acuáticos, que pueden absorber las partículas en suspensión de la columna del agua. Los depredadores al ingerir sus presas biomagnifican la acumulación de las Dioxinas. La Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos recomienda no consumir pescados y mariscos con concentraciones de Dioxinas superiores a 50 ppt.

La importancia toxicológica de los metales pesados ha aumentado significativamente en el último tiempo. A pesar de que muchos de estos metales son importantes para la vida, leves excesos de ellos pueden ser tóxicos. Mientras los metales mismos no son dañinos para los organismos acuáticos, la toxicidad de sus sales en solución oscila entre apenas tóxica hasta fuertemente tóxica. Por ejemplo, el Aluminio, Zinc y Plomo tienen diversos efectos sobre la ictiofauna, afectando los

procesos de reproducción, causando problemas metabólicos y fisiológicos, produciendo tumores y deformaciones y aumento en la virulencia de los patógenos (Larsson, 1973; Munkittrick *et al.*, 2003 a y b; Munkittrick & Sandström, 2003).

En peces, el cuadro de envenenamiento por iones metálicos se caracteriza por signos tales como intranquilidad, actividad respiratoria y producción de mucus elevada, marcada lentitud de reacción y comportamiento natatorio anormal. Histológicamente se describen lesiones branquiales, procesos degenerativos en el tracto digestivo, páncreas exocrino e hígado.

En el marco de lo anteriormente expuesto es que se ha diseñado el presente Proyecto el cual apunta a conocer el actual estado sanitario de la ictiofauna del humedal del río Cruces y cauces adyacentes y evaluar tal estado con las actuales condiciones de calidad de agua.

ii) Objetivo general:

Caracterizar la situación sanitaria de los peces en el marco geográfico del humedal del río Cruces y cauces adyacentes y evaluar sus eventuales variaciones espacio-temporales y causalidad de las mismas.

iii) Objetivos específicos:

1) Determinar los niveles de Dioxinas, pesticidas y metales pesados presentes en los peces del humedal del río Cruces.
2) Identificar espacial y temporalmente enfermedades, así como también la presencia de agentes patógenos y/o potencialmente patógenos tanto de origen bacteriano como vírico, parasitario o micótico y sus repercusiones en la población íctica.

Material y métodos:

Recolección de las muestras: Los peces serán capturados con redes de malla fina (entre 1 y 2 mm de trama), redes pejerreyeras y pesca eléctrica (Campos, 1982; Pequeño, 1981). Las muestras serán rotuladas en terreno y luego llevadas al laboratorio. Los peces capturados serán tratados en dos formas: a) fijación de algunos especímenes con formalina al 10% y b) conservación de peces vivos, en recipientes adecuados con agua del lugar de captura y elementos que permitan su sobrevivencia hasta el momento de ser estudiados. Los muestreos serán estacionales en cuatro localidades o sectores: a) Ciruelos, b) Rucaco, c) San Luis y d) Cayumapu (Fig. 18), de tal manera de evaluar las cuatro estaciones, durante 3 ½ años. El trabajo se estructurará en un estudio de campo, de tipo transversal seriado, donde se realizará un muestreo por año, considerando las cuatro estaciones durante la ejecución del estudio.

El tamaño de la muestra para la detección de procesos patológicos, alteraciones macroscópicas y microorganismos se determinó mediante el programa informático Epi Info 6.04, obteniéndose un tamaño total de un máximo de 43 peces por muestreo efectuado en cada localidad o sector. Para su determinación se asume una prevalencia esperada del 50%, un error aceptado del 15% y un nivel de confianza del 95%. Con el fin de evitar sesgo por pérdida de información se incrementó la muestra en un 10%. De este modo, en cada punto deberán obtenerse 14 a 17 peces por muestreo. Se recolectarán muestras de agua para determinación microbiológica, utilizándose la información de otro Proyecto (4.1.1.1. Variables físicas y químicas en aguas superficiales) para la caracterización físico química del agua.

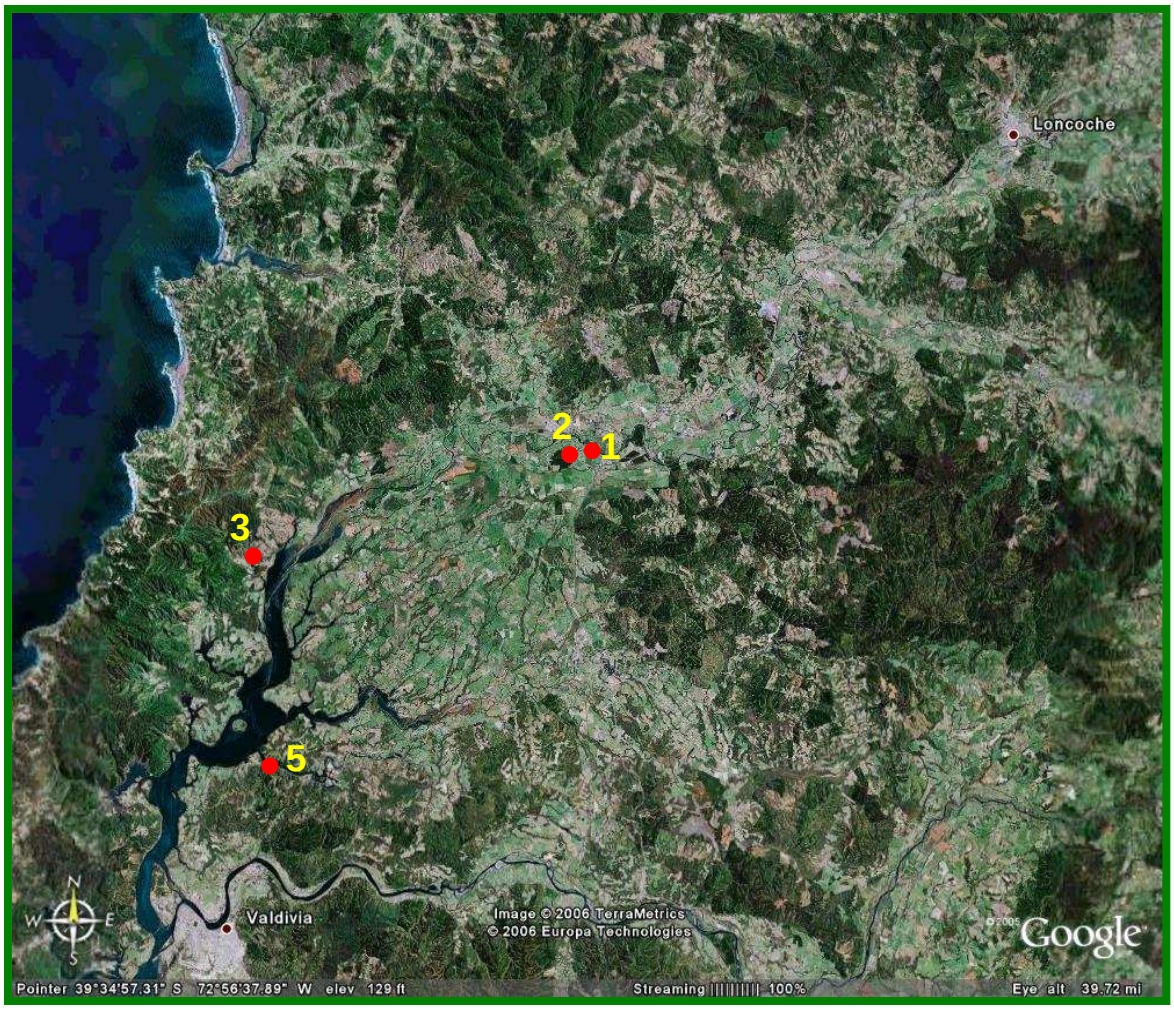


Figura 18. Ubicación de las estaciones seleccionadas para el monitoreo del estado sanitario de la ictiofauna. 1 = río Cruces, sector Ciruelos, 2 = río Cruces, sector Rucaco, 3 = río Cruces, sector San Luis y 5 = río Cayumapu. Los números son coincidentes con estaciones seleccionadas para monitoreo de calidad de agua.

Se utilizarán los protocolos estandarizados de la OIE (OIE, 2006) para la determinación del estado de salud de los peces y la presencia de agentes infecciosos. Para el estudio histológico se fijarán las muestras de órganos (especialmente hígado) en formalina 10% bufferizada o el pez completo, dependiendo de su tamaño. Se teñirán cortes de 0.5 um con H&E para su interpretación en microscopio óptico.

El análisis de Dioxinas desde piel, hígado y/o tejido adiposo (n = 4), se realizará en Canadá en RPC-The Technical Solutions Centre, previa certificación por SERNAPESCA de que las muestras no contienen patógenos de peces, según requerimiento de los organismos competentes de Canadá, antes del ingreso a ese país. Las metodologías están acreditadas por el Standards Council of Canada y la Canadian Association for Environmental Analytical Laboratorios. Los métodos incluyen el US EPA Method 1613B, US EPA Method 8290A , Environment Canada EPS 1/RM/19, y/o US EPA Method 1668 A for Dioxin-like PCBs. Los pesticidas se determinarán en el Instituto de Farmacología de la UACh, a la vez que los metales pesados a determinar en muestras de órganos de peces (hígado) (n = 4) serán aquellos que habitualmente se han medido en sedimentos y aguas del humedal del río Cruces. Estas determinaciones se realizarán en los laboratorios de SERNAGEOMIN, Santiago.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En relación a objetivo específico 1:

Realización de exámen clínico y necropsia de los peces de los muestreos realizados por estación/año. Durante los últimos seis meses (del total de cuatro años), no habrán muestreos. Habrá entonces cuatro series de muestras por localidad que corresponderán a cada una de las estaciones durante la ejecución del Proyecto. La tarea de reconocimiento taxonómico de los individuos especie por especie será realizada inmediatamente anterior a su derivación al Lab. de Biotecnología y Patología Acuática de la UACh. Se tomarán muestras de órganos (piel/músculo, hígado, tejido adiposo abdominal) para su envío a Fredericton, Canadá y Santiago.

En relación a objetivo específico 2:

Obtención de muestras para los análisis bacteriológico, virológico, parasitológico e histopatológico, anotando toda anormalidad clínica. Envío de estas muestras a los laboratorios especializados: Lab. de Virología de Animales Acuáticos, Lab. de

Bacteriología de Animales Acuáticos, Lab de Histopatología, Lab. de Biotecnología y Patología Acuática, todos del Instituto de Patología Animal de la Universidad Austral de Chile. Se emplearán los procedimientos estandarizados de diagnóstico de enfermedades de animales acuáticos de la OIE (OIE, 2006). Correlación de los resultados con el sitio de muestreo, especie de pez, nivel de daño tisular encontrado, presencia/ausencia de enfermedades-agentes infectocontagiosos, niveles de Dioxinas, pesticidas y metales pesados encontrados por estación del año.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por el Dr. Ricardo Enríquez, el bioquímico Dr. (c) Alex Romero, la médico veterinario Vania Quinteros, la Tec. Med. Mónica Monrás, Especialista en Microbiología y Dr. Enrique Paredes, Histopatólogo.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **6426.72 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	751.38	751.38	751.38	751.38	3005.52
Gastos operacionales	847.80	847.80	847.80	847.80	3391.20
Inversión	30.00	0.00	0.00	0.00	30.00
Total	1629.18	1599.18	1599.18	1599.18	**6426.72**

4.3.5. SALUD DE POBLACIONES SILVESTRES DE AVES Y MAMIFEROS: EVALUACIÓN POBLACIONAL Y REHABILITACIÓN INDIVIDUAL DE LA FAUNA DEL HUMEDAL DEL RÍO CRUCES Y RÍOS ADYACENTES. COORDINADOR: DR. NESTOR TADICH.

i) Antecedentes

Debido a los drásticos cambios ambientales generados por causas antrópicas, ocurren actualmente niveles sin precedentes de estados de salud amenazados en poblaciones silvestres, los que pueden alterar la diversidad biológica conducente al desequilibrio de las poblaciones existentes (Daszak et al. 2000). Los problemas medio ambientales y sanitarios en poblaciones silvestres impactan no sólo en el bienestar de las mismas; también pueden afectar las cadenas de producción y abastecimiento de alimentos, actividades comerciales y económicas y en la salud humana (Bengis et al. 2004).

Para entender y solucionar las problemáticas ambientales, éstas deben ser abordadas tanto a nivel individual, como a nivel poblacional. Una de las formas de abordarlas a nivel individual, es facilitando programas de rehabilitación de los animales silvestres afectados. Si bien los programas de rehabilitación no se generan necesariamente por la identificación del declive de una población natural, éstos animales son piezas claves para la identificación de problemas ecosistémicos, que indican lo que está ocurriendo en el medio en el cual se desenvuelven. El cuidado individual de animales afectados, ofrece entonces la oportunidad única de apreciación de la perspectiva ambiental y de la problemática que afecta a una especie o a la fauna de una región determinada. La rehabilitación de fauna es un proceso complejo que busca recuperar sanitaria, física y conductualmente a un animal silvestre que presenta alguna patología o que ha visto alterado su hábitat (Sleeman & Clark, 2003).

Las enfermedades se presentan como un factor limitante de la sobrevivencia de especies, en poblaciones silvestres que se han visto afectadas, como por ejemplo, por

degradación del hábitat (Deem *et al.*, 2001). Consecuentemente, se crea la necesidad de desarrollar conocimientos y entregar respuestas a nuevas demandas, dadas por las amenazas que representan los problemas sanitarios de los animales silvestres y su impacto en otras especies y en seres humanos. Para ello, se debe disponer de una detallada información a través del monitoreo y vigilancia epidemiológica para poder desarrollar, implementar y ejecutar planes de control sanitarios (Morse, 2004).

El humedal del río Cruces, posee cerca del 25% de las especies de aves presentes en Chile, convirtiéndolo en uno de los principales ecosistemas para la fauna del sur del país. Muchas de estas especies se encuentran catalogadas como raras (Huairavillo, Garza cuca), vulnerables (Aguila pescadora, Cisne de cuello negro y Coipo), e incluso en peligro de extinción (Cisne coscoroba, Huillín).

Durante el año 2004, el humedal del río Cruces y cauces tributarios se vieron afectados por una disminución drástica de la biomasa del principal alimento de los Cisnes de cuello negro y taguas, el luchecillo (*Egeria densa*), producto de la contaminación de las aguas. Esto originó la desaparición de la principal colonia reproductiva del Cisne de cuello negro en Sudamérica como consecuencia del desplazamiento masivo y muerte de cisnes (Informe UACh-CONAMA, 2005).

Con el propósito de dar una solución integral, organismos gubernamentales en conjunto con la Universidad Austral de Chile, han trabajado en busca de soluciones específicas que permitan mejorar la situación existente en el humedal. En este sentido, se acordó llevar a cabo la creación de un Centro de Rescate y Rehabilitación de Fauna Silvestre dependiente de la Universidad Austral de Chile (CEREFAS). El Centro consta de un policlínico de 23 m^2 y 7 corrales para mantención de animales. Desde marzo de 2005 a la fecha, CEREFAS ha recibido 300 animales de 28 especies distintas. De estos, 81,3% fueron aves, 15,0% mamíferos, 2,8% reptiles y 0,9% anfibios, lo que convierte a CEREFAS en uno de los Centros con mayor demanda del país, a pesar de su escasa infraestructura. Cabe destacar que el 90% de los animales ingresados, provinieron del humedal del río Cruces y cauces tributarios. Como acciones adicionales a la rehabilitación e inserción

de cada animal ingresado al Centro, se obtiene información de parámetros fisiológicos para establecer valores referenciales no disponibles en la literatura, así como se proyecta incorporar el estudio del estatus sanitario a través de un sistema de monitoreo epidemiológico.

Con respecto a la situación sanitaria de la población de Cisnes de cuello negro en el humedal, se ha evidenciado presencia de anticuerpos a agentes virales (Ulloa y col., 2006; Verdugo y col., 2006), lesiones histopatológicas relacionadas a la acumulación de Hierro (Paredes y col., 2006a; 2006b), detección de agentes oportunistas (Verdugo y Ulloa, 2005), y parásitos altamente patógenos (Valenzuela y col., 2006).

ii) Objetivo general

Evaluar el estado sanitario de la población de la fauna silvestre del humedal del río Cruces y cauces tributarios y rehabilitar los ejemplares afectados en el ecosistema.

iii) Objetivos específicos

1) Implementar y mantener un sistema de vigilancia epidemiológica activa y pasiva de enfermedades prevalentes y emergentes, para evaluar el estado sanitario de la fauna silvestre del humedal.
2) Determinar las causas de muerte de especímenes silvestres provenientes del humedal.
3) Recuperar sanitaria, física y conductualmente, los ejemplares de fauna silvestre ingresados al CEREFAS provenientes del humedal y áreas aledañas.
4) Establecer programas específicos de reinserción de fauna en un ecosistema adecuado.

iv) Material y métodos

El Programa de Vigilancia Epidemiológica constará de dos enfoques: uno Activo (*PVEA)* y otro Pasivo (*PVEP*).

El *PVEA* se realizará a través de muestreos estacionales de la población de Cisnes de cuello negro del humedal del río Cruces. El tamaño muestral determinado será de 19 cisnes para cada estación, es decir un total anual de 76 aves, de acuerdo al análisis realizado con el programa *Winepiscope®.* Para ello se diseñará un programa de captura (muestreo) estacional (primavera, verano, otoño, invierno). Esta frecuencia se determinó considerando la actividad migratoria de muchas aves que frecuentan el humedal, las cuales son posibles transmisores de agentes patógenos a la población de cisnes, ya sea como portadores sintomáticos, asintomáticos o vectores. De los ejemplares capturados se obtendrán muestras sanguíneas, coprológicas, tórulas cloacales y traqueales, para la detección y valoración del estatus sanitario. Se identificarán los parásitos internos y externos mediante observación directa y microscópica por sedimentación-flotación en el Laboratorio de Parasitología Veterinaria de la UACh. Las muestras de sangre serán obtenidas según manuales de la AAAP (1998). Por serología y técnicas de aislamiento se evaluará la presencia de anticuerpos y virus, respectivamente, de los siguientes agentes: Newcastle (Paramyxovirus-1), Influenza (Orthomyxovirus), Adenovirus tipo 1 y Encefalitis (Flavivirus). La elección de estos agentes se realizó en base a resultados de pesquisas previas en el Santuario (Ulloa y col., 2006) y a la importancia sanitaria, económica e impacto en salud pública de estos agentes (O.I.E., 2004). La metodología a utilizar es la descrita por la O.I.E (2004) y AAAP (1998). A continuación se describen brevemente las técnicas y los laboratorios en donde se realizarán los análisis:

Newcastle (*Paramyxovirus-1*): Serología: I.H.A. (Inhibición de la hemoaglutinación). Aislamiento: inoculación en huevo embrionado SPF vía saco alantoideo (Laboratorio de Patología Aviar, UACh)

Influenza (*Orthomyxovirus*): Serología: ELISA y AGID (Laboratorio de Patología Aviar, UACh). Aislamiento: inoculación en huevo embrionado SPF vía saco alantoideo (Laboratorio Central, Servicio Agrícola y Ganadero - SAG).

Adenovirus tipo 1: Serología: AGID. Aislamiento: cultivo celular de fibroblastos y células renales de embrión de pollo, e inoculaión en huevo embrionado SPF vía membrana corioalantoidea (Laboratorio de Patología Aviar, UACh).

Flavivirus: Serología: virus del nilo del oeste: MAC- ELISA. Laboratorio de Patología Aviar, UACh. Encefalitis de San Luis: I.F.A. Aislamiento: Cultivo celular (células VERO) y RT-PCR (Laboratorio Arbovirus y Arenavirus, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina). En este caso, las muestras serán enviadas de acuerdo a las indicaciones del laboratorio receptor y legislación vigente del país al que será enviado.

Se realizarán análisis toxicológicos a todas las muestras de animales capturados. El análisis de pesticidas (organofosforados) se realizará por GC-ECD (Cromatografía de Gases con detector de captura electrónica) y el análisis de metales pesados (Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Mercurio, Cadmio, Plomo), se realizará por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Las muestras serán analizadas en laboratorios acreditados (Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria, UACh y SERNAGEOMIN, respectivamente). Los resultados se analizarán en conexión con la información sobre calidad física y química del agua y sedimentos, para realizar un análisis de asociación con variables ambientales.

Con la información recolectada del estudio transversal (muestreal), se realizará una inferencia poblacional, la que será complementada con la información generada por la vigilancia pasiva. Así se podrán detectar los potenciales factores de riesgo, asociados a la presentación de las enfermedades estudiadas en el humedal del río Cruces.

El *PVEP* se desarrollará en función de la recolección de información disponible, a través de vías pre-existentes, tales como los registros y actividades de CEREFAS, laboratorios oficiales y privados, etc. Aquellos animales muertos recepcionados en

CEREFAS, o los que mueran durante cualquier etapa de rehabilitación, se les procederá a realizar una necropsia completa en el Instituto de Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UACh, con toma de muestras de órganos y contenido intestinal, para establecer la causa de muerte, mediante estudios histopatológicos, parasitológicos, toxicológicos (pesticidas y metales pesados) y microbiológicos (virológicos, bacteriológicos y/o micológicos). En mamíferos silvestres, se tomarán de forma rutinaria muestras de encéfalo, pulmón, corazón, hígado, riñón, estómago, intestino delgado y grueso, bazo, adrenal, nódulos linfáticos y páncreas, y en aves se tomarán muestras de pulmón, tráquea, hígado, riñón, intestinos, médula ósea y encéfalo. Para el estudio histopatológico se trabajará con dichas muestras de tejidos fijados en formalina al 10%, las que se procesarán con técnicas histológicas de rutina, obteniéndose cortes de 5 micrómetros teñidos con hematoxilina – eosina. En los casos que sea necesario, se usarán tinciones especiales

A los animales vivos ingresados a CEREFAS, se les realizará una evaluación clínica inicial a través de un examen físico y etológico en la Unidad de Policlínico. Este será apoyado por exámenes complementarios de laboratorio (radiografía, hemograma y perfil bioquímico), los cuales son indispensables para el establecimiento de diagnóstico en animales silvestres. Esto permitirá la aplicación de tratamientos clínicos, intervenciones quirúrgicas y/o cuidados de enfermería específicos en una Unidad de Hospitalización. De forma rutinaria, se tomarán muestras sanguíneas, coprológicas, así como tórulas cloacales y traqueales, para realizar la vigilancia epidemiológica pasiva de las enfermedades mencionadas posteriormente. Una vez que el animal sea dado de alta, se procederá a realizar su rehabilitación física (mediante fisioterapia) y conductual (mediante enriquecimiento ambiental y refuerzos positivos y negativos). Éstos serán trasladados a la Unidad de Rehabilitación, para iniciar actividades de capacitación (de vuelo, de alimentación, de protección, etc.).

En función a la especie rehabilitada, se realizarán programas de reinserción mediante liberación pasiva (corrales de preliberación) o liberación activa (directa). Dichas liberaciones pueden ser en su ecosistema de origen o en otro más adecuado a

su especie. Para establecer el éxito de liberación posterior al proceso de rehabilitación, se realizará un monitoreo de los ejemplares reinsertados. Para este fin, todos los ejemplares serán identificados mediante un sistema de marcaje adecuado (anillos) y en caso necesario, con un sistema de telemetría (UHF, GPS).

vi) Actividades y plan de trabajo

En relación a objetivo específico 1:

Implementación y mantenimiento de un sistema de vigilancia epidemiológica activa y pasiva, de enfermedades prevalentes y emergentes de los Cisnes de cuello negro y mamíferos silvestres en el humedal del río Cruces. Diseño de un un programa que permita realizar inferencia poblacional para detectar los potenciales factores de riesgo asociados a las enfermedades detectadas. Realización de actividades de divulgación y de coordinación con diferentes actores sociales para incrementar la cantidad de animales recogidos. Construcción, equipamiento y funcionamiento de CEREFAS y un laboratorio serológico.

En relación a objetivo específico 2:

Realización de exámenes anatomopatológicos de todos lo ejemplares muertos o moribundos encontrados en el humedal y cauces tributarios. Para su ejecución se establecerá a CEREFAS como el centro de recepción de todos los ejemplares remitidos por los guardafaunas de CONAF y la ciudadanía. Para lograr este objetivo se deberá difundir a través de los medios de comunicación la acción de CEREFAS. Implementación del equipamiento de la sala de necropsias.

En relación al objetivo específico 3:

Establecimiento de los protocolos de rehabilitación específicos para las especies recibidas. Construcción (ampliación), equipamiento y funcionamiento de las tres

unidades del CEREFAS: Unidad de Policlínico, Unidad de Hospitalización y Unidad de Rehabilitación.

En relación al objetivo específico 4:

Realización de acuerdo a la especie rehabilitada de programas de preliberación (corrales) o liberación directa. Seguimiento de los especímenes rehabilitados para la evaluación del éxito de su liberación. Construcción, equipamiento y funcionamiento de la Unidad de Preliberación.

vii) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Nestor Tadich, Carla Rosenfeld, Enrique Paredes, Jorge Ulloa, Gastón Valenzuela, Ricardo Enríquez, Gustavo Monti, Claudio Verdugo, además de tres técnicos.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **17368.28 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	1839.78	1839.78	1839.78	1839.78	7359.12
Gastos operacionales	2177.64	2177.64	2177.64	2177.64	8710.54
Inversión	5050.00	0.00	0.00	0.00	5050.00
Total	8122.66	3078.19	3083.71	3083.71	**17368.28**

4.4. SUBPROGRAMA DE ORDENACION TERRITORIAL Y USO DEL HUMEDAL

4.4.1. DISEÑO DE UN MAPA DE ORDENACION TERRITORIAL DEL HUMEDAL Y ZONAS ALEDAÑAS. COORDINADOR: DR. VICTOR SANDOVAL.

Esta línea de acción corresponde a una propuesta de ordenamiento físico de ocupación de los terrenos de la cuenca hidrográfica que afectan el humedal, en función de la capacidad de carga de esta. Se incluye en esta fase, la interacción con la ciudadanía mediante un flujo de información coherente, asociada a la dinámica de cambios que ocurrieron y la vulnerabilidad futura de los terrenos al cambio de uso y su efecto sobre el humedal.

Para el desarrollo de este Proyecto se utilizará la información cartográfica y alfanumérica obtenida mediante el Proyecto Monitoreo de Series Multitemporales. Se planifica estructurar un Sistema de Información geográfico de Ordenamiento de la Cuenca del río Cruces (Figura 19), que permita un monitoreo permanente de las áreas involucradas.

La cartografía de ordenación territorial que se genere permitirá delimitar **físicamente el uso del terreno y pronosticar espacialmente** el efecto de futuras actividades agrícolas, forestales, industriales y urbanas sobre este.

El pronóstico espacial de efectos físicos sobre el humedal se realizará considerando las variables relevantes que provienen del componente ecosistémico y serán definidas por el equipo multidisciplinario de investigación.

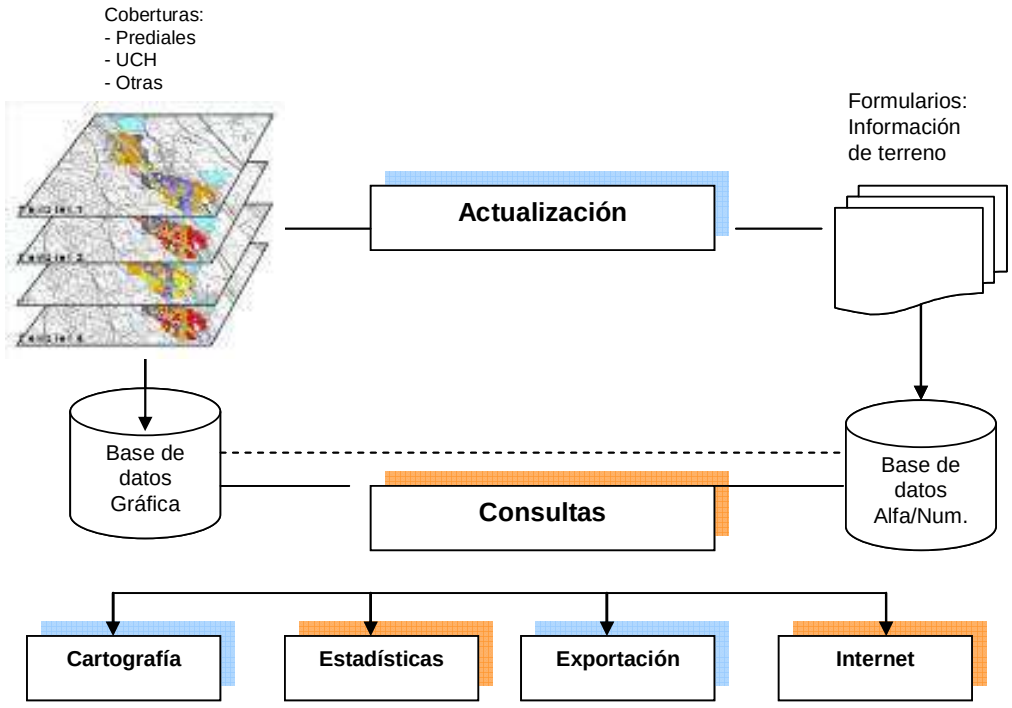


Figura 19. Estructura general del Sistema de Información y Ordenamiento Territorial.

Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Víctor Sandoval (Universidad Austral de Chile), Pedro Real (Universidad de Concepción), Pedro Paolini (Universidad de Chile) y el Ing. Gastón Vergara, Universidad Austral de Chile.

Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2066.30 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	198.90	198.90	198.90	198.90	795.58
Gastos operacionales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inversión	1270.72	0.00	0.00	0.00	1270.72
Total	1469.61	198.90	198.90	198.90	**2066.30**

5. REDES INTERACTIVAS DENTRO DEL PROGRAMA

El éxito de un programa de investigación como el aquí propuesto pasa necesariamente por la formación de redes transversales de integración entre los diferentes Proyectos. De ahí que será prioridad del programa desarrollar los proyectos bajo esa perspectiva. A continuación se citan algunos ejemplos de tales interacciones.

La integración de los resultados de los Proyectos Variables físicas y químicas en aguas superficiales y sedimentos (4.1.1.1. y 4.1.1.4) y Modelo hidrodinámico de estuarios afluentes al estuario del río Cruces) (4.2.1) permitirá conocer si desde el punto de vista hidrográfico, existen en el humedal del río Cruces y cauces adyacentes, áreas más proclives a ser afectadas por acumulaciones de tóxicos. Los mismos resultados de los Proyectos Variables físicas y químicas en aguas superficiales y sedimentos y Macrófitas acuáticas (4.1.2.2.), en conexión con el Proyecto Biomanipulación y conservación de macrófitas acuáticas (4.3.2), permitirán evaluar la viabilidad de iniciar la restauración de la cobertura vegetal en el humedal.

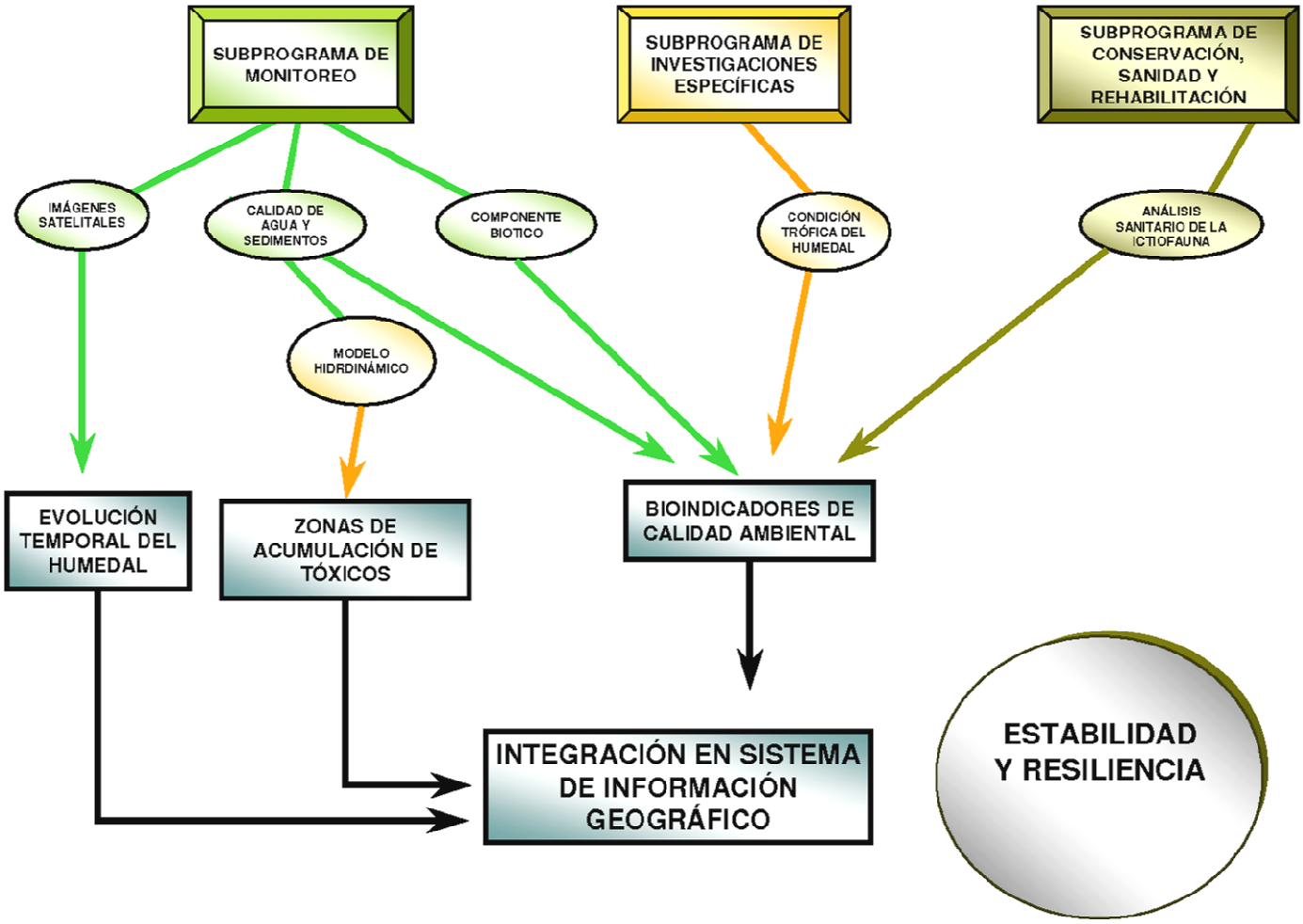
El integrar los resultados de los Proyectos Variables físicas y químicas en aguas superficiales y sedimentos, aquellos de los Monitoreos de variables biológicas (4.1.2), Condición trófica del humedal (4.2.2) y Estado sanitario de la ictiofauna (4.3.4), permitirá obtener bioindicadores de calidad ambiental. Para lograr este tipo de integración, es que la selección de las estaciones de muestreo ha sido realizada de tal modo que se realicen en las mismas, actividades para el logro de objetivos específicos de la mayor parte de los proyectos.

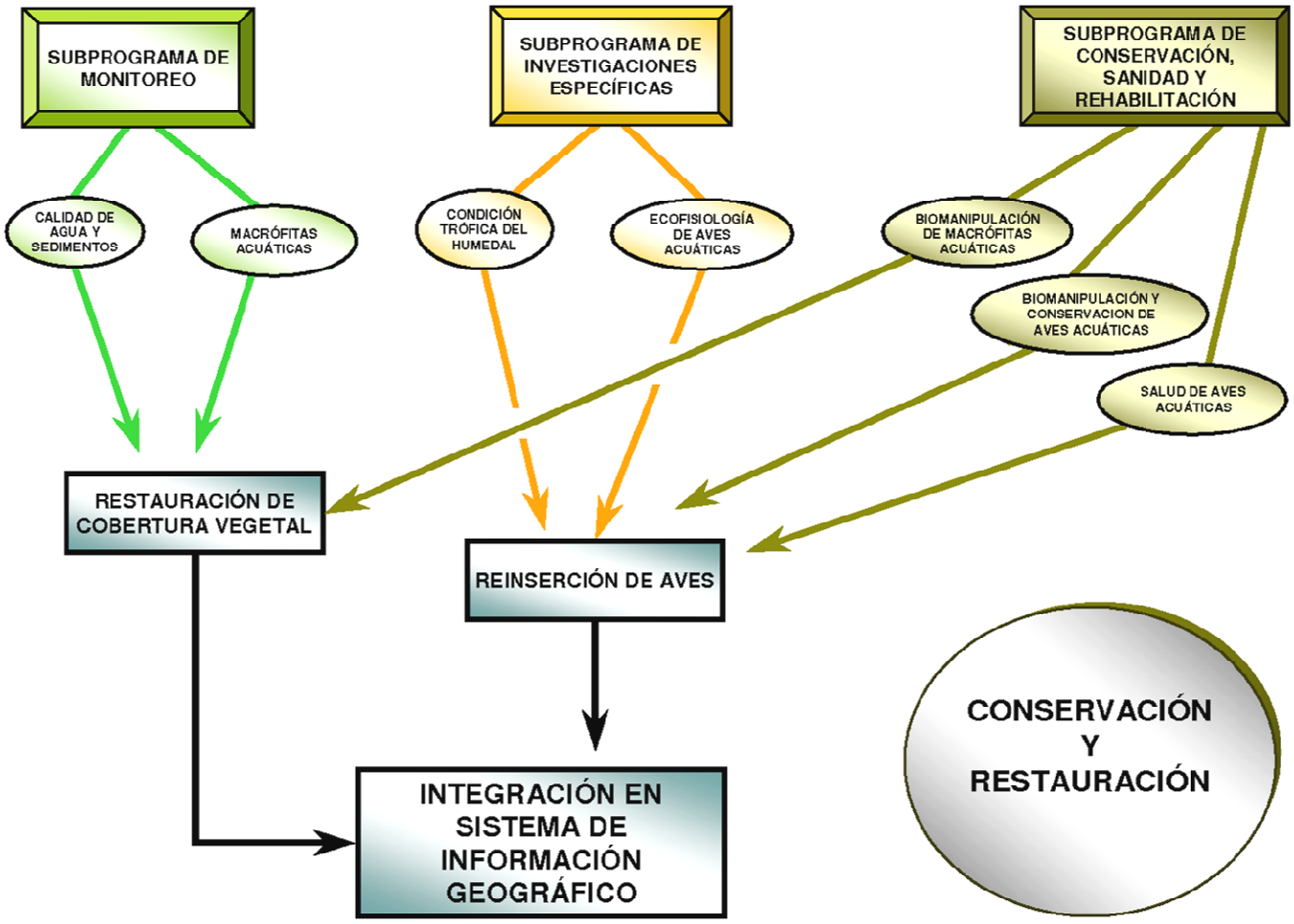
La integración de los resultados del Proyecto Condición trófica del humedal, Características ecofosiológicas de aves acuáticas (4.2.3) y Biomanipulación y conservación de aves acuáticas (4.3.3), permitirá calcular estacionalmente la cantidad de energía que cosechan los Cisnes de cuello negro y las Taguas en el ecosistema. A la inversa, la información de la biomasa vegetal disponible en el humedal (Macrófitas acuáticas) permitirá calcular (en base a las estimaciones bioenergéticas en las aves) la

capacidad de carga del humedal (en densidades poblacionales de aves) en las distintas estaciones del año. Finalmente, la integración de estos antecedentes con los resultados de tasa metabólica sostenida por tipo de dieta permitirá saber si el Luchecillo y otras especies vegetales autóctonas y alóctonas (que se seleccionarán en base a su disponibilidad relativa estacional (Proyecto Macrófitas acuáticas)), permitirá conocer la sobrevivencia y reproducción de las aves herbívoras en el humedal.

Otra importante red es la que resulte de la interacción de los Proyectos Variables físicas y químicas en aguas superficiales y sedimentos y Estado sanitario de la ictiofauna; esto no es trivial, ya que parte importante de los habitantes de la cuenca incluyen a los peces del humedal como parte de su dieta, de tal modo que el conocer si los cambios en calidad de agua han afectado el estado de esos peces es de importancia fundamental para la población humana del área. Situación similar a la anterior lo constituye el saber el estado de calidad de agua de los pozos de la cuenca (Proyecto Variables físicas y químicas en aguas subterráneas), los cuales abastecen a parte importante de la poblaciópn humana y animales domésticos de la misma.

A continuación se muestran alguna de las interacciones entre las Líneas de acción o Proyectos de los respectivos Subprogramas.




SUBPROGRAMA DE MONITOREO
SUBPROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECÍFICAS
SUBPROGRAMA DE CONSERVACIÓN, SANIDAD Y REHABILITACIÓN
CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS
MACRÓFITAS ACUÁTICAS
CONDICIÓN TRÓFICA DEL HUMEDAL
ECOFISIOLOGÍA DE AVES ACUÁTICAS
BIOMANIPULACIÓN DE MACRÓFITAS ACUÁTICAS
BIOMANIPULACIÓN Y CONSERVACION DE AVES ACUÁTICAS
SALUD DE AVES ACUÁTICAS
RESTAURACIÓN DE COBERTURA VEGETAL
REINSERCIÓN DE AVES
INTEGRACIÓN EN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

6. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE ESPECIES Y DEL HUMEDAL. COORDINADORES: DR. EDUARDO JARAMILLO, DR. NELSON LAGOS Y DR. ANGÉLICA CASANOVA.

i) Antecedentes

Como resultado de la ejecución del Programa de Investigación descrito, se obtendrá información acerca de diferentes aspectos que preocupan en relación al estado ambiental actual del humedal del río Cruces. En general, la estructura de cada Proyecto apunta a establecer una base de conocimiento por medio de la delimitación de problemáticas específicas, la definición de objetivos, la determinación de actividades para cumplir con los objetivos y la obtención y análisis de los resultados. Estos puntos permitirán establecer nuevas problemáticas y objetivos, en particular para dirigir las estrategias de rehabilitación del componente biótico (por ejemplo, abundancia y diversidad de especies) y abiótico (calidad del agua y sedimentos) y el establecimiento de indicadores para evaluar el éxito de estas estrategias. Sin embargo, este conocimiento científico debe integrarse con la información generada por otras organizaciones participantes, para en conjunto, desarrollar una estrategia común donde se asegure que la información científica y su aplicación sea internalizada por la ciudadanía en general, de tal modo que se asegure la rehabilitación y conservación del humedal, para que en definitiva se restablezcan los bienes y servicios que éste ecosistema pueda sostener.

ii) Objetivo general

Establecer una plataforma de discusión donde el conocimiento científico generado por todos los Proyectos de Investigación sea puesto en un contexto aplicado, que permita apoyar una adecuada estrategia de toma de decisiones en relación a la administración del humedal.

iii) Objetivos específicos

1) Determinar las implicancias en manejo de la información relativa a la ecología de organismos, poblaciones y comunidades de macrófitas del humedal.
2) Determinar las implicancias en manejo de la información relativa a la ecología de organismos, poblaciones y la comunidad de avifauna del humedal.
3) Determinar las implicancias en el manejo de la información relativa a la ecología de poblaciones de especies no carismáticas, cuyo riesgo sea caracterizado por los diferentes Proyectos de investigación.

iv) Materiales y métodos

Para determinar las implicancias en manejo de la información relativa a la ecología de organismos, poblaciones y comunidades, se tomará como ejemplo el caso de las macrófitas del humedal (**Objetivo específico 1**), donde se evaluarán las implicancias prácticas de los diferentes objetivos planteados en los Proyectos de investigación donde se incluye este grupo taxonómico. Es decir, pueden ponerse en perspectiva la generación de herramientas para su manejo, como se ejemplifica a continuación.

El inventario de diversidad permitirá reconocer sitios de alta y baja diversidad de macrófitas (Proyecto 4.1.2.2), lo cual pone las bases metodológicas para definir dentro del humedal áreas prioritarias para la conservación. Esta información puede ser útil, para establecer restricciones al acceso de visitantes durante periodos reproductivos de las plantas y/o en sectores específicos. Esta delimitación de áreas prioritarias puede realizarse en consonancia con la información relativa a usos del borde y del suelo adyacente a estas comunidades considerado en el Proyecto 4.1.3. (Monitoreo de series multitemporales en imágenes satelitales) y 4.4.1 (Diseño de un mapa de ordenación territorial del humedal y zonas aledañas).

La evaluación de la diversidad de macrófitas en diferentes sectores del humedal permitirá conocer las condiciones sobre las cuales se organizan estas comunidades (Proyecto 4.1.2.2.), y por lo tanto, se establecen los requerimientos de tipos de hábitat adecuados para desarrollar planes de restauración de la comunidad de macrófitas que hayan sido degradas por uso del borde del humedal. Ambos aspectos: identificación de hábitats y estrategias de trasplantes también son consideradas en el Proyecto de biomanipulación y conservación de macrófitas acuáticas (Proyecto 4.3.2.). Los resultados de ese Proyecto apuntan directamente a generar herramientas de manejo de estas comunidades. De resultar exitosos los esfuerzos en diseñar transplantes experimentales del Luchecillo, entonces se podrán manejar las variaciones en abundancia de esta macrofita, asegurando su persistencia y el establecimiento de una base trófica para la avifauna del humedal. Este tipo de herramientas requerirá desarrollar una estrategia de seguimiento de las praderas de Luchecillo que se logren eventualmente establecer.

Para el caso de las especies de avifauna (**Objetivo específico 2**), la generación de herramientas de manejo estará enfocada a establecer requerimientos energéticos de diferentes especies de tal forma de tener evidencia de la actual capacidad de carga del sistema (número de individuos que se pueden sostener con los actuales recursos naturales del humedal). Para esto se requiere desarrollar una integración con los Proyectos de monitoreo de macrófitas y biomanipulación y conservación de macrófitas. Por otra parte, el monitoreo de la avifauna permitirá ir definiendo sitios de nidificación que pueden formar parte del listado de áreas prioritarias para la conservación, en las cuales se restrinja el acceso masivo de observadores durante este periodo. Esta normas podrían irse relajándo en la medida que se rehabilita el ecosistema y se restablecen las abundancias poblacionales de las especies de aves afectadas.

El **Objetivo específico 3** esta incluído en forma precautoria, ante la eventualidad de registrar bajas abundancia y/o riesgo de extinciones locales en especies poco conocidas, como el sapito de Darwin *Rhinoderma darwinii*.

En general, se espera que el equipo encargado de este Programa de Investigación vislumbre y ponga en ejecución otros lineamientos, que vayan surgiendo en la medida que se genere conocimiento científico relativo a todos estos componentes bióticos. Todos estos resultados e implicancias en manejo y conservación serán difundidos mediante un boletín de información a la comunidad.

v) Actividades y plan de trabajo en relación a los objetivos específicos

En general, este Proyecto funcionará mediante el desarrollo de seminarios científicos semestrales, donde se expongan los resultados de un determinado Programa (ya sea monitoreos, investigaciones específicas y/o rehabilitación y conservación) para discutir las implicancias en conservación y manejo de los resultados. Ya que la externalización del conocimiento es parte intrínseca al proceso de investigación, se considera la elaboración de boletines trimestrales para informar a la ciudadanía en general de las bases biológicas sobre las cuales se han establecidos las estrategias de conservación.

vi) Carta Gantt de las actividades (ver ANEXO I)

vii) Composición del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará integrado por los Drs. Eduardo Jaramillo, Mauricio Soto, Roberto Nespolo, Mario Pino, Víctor Sandoval, Nestor Tadich, Nelson Lagos y Angélica Casanova.

viii) Costos de implementación

El costo de este Proyecto asciende a la cantidad de **2607.73 UF**; costo que se desglosa como sigue:

	Año 1	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**total**
Personal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gastos operacionales	618.78	441.99	441.99	441.99	1944.75
Inversión	662.98	0.00	0.00	0.00	662.98
Total	1281.77	441.99	441.99	441.99	**2607.73**

7. COMPOSICION DEL EQUIPO DE TRABAJO

La experiencia ganada por los investigadores de la UACh en relación a los cambios ambientales que han ocurrido en el humedal del río Cruces a partir del 2004, así como el compromiso de la Universidad con el medio ambiente en general, han sido la base para la elaboración de la propuesta de investigación que aquí se presenta. Concientes también del potenciamiento que resulta de la interacción con investigadores de otras Universidades, laboratorios estatales o centros de investigación, se gestionó la participación de investigadores de las Universidades Santo Tomás de Santiago (Drs. Nelson Lagos y Claudio Beltrán), Universidad de Chile (Geógrafo Pedro Paolini), Universidad de Concepción (Drs. Angélica Casanova y Pedro Real), Universidad Católica de la Santísima Concepción (Ing. Mat. Marcelo Carro) y Universidad Nacional de Luján, Argentina (Drs. Walter Di Marzio, María Elena Sáenz, María del Carmen Tortorelli y Lic. José Luis Alberdi), del Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN (Geólogo Rosa Troncoso) y del UFZ-Institut of Environmental Research, Leipzig/Halle, Magdeburg, Alemania (Dr. Margarete Mages). La siguiente es la lista de investigadores que participaría entonces en este programa de investigación, no descartandose de ningún modo la eventual incorporación de otros investigadores durante el desarrollo del mismo.

Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias

Instituto de Zoología
Dr. Eduardo Jaramillo
Dr. Mauricio Soto
Dr. Germán Pequeño
Dr. Stefan Woelfl
Dr. Carlos Jara
Dr. Roberto Schlatter
Lic. en Ciencias César Cuevas

Instituto de Ecología y Evolución
Dr. Roberto Nespolo

Instituto de Geociencias
Dr. Mario Pino

Instituto de Botánica
Dr. Jorge Jaramillo

Instituto de Física
M. Sc. Charlotte Lovengreen

Instituto de Química
M. Sc. Hernán Palma
Dr. Eduardo Quiroz

Facultad de Ciencias Forestales

Instituto de Manejo Forestal
Dr. Víctor Sandoval
M.Sc. Gastón Vergara

Facultad de Medicina

Instituto de Histología y Patología
Dr. Bruno Peruzzo
Ing. Elec. Ricardo Silva

Facultad de Ciencias Veterinarias

Instituto de Patología Animal
Dr. Ricardo Enríquez
Dr. Enrique Paredes
Dr. Jorge Ulloa
Dr. Gastón Valenzuela
Med. Vet. Claudio Verdugo

Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias
Dr. Néstor Tádich

Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria
Dr. Carla Rosenfeld
Dr. Gustavo Monti

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

Departamento de Ciencias Básicas
Dr. Nelson Lagos
Dr. Claudio Beltrán

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Facultad de Ciencias Forestales
Dr. Pedro Real

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Departamento de Botánica
Dra. Angélica Casanova

UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

Facultad de Ingeniería

Laboratorio de Tecnologías de la Información
Ing. Mat. Marcelo Carro

UNIVERSIDAD DE CHILE

Centro de Estudios Espaciales
Lic. Geog. Pedro Paolini

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA (SERNAGEOMIN)

Geóloga Rosa Troncoso

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LUJAN

Departamento de Ciencias Básicas

Dr. Walter Di Marzio
Dra. María Elena Sáenz
Dra. María del Carmen Tortorelli
Lic. José Luis Alberdi

UFZ-INSTITUT OF ENVIRONMENTAL RESEARCH LEIPZIG/HALLE, MAGDEBURG, ALEMANIA

Dra. Margarete Mages

LABORATORIOS BENTHOS, VALDIVIA

M. Sc. Maritza Mercado

8. COSTO TOTAL DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

A continuación se detalla el costo total del Estudio en UF con los gastos de administración correspondientes.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	total
Personal	14255.08	14053.08	13207.78	13008.88	54524.82
Gastos operacionales	19132.29	18222.72	18094.17	16102.56	71551.74
Inversión	32759.52	0.00	0.00	0.00	32759.52
Subtotal	65202.14	31336.58	30368.25	28177.74	155084.70
Overhead UACh	13830.76	6647.15	6441.75	5977.10	32896.75
Total Proyecto	**79032.89**	**37983.73**	**36810.00**	**34154.83**	**187981.45**

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A.A.A.P. 1998. A laboratory manual for the isolation and identification of avian pathogens. 4th Edition. The American Association of Avian Pathologists.

AGUIRRE I; A HAUSER & B SCHWERDTFEGER (2000) Mapa Hidrogeológico del valle del río Copiapó entre embalse Lautaro y Piedra Colgada, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Documento de Trabajo, N°14, escala 1: 50.000.

AKCA A (2001) Waldinventur. Frankfurt, Sauerländer's Verlag. 193 pp.

ALONSO-ALVAREZ CA & M FERRER (2001) A biochemical study of fasting, subfeeding, and recovery processes in yellow-legged gulls. Physiological and Biochemical Zoology 74: 703-713.

ANDERSON F, L BLACK, L MAYER & L WATLING (1981) A temporal and spatial study of mudflat texture. North Eastern Geology 3: 184-196.

ANDERSON JR, EE HARDY, JT ROACH & RE WITMER (1976) A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. U.S. Geological Survey Prof. Paper 964. Washington, D.C.

ANTINAO JL & M MCDONOUGH (1999) Antecedentes estratigráficos y geocronológicos para una edad interglacial (MIO5e-5c) de la terraza de "Cancagua", Valdivia, Chile. En Congreso Geológico Argentino, Nº. 14, Actas, Vol. 1, p. 55-56. Salta, Argentina.

ANTINAO JL, JD CLAYTON, I SANTIBÁÑEZ, M TOLOCZYKI, B SCHWERDTFEGER, J HANISCH & W KRUCK (2000) Geología para el Ordenamiento Territorial: Estudio Geoambiental del área Puerto Montt-Frutillar, X Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín, Nº 55, 34 p., 2 mapas escalas 1:100.000 y 1:20.000.

APHA (1995) Standard Methods for the examination of water and wastewater.

ARCOS D, H PEÑA, S NÚÑEZ, J ORTIZ, L FURET, S FIGUEROA, A SEPÚLVEDA, H REBOLLEDO, J CASTILLO, A TURNER, H GONZÁLEZ, E MENSCHEL & A SEPÚLVEDA (2002) Determinación de la capacidad de carga de las zonas estuarinas de los ríos Valdivia y Bueno, X Región: Río Valdivia. Instituto de Investigación Pesquera. Talcahuano, Chile, 333 pp.

ARENAS M; C JARA, J MILOVIC, Y PÉREZ, R TRONCOSO, J BEHLAU, J HANISCH & F HELMS (2005) Geología para el Ordenamiento territorial: Área de Valdivia. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental Nº 7, 71 p., 6 mapas escala 1:100.000 y 1 mapa escala 1:25.000. Santiago.

ARRATIA G (1981) Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Museo de Historial Natural, publicación ocasional 34:1-108.

ARRATIA G (1987) Description of the primitive family Diplomystidae (Siluriformes, Teleostei, Pisces): Morphology, taxonomy and phylogenetic implications. Bonner zoologische Monographien 27: 1-120.

AUED MB, C CHÉHEBAR, G PORRO, DW MACDONALD & MH CASSINI (2003) Environmental correlates of the distribution of southern river otters *Lontra provocax* at different ecological scales. Oryx 37:413-421.

AUSTIN JA (2004) Estimating Effective Longitudinal Dispersion in the Chesapeake Bay. Estuarine, Coastal and Shelf Science 60: 359-368.

BACIGALUPE LD, RF NESPOLO, DM BUSTAMANTE & F BOZINOVIC (2004) The quantitative genetics of sustained energy budget in a wild mouse. Evolution 58:421-429.

BAROZZI R (1962) Descripción de 45 sondajes hechos en 1962 para el estudio "El suelo de fundación de Valdivia", apuntes de terreno (Inédito), Instituto de Investigaciones Geológicas, 32 p. Santiago.

BAROZZI R & R LEMKE (1966) El suelo de fundación de Valdivia. Instituto de Investigaciones Geológicas, Estudios Geotécnicos, Nº 1, 1 mapa escala 1:7.500.

BEGINS RG, FA LEIGHTON, JR FISCHER, MT ARTOIS, C MÖRNER & M TATE (2004) The role of wildlife in emerging and re-emerging zoonoses. Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties 23: 497-511

BENTLEY M (1997) Relative and radiocarbon chronology of two former glaciers in the Chilean Lake District. Journal of Quaternary Science 12: 25-33.

BERTHOLD P (2001) Bird Migration, a general survey. 2nd ed. Oxford Ornithology Series. Oxford University Press. 253 pp.

BEUKEMA JJ (1988) An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. Marine Biology 99: 425-433.

BIBBY CJ, ND BURGESS, DA HILL & SH MUSTOE (2000) Bird census techniques, 2nd ed. Academic press, N.Y. 302 pp.

BLAUSTEIN AR & PTJ JOHNSON (2003) The complexity of the deformed amphibians. Frontiers in Ecology and Environment 1: 87-94.

BLUMBERG AF & GL MELLOR (1987) A description of a three-dimensional coastal ocean circulation Model. In Three-Dimensional Coastal Ocean Models (Heaps N.S., ed.). American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 1-16.

BOISMENU C, G GAUTHIER & J LAROCHELLE (1992) Physiology of prolonged fasting in greater snow geese (*Chencaerulensis atlantica*). The Auk 109: 511-521.

BORTON S (2003) Estuarine Indicators. CRC Marine Science Series. 560 pp

BOULTON A, S FINDLAY, P MARMONIER, E STANLEY & M VALETT (1998) The functional significance of hyporheic zone in streams and rivers. Annual Review of Ecology and Systematics 29: 59-81.

BUB H (1995) Bird trapping and bird banding, a handbook for trapping methods all over the world. Cornell University Press, Ithaca, N.Y. 330 pp

BYERS S, E MILLS & P STEWARD (1978) A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestion for a standard method. Hydrobiologia 58: 43-47.

CAMPBELL TW (1995) Avian Hematology and Citology. 2nd edition, Ames, Iowa State University Press, Iowa, United States.

CAMPOS C (1984) Los géneros de atherínidos (Pisces: Arherinidae) del sur de Sudamérica. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Zoología, 13: 71-84.

CAMPOS H (1982) Sistemática del género *Cheirodon* (Pises: Characidae) en Chile, con descripción de una nueva especie. Análisis de Multivarianza. Studies on Neotropical Fauna and Environment 7: 129-162.

CARR MR (1997) Primer user manual. Plymouth Marine Laboratory, Prospect Place, Plymouth PL1 3 DH, United Kingdom 40 pp.

CASTELLI A, C LARDICCI & D TAGLIAPIETRA (2004) Soft bottom macrobenthos. In: Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study, Gambi and Dappiano (eds). Vol 11, 604 pp.

CERDA C & H SCHWEMBER (1994) Ondas de marea en el Estuario de Valdivia. En XVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica 2: 97-108.

CERDA C & H SCHWEMBER (1996) Hidrodinámica y evacuación del sistema estuarial Valdivia-Calle Calle. En Cuenca del Río Valdivia*:* Algunos aportes para su conocimiento (Sinergos Consultores, ed.): 153-162.

CHATFIELD C (1989) The analysis of time series. An introduction. London, Chapman & Hall.

CHESSON J (1983) The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. Ecology 64: 1297-1304.

CHOI KW & JH WLEE (2004) Numerical Determination of Flushing Time for Stratified Water Bodies. Journal of Marine Systems 50: 263-281.

CLAPPERTON C (1993) Quaternary geology and geomorphology of South America. Elsevier Science Publishers, 779 p. Amsterdam.

CLARKE KR & RM WARWICK (1994) Change in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144 pp.

CLARKE KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology 18:117-143.

CODY ML (1996) A general theory of clutch size. Evolution 20:174-184.

CONAF (1999) Catastro y evaluación de recursos vegetacionales de Chile, Informe Nacional, Marzo 1999, Santiago de Chile.

CONNELL JH (1983) On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence form field experiments. The American Naturalist 122: 661-696.

CONRADO M & MH DEPLEDGE (1998) Population responses of the marine amphipod *Corophium volutator* (Pallas, 1766) to copper. Aquatic Toxicology 44: 31-45.

CORTI P & RP 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.

CORTI P (1996) Conducta de alimentación y capacidad de forrajeo del Cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*, Molina, 1782) en humedales de Valdivia. Tesis, Facultad de Ciencias Veterinarias, UACh.

CUSTODIO E & MR LLAMAS (1996) Hidrogeología Subterránea (segunda edición). Editorial Omega S.A., Barcelona: 2308 pp.

DASZAK P, A CUNNINGHAM & A HYATT (2000) Emerging Infectious Diseases of Wildlife Threats to Biodiversity and Human Health. Science 287: 21.

DE BUEN F (1959) Los peces exóticos en las aguas dulces de Chile. Investigaciones Zoológicas Chilenas 5: 103-137.

DEBLER W & J IMBERGER (1996) Flushing criteria in estuarine and laboratory experiments. Journal of Hydraulic Engineering 728-734 .

DEEM SH, W CAREES & W WEISMAN (2005) Putting theory into practice: wildlife health in conservation. Conservation Biology 15, nº5.

DEWITT T (1989) Measuring the acute toxicity of estuarine sediments. Environmental Toxicology and Chemistry 8: 1035-1048.

DI MARZIO WD, ME SÁENZ, JL ALBERDI & MC TORTORELLI (1999) Assessment of the Toxicity of Stabilized Sludges using Hyalella curvispina (Amphipod) Bioassays. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 63: 654-659.

DI MARZIO WD, ME SÁENZ, JL ALBERDI, MC TORTORELLI, P NANNINI & G AMBRINI (2005) Bioaccumulation of Endosulfan from Contaminated Sediment by Vallisneria spiralis. Bulletin of Evironmental Contamination and Toxicology 74: 637-644.

DIAMOND J & T CASE (1986) Community ecology. Harper & Row Publishers Inc. NY. USA, 665 pp.

DOKULIL M (1984) Metodología de medición de fotosíntesis en fitoplancton. Embalses, fotosíntesis y productividad primaria. En: Bahamonde & Cabrera (Eds.) Programa sobre el hombre y la biosfera, UNESCO, Alfabeta, Santiago: 73-84

DOMINGO-ROURA X, C NEWMAN, F CALAFELL & D MACDONALD (2001) Blood biochemistry reflects seasonal nutritional and reproductive constraints in the eurasian badger (*Meles meles*). Physiological and Biochemical Zoology 74: 450-460.

DONNELLY MA & C GUYER (1994) Estimación del tamaño poblacional. En: Heyer R, Donnelly M, McDiarmid R, Hayeck LA & M Foster (eds). Medición y monitoreo de la biodiversidad biológica. Métodos estandarizados para anfibios: 177-198. Smithsonian Institution Press, Washington y Londres.

DUHART P, JL ANTINAO, J CLAYTON, S ELGUETA, P CRIGNOLA & M MACDONOUGH (2003) Geología del Área Los Lagos-Malalhue, Región de los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Serie Geología Básica, Nº 81, 30 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

DÜRRSCHMIDT M & L STEUBING (1983) Estudios limnológicos en dos ríos del sur de Chile (Río Calle Calle y Río Cruces, Valdivia–Chile). Medio Ambiente 6: 58-71.

DYER BS & AE GOSZTONYI (1999) Phylogenetic revision of the South American subgenus *Austromenidia* Hubbs, 1918 (Teleostei, Atherinopsidae, *Odontesthes*) and a study of meristic variation. Revista de Biología Marina y Oceanografía 34: 211-232.

DYER BS (1997) Phylogenetic revisión of Atherinopsinae (Teleostei, Atherinopsidae), with comments on the systematics of the South American freshwater fish genus *Basilichthys* Girard. Museum of Zoology, University of Michigan, Miscelaneous Publications 185: vi + 64 pp.

DYER BS (1998) Phylogenetic systematics and historical biogeography of the neotropical silverside family Atherinopsidae (Teleostei: Atheriniformes).

EDWARDS R (1998) The hyphoreic zone. In River Ecology and management. Lessons from the Pacific costal ecoregion (Naiman, R. y Bilby, R.; editores). Springer-Verlag. New York: 399-429.

EMERY K (1938) Rapid method of mechanical analysis of sands. Journal of Sedimentary Petrology 8: 105-111.

ETIENNE M & C PRADO (1982) Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Santiago, U. de Chile, UNESCO-MAB. 120 p. (Ciencias Agrícolas, 10)

FAGOTTI A, L MOROSI, I Di ROSA, T CLARIONI, F SIMONCELLI, R PASCOLINI, R PELLEGRINO, GD GUEX & H HOTZ (2005) Bioaccumulation of organochlorine pesticides in frogs of the *Rana esculenta* complex in central Italy. Amphibia-Reptilia 26: 93-104.

FARIÑA JM, S SALAZAR, PK WALLEM, JD WITMAN & JC ELLIS (2003) Nutrient exchanges between marine and terrestrial ecosystems: the case of the Galapagos sea lion *Zalophus wollebaecki*. Journal of Animal Ecology 72: 873-887.

FISCHER HB, EJ LIST, RCY KOH, J IMBERGER & NH BROOKS (1979) Mixing in Inland and Coastal Waters, Academic Press, 483 pp.

FORERO MG, GR BORTOLOTTI, KA HOBSON, JA DONAZAR, M BERTELLOTI & G BLANCO (2004) High trophic overlap within the sea bird community of Argentinean Patagonia: a multiscale approach. Journal of Animal Ecology 73:789-801.

FORMAS JR (1979) La herpetofauna de los bosques temperados de Sudamérica. In: Duellman WE (ed) The South American Herpetofauna: its origin, evolution and dispersal: 341-369. University of Kansas Press, Museum Natural History Monographs, Kansas.

FORMAS JR (1981) Adaptaciones larvarias de los anuros del bosque temperado Austral de Sudamérica. Medio Ambiente 5: 15-21.

FOSTER SSD (1987) Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In Vulnerability of soil and groundwater to pollulants (Van Duijvenbooden, W.; Waegeningh, H.G.; editors). TNO Committee on Hydrological Research, Proceedings and Information, No. 38, p. 69-86. The Hague.

FRASER B, D WILLIAMS & K HOWARDS (1996) Monitoring biotic and abiotic processes across the hyporheic/groundwater interface. Hydrogeology Journal 2: 36-50.

FROMENTIN JM, J GJOSAETER, O BJORNSTAD & N STENSETH (2000) Biological processes and environmental factors regulating the dynamics of the Norwegian Skagerrak cod populations since 1919. ICES Journal Marrine Science 57: 330-338

FUSSMANN GF & G HEBER (2002) Food web complexity and chaotic population dynamics. Ecology Letters 5: 394-401.

GADGIL M & WH BOSSERT (1970) Life historical consequences of natural selection. The American Naturalist 104:1-23.

GANNES LZ, C MARTÍNEZ DEL RIO & P KOCH (1998) Natural abundance variations in Stable isotopes and their uses in animal physiological ecology. Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology 119: 725-737.

GAUTHIER L, MA VAN DER GAAG, L HARIDON, V FERRIER & M FERNÁNDEZ (1993) *In vivo* detection of waste waters and industrial effluent genotoxicity use the newt micronucleus test (Jailet test). Science Total Environment 138: 249-269.

GEYER, WR & RP SIGNELL (1992) A reassessment of the role of tidal dispersion in estuaries and bays. Estuaries 15: 97-108.

GILBERT G, DW GIBBIONS & J EVANS (1998) Bird monitoring methods, a manual of techniques for key UK species. 464 pp.

GLASBY TM & AJ UNDERWOOD (1996) Sampling to differentiate between pulse and press perturbations. Environmental Monitoring and Assessment 42: 241-252.

GRIGG, NJ & GN C IVEY (1997) A laboratory investigation into shear-generated mixing in a salt wedge estuary. Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics 85: 65-95.

GUICHÓN ML, VB BENÍTEZ, A ABBA, MH BORGNIA & MH CASSINI (2003) Foraging behaviour of coypus *Myocastor coypus*: why do coypus consume aquatic plants ? Acta Oecologica 24:241-246.

HABIT E (1994) Contribución al conocimiento de la fauna íctica del río Itata. Boletín Sociedad de Biología de Concepción 65: 143-147.

HALPERN, BS, K COTTENIE K & BR BROITMAN (2006) Strong top-down control in Southern California kelp forest ecosystems. Science 312:1230-1232

HAMILTON EC, DB HUNTER, DA SMITH & P MICHEL (2000) Artificial incubation of trumpeter swan eggs: selected factors affecting hatchability. Zoo Biology 18: 404-414.

HAUSER A (1990) Hoja Rancagua, VI Región. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Hidrogeológica de Chile N°1, escala 1:250.000 .

HAUSER A (1995) Hoja Talca-Linares, VII Región. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Hidrogeológica de Chile, N°2, escala 1:100.000.

HEYER R, M DONNELLY, R MCDIARMID, L HAYEK & M FOSTER (1994) Measuring and Monitoring Biological Diversity. Smithsonian, Washington and London.

HODGES BR & DALLIMORE (2002) ELCOM Sciencific Manual. Centre for Water Research Perth (Australia).

HODGES BR & J IMBERGER (2001) Simple curvilinear method for numerical methods of open channels. Journal of Hydraulic Engineering 949-958.

HÖLTING B (1996) Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. Enke ediciones, 5ta edición, 439 p., Stuttgart.

HOPKINS WA, MT NEMDONCA, CL ROWE & JD CONGDON (1998) Elevated trace elements concentrations in southern toads, *Bufo terrestris*, exposed to coal combustion wastes. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 35: 325-329.

HUOVINEN P, I GÓMEZ & C LOVENGREEN (2006) A five-year study of solar ultraviolet radiation in southern Chile (39º S): potential impact on physiology of coastal marine algae? Photochemistry and Photobiology 82:515-522.

INOUE M & WJ WISEMAN Jr (2000) Transport, Mixing and Stirring Processes in a Louisiana Estuary: A model Study. Estuarine, Coastal and Shelf Science 50: 449-466.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES-UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (IREN-UACH) (1978) Estudio de Suelos de La Provincia de Valdivia. Instituto Nacional de Investigación de Recursos Naturales-Universidad Austral de Chile, Inscripción N° 48576, 3 mapas escala 1:50.000, 178 p. Santiago.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN) (1984) NCh 409/1. Of. 84. Agua Potable, Parte 1: Requisitos. Instituto Nacional de Normalización, 19 p. Santiago.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN) (1987) NCh 1333. Of. 78 Mod.87. Requisitos de calidad de agua para diferentes usos. Instituto Nacional de Normalización, 19 p. Santiago.

IRIARTE S (1999) Hidrogeología de la Cuenca del Salar de Maricunga, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Documento de Trabajo, N°13, escala 1:100.000.

IRIARTE S, I UGALDE & M VENEGAS (1998) Hidrogeología de la Cuenca Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Documento de Trabajo, N°10, escala 1:100.000.

JAVORNICKY P (1958) Revision einiger Methoden zum Feststellen der Qualität des Phytoplanktons. Sci. Pap, Ins. Che, Temhul, Prague, Fuel and Water 2: 283-376.

JENNI L ed. (2001) Bird Ringing 100 years, Proceedings of the Int. Conf. on Helgoland, 1999. Ardea 89: special Issue. 252 pp.

KANAI Y, F SATO, M UETA, J MINTON, H HIGUVHI, M SOMA, N MITA & S MATSUI (1997) The migration routes and important restsites of Whooper Swans satellite-tracked from northern Japan, Strix 15: 1-13

KARZULOVIC J (1960) Informe sobre las aguas subterráneas de Valdivia. Instituto de Investigaciones Geológicas, Publicación No. 12, 17 p.

KOLBE H (1990) Die Entenvoegel der Welt, ein Handbuch fuer Liebhaber und Zuechter. 4a ed. Neumann Verlag, Radebuel, Alemania. 382 pp.

KWAK TJ & JB ZEDLER (1997) Food web analysis of southern California coastal wetlands using multiple stable isotopes. Oecologia 110: 262-277.

LAGOS NA, SA NAVARRETE, F VELIZ, A MASUERO & JC CASTILLA (2005) Meso-scale spatial variation in settlement and recruitment of intertidal barnacles along the coast of central Chile. Marine Ecology Progress Series 290: 165-178.

LAMBIN E & F ETAL 1993. Agricultural Production Monitoring in Sahel Using remote Sensing. Present Possibilities and Research Needs. Journal of Enviromental Management 38: 301-322.

LAMBIN E (1997) Modelling and Monitoring land-cover change processes in tropical regions. Progress in Physical Geography 21: 375-393.

LARA A & V SANDOVAL (1998) Informe Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Valdivia, UACH. (circulación restringida)

LARA A & V SANDOVAL (2001) Informe Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Valdivia, UACH. (circulación restringida)

LARA A & V SANDOVAL (2003) Generación de cartografía y evaluación de recursos vegetacionales. En. OLTREMARI A., J.; THELEN K.D. Planificación de áreas silvestres protegidas. Santiago, CONAMA-FAO. pp. 48-63

LARSSON A (1973) Clinic-Chemical methods applied to fish blood with reference to effects of chlorinated htdrocarbons. Comparative physiology, eds. L.Bolis, K. Schmidt-Nielsen and S. Maddrell, North-Holland Publishing Company.

LAUGENIE C (1982) La región des lacs, Chili Meridional, recherches sur l'évolution géomorphologique d'un piemont glaciaire quaternaire andin. These de Doctorat (Inédito), Université de Bordeaux III, 833 p.

LEGENDRE P & L LEGENDRE (1998) Numerical ecology, 2nd edn. Elsevier, Ámsterdam.

LEVIN S A (1992). The problem of pattern and scale in ecology. Ecology 73:1943–1967.

LEWONTIN RC 1966. On the measurement of relative variability. Systematic Zoology 15: 141-142 .

LOVENGREEN CH, F OJEDA & V. MONTECINO (1994) Spectral composition of aquatic light field of the Lakes Riñihue, Todos los Santos, Laguna Negra and El Yeso Reservoir. Archiv Fur Hydrobiologie 129:497-509.

LOWELL TV; CJ HUESSER, BG ANDERSON, PI MORENO, A HAUSER, LE HUESSER, C SCHLUCHTER, DR MARCHANT & GH DENTON (1995) Interhemispheric Correlation of Late Pleistocene Glacial Events. Science 269: 1541-1549.

LUNDGREN L (1986) Environmental Geology. Prentice Hall, 576 p. New Jersey.

MACKECHNIE AE (2004) Stable isotopes: powerful new tools for animal ecologist. South African Journal of Science 100:131-134.

MARKKOLA J, M NIEMELÄ & S RYTKÖNEN (2003) Diet selection of lesser white-fronted geese Anser erythropus at a spring staging area. Ecography 26: 705-714.

MATTESON SW, MJ MOSSMAN & LM HARTMAN (1996) Wisconsin's trumpeter Swan restoration Efforts, 1987-1994. In Proceedings and papers from the Fifteenth trumpeter Swan Society Conference.

MCCUNE B & MJ MEFFORD (1999) PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4.0. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon. 237 pp.

MCDOWALL RM & K NAKAYA (1987) Identity of the galaxioid fishes of the genus *Aplochiton* Jenyns from Southern Chile. Japanese Journal of Ichthyology 34: 377-383.

MCDOWALL RM (1971a) The galaxiid fishes of South America. Zoological Journal of the Linnean Society 50: 33-73.

MCDOWALL RM (1971b) Fishes of the family Aplochitonidae. Journal of the Royal Society of New Zealand 1: 31-52.

MCNAB BK (2000) Energy constraints on carnivore diet. Nature 407:584.

MEDINA-VOGEL G, VS KAUFMAN, R MONSALVE & V GOMEZ (2003) The influence of riparian vegetation, woody debris, stream morphology and human activity on the use of rivers by *Lontra provocax* in Chile. Orix 37:422-230.

MERCER JH (1976) Glacial History of Southern South America. Quaternary Research 6: 125-166.

MERCER JH (1983) Cenozoic glaciation in the Southern Hemisphere. Annual Review of Earth Planetary Sciences 11: 99-132.

METEYER CU (1997) Diagnostic findings associated with malformed frogs from Vermont. Biological Resources Division U.S. Geological Survey National Wildlife Health Center.

MILOVIĆ J (2002) Discharge patterns and flood hidrology analysis for the Valdivia basin rivers, X Región, Chile. M.Sc. Thesis (Unpublished), University of Tuebingen, Faculty of Geosciences, Institute of Geology and Paleontology, 70 p.

MINITAB (1998) Minitab user guide. www.minitab.com.

MORSE S (2004) Factors and determinants of disease emergence. Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties 23: 443-451

MÜLLER M, H THIELE & M SCHMITZ (1999) Integrierte ökonomische und ökologische Bewertung von Landschafsffunktionen, Bei Regionalizierung in der Landschaftsökologie B.G. Teubner Stuttgart. Leipzig. Steinhardt.U.; Volk (Hrsg.): 360-376

MULSOW S (2005) Comportamiento biogeoquímico del bentos de fondos sedimentarios. En: Estudio sobre origen de mortalidades y disminución poblacional de aves acuáticas en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en la Provincia de Valdivia. 443 pp

MUNKITTRICK KR & O SANDSTRÖM (2003) Ecological assessments of pulp mill impacts: issues, concerns, myths and research needs. Chapter 4.1, p 352-362 In Environmental Impacts of Pulp and Paper Waste Streams. T. Stuthridge, M. van den Heuvel, N. Marvin, A. Slade and J. Clifford (Eds.), Proceedings from the 3rd International Conference on Environmental Fate and Effects of Pulp and Paper Mill Effluents. Rotorua, New Zealand.

MUNKITTRICK KR (2004) Environmental effects of effluents from pulp and paper mills, pp.336-361. In: Fishes and Forests: an Approach to Fish-Forestry Interaction (Northcote, T.G. and G.F. Hartman, eds.). Blackwell Science. Oxford. 789 p

MUNKITTRICK KR (2004) The evolution of study approaches with pulp mill effluents, 1991-2003. p xv-xxvii In: (D.L. Borton, T.J. Hall, R.P. Fisher and J.F. Thomas, Eds.) Pulp & Paper Mill Effluent Environmental Fate & Effects. DesTech Publications, Lancaster, PA.

MUNKITTRICK KR, ME MCMASTER, MR SERVOS & GJ VAN DER KRAAK (2003) Changes in the reproductive performance of fish in Jackfish Bay over the period of mill modernization. Chapter 3.13, p. 332-341 In: Environmental Impacts of Pulp and Paper Waste Streams.T. Stuthridge, M. van den Heuvel, N. Marvin, A. Slade and J. Clifford (Eds.), Proceedings from the 3rd International Conference on Environmental Fate and Effects of Pulp and Paper Mill Effluents. Rotorua, New Zealand.

MUNKITTRICK KR, O SANDSTRÖM, A LARSSON, GJ VAN DER KRAAK, L FÖRLIN, E LINDESJÖÖ, ME MCMASTER & MR SERVOS (2003) A reassessment of the original reviews of Norrsundet and Jackfish Bay field studies. Ch. 4.12, p 459-477 In: Environmental Impacts of Pulp and Paper Waste Streams. T. Stuthridge, M. van den Heuvel, N. Marvin, A. Slade and J. Clifford (Eds.), Proceedings from the 3rd International Conference on Environmental Fate and Effects of Pulp and Paper Mill Effluents. Rotorua, New Zealand.

MUÑOZ J, M ARANEDA & M MCDONOUGH (1998) Geofísica Regional. Vol. 4, 108 p. In Estudio Geológico-Económico de la X Región Norte. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-98-15, 6 Vol., 12 Tomos, 27 mapas. Santiago.

NOWAK E, P BERTHOLD & U QUERNER (1990) Satellite tracking of migrating Bewick's swans, a european pilot study. Naturwissenschaften 77: 549-550.

OIE (2003) Manual of Diagnostic Test for Aquatic Animals. Office Internacional des Epizzoties, París, France.

ONGSAMWANG S (1993) Forest Inventory, Remote Sensing and GIS for Forest Management in Thailand, Berliner Geograpschien Studien. s. 272.

O.I.E. 2004. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals. World Organisation for Animal Health. Disponible en: http://www.oie.int/esp/normes/mmanual/a_00001.htm.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1995. Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones (segunda edición). Organización Mundial de la Salud, Vol 1, 195 pp. Ginebra.

PAREDES, E.; J. ULLOA; G. VALENZUELA; E. JARAMILLO. 2006a. Hemocromatosis por daño ambiental en Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) de un sitio RAMSAR en Valdivia, Chile. V Reunión Argentina de Patología Veterinaria. Esperanza 1, 2 y 3 de junio de 2006. Santa Fé, Argentina.

PAREDES, E.; J. ULLOA; G. VALENZUELA; E. JARAMILLO. 2006b. Enfermedad de almacenamiento de hierro en cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) de un sitio Ramsar en Valdivia, Chile. XX Pan American Conference of Veterinary Sciences & 14º Chilean Conference of Veterinary Medicine. Santiago, Chile

PARKS P (1990) Models of Forested and Agricultural Landscape. Integrating Economics Quantitative Methodes in Landscape Ecology, Springer-Verlag. Capitel 12: 309-322.

PARRA O & CE BICUDO (1998) Introducción a la biología y sistemática de las aguas continentales. Ediciones Universidad de Concepción, 268 pág.

PARRA O, M GONZALEZ, V DELLAROSSA, P RIVERA & M ORELLANA (1982) Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales, con especial referencia al fitoplancton de Chile. I. Cyanophyceae. II.Chrysophyceae y Xanthophyceae. III. Cryptophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae. IV. Bacillariophyceae. V. Chlorophyceae. Ediciones Universidad de Concepción.

PEQUEÑO G (1981) Los peces de las riberas estuariales del río Lingue. Cahiers de Biologie Marine, Roscoff, 22: 141-163.

PEQUEÑO G (1989) Peces de Chile. Lista Sistemática Revisada y Comentada. Revista de Biología Marina, Valparaíso, 24: 1-132.

PÉREZ Y, J MILOVIC, R TRONCOSO, J HANISCH, F HELMS & M TOLOCZYKI (2003) Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Osorno, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental, Nº 6, 48 p., 7 mapas escala 1:100.000. Santiago.

PERILLO G, C PICCOLLO & M PINO (1999). What Do we know about the geomorphology and physical oceanography of South American estuaries?. In PERILLO, G., C. PICCOLLO & M PINO (Eds.) Estuaries of South America: their Geomorphology and Dynamics. Environmental Science Series. Springer Verlag. Berlín, 1-13.

PETERSON BJ & B FRY (1987) Stable isotopes in ecosystems studies. Annual Review of Ecology and Systematics 18:293-320.

PETRAITIS PS & SR DUDGEON (1999) Experimental evidence for the origin of alternatives communities on rocky intertidal shores. Oikos 84:239-245.

PHILLIPS DJH & PS RAINBOW (1994) Biomonitoring of trace aquatic contaminants. Second edition. Chapman & Hall, London. 371 pp.

PINO M (1995) Structural Estuaries. 1995. In G. PERILLO (Ed.) Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Elsevier.227-239.

PINO M & N FUENTES (2001) Determinación del origen, niveles naturales y posibles aportes antrópicos en los contenidos de metales traza en los estuarios de Valdivia, X Región. Informe inédito. Servicio Nacional de Geología y Minería-Universidad Austral de Chile, 178 pp.

PINO M, G PERILLO & P SANTAMARINA (1994) Residual fluxes in a cross-section of the Valdivia river estuary, Chile. Estuarine, Coastal and Shelf Science 38: 491-505.

PINO M, K MORENO & M RIEDEMANN (2002) La terraza del último interglacial en la costa de Valdivia: observaciones, interpretaciones y desafíos. En Simposio Internacional de Geología Ambiental para Planificación del Uso del Territorio. Resúmenes, p.165-168. Puerto Varas.

POLIS G (1994) Food webs, trophic cascades and community structure. The Australian Journal of Ecology 19:121-136.

PORTER SC (1981) Pleistocene Glaciation in the Southern Lake District of Chile, Quaternary Research 16: 263-292.

POST DM (2002) Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. Ecology 83:703-718.

POWER ME & JC MARKS (1992) Variation in the vulnerability of prey to different predators: community-level consequences. Ecology 73:2218-2223.

PROCHELLE O & 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.

RABALAIS SC & RW FLINT (1983) IXTOC-1 effects on intertidal and subtidal infauna of south Texas Gulf beaches. Contributions In Marine Science 26: 23-35.

RAMIREZ C, R GODOY & E HAUENSTEIN (1982) Las especies de “Luchecillo” (Hydrocharitaceae) que prosperan en Chile. Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso 14: 43-54.

REASER JK & C GALINDO-LEAL (1999) La desaparición de las ranas. Printing funded by U.S. Agency for International Development (USAID).

RHOADS D & LF BOYER (1982) The effects of marine benthos on physical properties of sediments a successional perspective. In: Animals-sediment relations, McCall and Tevesz (eds). 335 pp.

RINGROSE S (1996) The use of integrated remotely sensed and GIS data to determine cause of vegetation cover change in southern Botswana. Applied Geography, 16: 225-242.

RODRÍGUEZ C, Y PÉREZ, H MORENO, J CLAYTON, JL ANTINAO, P DUHART & M MARTIN (1999) Mapa Geológico del Área Panguipulli-Riñihue, Región de los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Serie Geología Básica, Nº 10, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

ROE JH, WA HOPKINS & BP JACKSON (2005) Species and stages specific differences in trace elements tissue concentrations in amphibians: implications for the disposal of coal-combustion wastes. Environmental Pollution 136: 353-363.

ROYAMA T (1992) Analytical population dynamics. Chapman & Hall, USA, 369 pags.

RUIZ J (1993) Estudio ecológico en tres especies de taguas residentes en el Santuario de la Naturaleza del río Cruces. Tesis Facultad de Ciencias Veterinarias, UACh.

RUIZ VH & M MARCHANT (2004) Ictiofauna de aguas continentales chilenas. Departamento de Zoología, Universidad de Concepción, 356 pp, Concepción.

SANDOVAL V & G TRINCADO (1999) Informe Monitoreo VII Región. Valdivia, Universidad Austral de Chile.

SANDOVAL V (1998) Alternativas de pronóstico del uso actual de tierra en la VIII Región Chile. Proyecto de tesis Doctorado Universidad de Göttingen. 20 pp.

SANDOVAL V (2001) Informe Monitoreo V, VI Región y Región Metropolitana. Valdivia, Universidad Austral de Chile.

SANDOVAL V (2002) Informe Monitoreo IV Región. Valdivia, Universidad Austral de Chile.

SANDOVAL, V & A AKCA (2003) Methodische Untersuchungen zur raumbezogenen Modellierung und Prognose von Landnutzungsveränderungen. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 174: 213-218

SARASOLA JH, JJ NEGRO & A TRAVAINI (2004) Nutritional condition and serum biochemitry for free-living Swainson's Hawks wintering in central Argentina. Comparative Biochemistry and Physiology A 137: 697-701.

SCHLATTER RP (1989) Encuesta y propuesta de Programa de anillado y marcaje de cisnes y gansos sudamericanos, IWRB Sudamerica. IWRB e Instituto de Zoología. 8 pp.

SCHLATTER RP (1998) El Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) en Chile. en V Valverde, Ed. La Conservación de la Fauna Nativa de Chile, Logros y Perspectivas. CONAF: 121-131.

SCHLATTER RP (2005) Distribución del Cisne de cuello negro en Chile y su dependencia de habitat acuáticos de la Cordillera de la Costa. En Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile, C. Smith-Ramírez, J.J.Armesto y C.Valdovinos eds.Editorial Universitaria, Santiago de Chile: 498-504

SCHLATTER RP, DK ALDRUDGE, MM ROMERO & ME HOFMAN (1983) Ecological studies of Chilean ducks, p. 133-137. In E. H. Boyd [ed.], 1st Western Hemisphere Waterfowl and Waterbirds Symposium. Special Publication Canadian Wildlife Service for IWRB.

SCHLATTER RP, J SALAZAR, A VILLA & J MESA (1991) Demography of Black-necked swans *Cygnus melancoryphus* in three Chilean wetland areas. In Sears J, Bacon PJ, eds. Proceeding pf the Third International Swan Symposium, Oxford England, 1989. Water flow, Special Supplement 1:88-94.

SCHLATTER RP, J SALAZAR, A VILLA & J MEZA (1991) Reproductive Biology of Black-necked swans at three chilean wetland areas and feeding ecology ar Rio Cruces. Wildfowl Suppl. 1: 268 - 271

SCHLATTER RP, RA NAVARRO & P CORTI (2002) Effects of El Niño–Southern Oscillation on Numbers of Black Necked Swans at Río Cruces Sanctuary, Chile. Waterbirds 25 :114–122

SCHOENER TW (1989) Food webs from the small to the large. Ecology 70:1559-1589.

SCHWEMBER H & C CERDA (1996) Aforos en el Estuario de Valdivia. En: En Cuenca del Río Valdivia: Algunos aportes para su conocimiento, editado por Sinergos Consultores Ltda. 122-127.

SCOR-UNESCO (1969) Determination of photosynthetic pigments in sea water. - UNESCO, 2nd ed.- Imprimerie Rolland, Paris.

SERNAGEOMIN (1998) Estudio geológico-económico de la X Región norte, Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-98-15, 6 Vols., 27 mapas, diferentes escalas. Santiago, Chile.

SCHEFFER, M. (2001) Alternative Attractors of Shallow Lakes. TheScientific World, 254-263

SEWARD-THOMPSON B & J HAILS (1973) An appraisal on the computation of statistical parameters in grain size analysis. Sedimentology 11: 83-98.

SIBLY RM & P CALOW. (1999) Physiological ecology of animals, Blackwell, 1986.

SIELFELD W & JC CASTILLA (1999) Estado de conservación y conocimiento de las nutrias de Chile. Estudios Oceanológicos 18:69-79.

SIGNELL RP, JH LIST, AS FARRIS (2000). Bottom currents and sediment transport in Long Island Sound: A modeling study Source: Journal of Coastal Research 16: 551-566.

SILVA CP (2005) Contribución al conocimiento de la ecología reproductiva del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus* MOLINA, 1782) en la X Región, Chile). Tesis Escuela Licenciatura en Ciencias Biológicas, UACh.

SLADEN WJL (1973) A continental study of Whistling Swans using neck collars. Wildfowl 24: 8-14

SLEEMAN J & E CLARK (2003) Clinical wildlife medicine: a new paradigm for a new century. Journal of Avian Medicine and Surgery 17: 33-37.

SMITH G (1991) Facies sequences and geometries in continental volcaniclastic sediments. In: Sedimentation in Volcanic Settings (Fisher, R.V.; Smith, G.A.; editors). Society for Sedimentary Geology, Special Publication Nº. 45, p. 109-121. Tulsa.

SOKAL R & F ROHLF (1995) Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. W.-H. Freeman, New York: 877 pp.

SOPHOCLEUS M (2002) Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. Hydrogeology Journal 10: 52-67.

STAMBLER N, CH LOVENGREEN & M TILZER (1997) The underwater light field in the Bellinghausen and Amundsen Seas (Antartica). Hydrobiologia 344:41-56.

STARK JS (1998) Heavy metals pollutions and macrobenthic assemblages in soft sediments in two Sydney estuaries, Australia. Marine Freshwater Research 49: 533-540.

STRUCKMEIER W & J MARGAT (1995) Hydrogelogical Maps: a guide and a standard legend (International contributions to hydrogeology; Vol. 17). International Association of Hydrogeologists, Verlag Heise GmbH & Co KG, 177 p. Hannover.

SUTHERLAND (1990). Perturbations, resistance and alternative views of existence of multiple stable points in nature. American Naturalist 136: 270-275.

THOMSON C & J IMBERGER (1994) Report on the Valdivia Estuary, Chile. Centre for Water Research (University of Western Australia). Reference WP932JI, 89 pp.

TILZER M, N STAMBLER & CH LOVENGREEN (1995) The role of the phytoplankton in determining the underwater light climate in Lake Constance. Hydrobiologia 316:161-172.

TORRES-CONTRERAS H & F BOZINOVIC (1997) Estrategia de forrajeo en un micromamifero herbívoro de Chile central: ¿minimizador de tiempo o maximizador de energia? Revista Chilena de Historia Natural 70:577-585.

TOTZKE U, M FENSKE, O HÜPPOP, H RAABE & N SCHACH (1999) The influence of fasting on blood and plasma composition of herring gulls (*Larus argentatus*). Physiological and Biochemical Zoology 72:426-437.

TRINCADO G & V SANDOVAL (1999) Informe Final Proyecto Actualización del Catastro Forestal en las Regiones VIII y X Norte.

TURCHIN 2002 Complex Population Dynamics: a Theoretical/Empirical Síntesis. Department of Ecology and Evolutionary Biology University of Connecticut.

TURNER M & R GARDNER (1990) Quantitative Methodes in Landscape Ecology, Springer-Verlag. s. 536.

UACH-CONAMA (2005) Informe Final “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”. 443 pp.

ULLOA, J.; S. DÍAZ; H. HIDALGO; C. MATHIEU; C. VERDUGO; C. HERNÁNDEZ. (2006). Pesquisa de virus influenza aviar, virus de la enfermedad de Newcastle,

adenovirus tipo I y viruela aviar en población de Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) del Santuario de la naturaleza "Carlos Anwandter", Valdivia. XX Pan American Conference of Veterinary Sciences & 14º Chilean Conference of Veterinary Medicine. Santiago, Chile.

UNDERWOOD AJ (1997) Experiments in ecology: their local design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge.

USEPA (2000) Methods for Measuring the Toxicity and Bioaccumulation of Sediment-associated Contaminants with Freshwater Invertebrates. Second Edition, EPA 600/R-99/064.

USEPA Protocols for use in Streams and Wadeable Rivers. Periphyton, Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA 841-B-99-002. US. Office of Water; Washington, D.C., 339 pp.

UTERMÖHL H (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. Internat. Verein. Limnology. 9:1-38.

VALENZUELA, G.; A. ARAYA; J. ULLOA; E. PAREDES; E. JARAMILLO (2006). Estudio taxonómico de la fauna parasitaria gastrointestinal del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*, Molina, 1872) del Santuario de la Naturaleza "Rio Cruces", Valdivia, Chile. XX Pan American Conference of Veterinary Sciences & 14º Chilean Conference of Veterinary Medicine. Santiago, Chile.

VAN STEMPVOORT D, L EWERT & L WASSENAAR (1992) AVI: A method for ground water protection mapping in the Praire Provinces of Canada. Praire Provinces Water Board. Regina, Saskatchewan.

VANN LAAR A (1979) Biometrische Methoden in der Forstwissenchaft, teil II Auswertung forstlicher Versuche, Universität von Setellenbosch, Südafrika, s. 701.

VARGAS C, S ARANEDA & G VALENZUELA (2003) Influence of tidal phase and circulation on larval fish distribution in a partially mixed estuary, Corral Bay, Chile. Journal of the Marine Biology Association of United Kingdom 83: 217-222.

VERDUGO, C. & J. ULLOA (2005). "Aspergillosis in black necked swans". In: VIII Chilean Ornithology Conference. Universidad de Concepción-UNORCH, Chillan, Chile.

VERDUGO, C., P. ARTACHO, S. DÍAZ, M. SOTO-G, R. NESPOLO, F. WITTWER, J. ULLOA, R. SCHLATTER (2006). Health evaluation of a black necked swan (Cygnus melanocoryphus) population in a Chilean conservation priority area. American Association of Zoo Veterinarians, Annual Conference Proceedings, Tampa, USA.

VILA I, L FUENTES & M CONTRERAS (1999) Peces límnicos de Chile. Museo Nacional de Historia Natural de Chile, Boletín 48: 61-75.

VLECK C & D VLECK (2002) Physiological condition and reproduction consequences in Adélie Penguins. Integrative and Comparative Biology 42:76-83.

WALKER CH, SP HOPKIN, RM SIBLY & DB PEAKALL (2006) Principles of Ecotoxicology, Third Edition, (Taylor & Francis eds.), London, 315 pp.

WARWICK RM & KR CLARKE (1991) A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. Journal of the Marine Biological Association of UK 71: 225-244.

WARWICK RM (1986) A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Marine Biology 92: 557-562.

WARWICK RM (2001) Evidence for the effects of the metal contamination on the intertidal macrobenthic assemblage of the Fal estuary. Marine Pollution Bulletin 42, 145-148.

WARWICK RM, TH PEARSON & RUSWAHYUNI (1987) Detection of pollution effects on marine macrobenthic communities. Marine Biology 92: 557 562.

WEIBEL ER, CR TAYLOR & H HOPPELER (1991)The concept of symmorphosis: a testable hypotesis of structure-function relationship. Proceedings of the National Academy of Science of USA 88:10357-10361.

WETZEL, R.G. & G.E.LIKENS (1991) Limnological Analyses. Spinger-Verlag New York. Pag. 391

WIENS JA (1989). Spatial scaling in ecology. Functional Ecology 3:385–397.

WINTER T, J HARVEY, OL FANCKE & W ALLEY (1998) Ground Water and Surface Water, A Single Resource. US. Geological Survey, Circular 1139, 79 p. Denver.

WISHEU I & P KEDDY (1996) Three competing models for predicting the size of species pools: a test using eastern north American wetlands. Oikos 76: 2583-258.

ZAPOROZEC A (1994) Concept of groundwater vulnerability, In Guidebook on mapping groundwater vulnerability (Vrba, J.; Zaporozec, A.; editors), Vol. 16, International contributions to hydrogeology p. 3-7. Verlag Heise GmbH & Co. KG, Hannover.

ZAR JH (1999) Biostatistical analysis. Fourth edition. Prentice-Hall, Upper saddle River, New Jersey, 662 pp.

ZERDA H (1998) Monitoring der Vegetations und Landnutzungsveränderungen durch Brandung und Übernutzung im Trocken-Chaco Argentiniens mit Satellitenfernerkundung un GIS, Göttingen, Cuvillier Verlag, s.175.

ZIMMERMAN JTF (1986) The tidal whirlpool: A review of horizontal dispersion by tidal and residual currents. Netherlands Journal of Sea Research 20: 133-154.

ANEXO:

CARTAS GANTT

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.1. Variables físicas y-químicas en aguas superficiales. Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreo fisicoquímico quincenal																								
Muestreo fisicoquímico mensual																								
Muestreos compuestos (bimensual)																								
Análisis de material particulado																								
Análisis de elementos no metálicos																								
Análisis de metales pesados																								
Análisis estadísticos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.1. Variables físicas y químicas en aguas superficiales. Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Muestreo fisicoquímico quincenal																								
Muestreo fisicoquímico mensual																								
Muestreos compuestos (bimensual)																								
Análisis de material particulado																								
Análisis de elementos no metálicos																								
Análisis de metales pesados																								
Análisis estadísticos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.2. Radiación en aguas superficiales. Investigador Responsable: M. Sc. Charlotte Lovengreen

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreos																								
Análisis estadísticos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Muestreos																								
Análisis estadísticos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.3. Variables físicas y químicas en aguas subterráneas. Investigador Responsable: Geólogo Rosa Troncoso

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreos	■									■			■											
Análisis de laboratorio		■	■								■	■		■	■								■	■
Medición en terreno de cotas			■																					
Análisis de cotas				■																				
Análisis estadísticos	■	■	■	■									■			■								
Confección mapas isopiezas				■	■	■					■			■									■	
Determinación de direcciones de flujos				■	■	■					■			■									■	
Informes de avances												■												■
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.3. Variables físicas y químicas en aguas subterráneas. Investigador Responsable: Geólogo Rosa Troncoso

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Muestreos	■									■			■											
Análisis de laboratorio		■	■								■	■		■	■									
Medición en terreno de cotas																								
Análisis de cotas																								
Análisis estadísticos	■			■									■			■								
Confección mapas isopiezas		■									■			■										
Determinación de direcciones de flujos		■									■			■										
Informes de avances												■												
Informe final																			■	■	■	■	■	■

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.4. Variables físicas y químicas en sedimentos. Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreos																								
Análisis téxturales																								
Análisis de materia orgánica																								
Análisis de metales pesados																								
Análisis de compuestos orgánicos persistentes																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.4. Variables físicas y químicas en Sedimentos. Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Muestreos																								
Análisis texturales																								
Análisis de materia orgánica																								
Análisis de metales pesados																								
Análisis de compuestos orgánicos persistentes																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.5. Dioxinas en sedimentos y agua intersticial. Investigador Responsable: Dr. Walter Di Marzio

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreos																								
Ensayo de laboratorio																								
Ensayos ecotoxicologicos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Muestreos																								
Ensayo de laboratorio																								
Ensayos ecotoxicologicos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.6. Organismos bioindicadores: invertebrados bentónicos y macrofitas acuáticas.

Investigadores Responsables: Dr. Angélica Cassanova & Dr. Stefan Woelfl

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Montaje de infraestructura																								
Pruebas metodológicas																								
Muestreos																								
Análisis de metales pesados																								
Análisis de elementos no metálicos																								
Análisis estadísticos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.1. Monitoreo de Variables Físicas y Químicas del Agua, Sedimentos y Organismos Bioindicadores

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.1.6. Organismos bioindicadores: invertebrados bentónicos y macrofitas acuáticas.

Investigadores Responsables: Dr. Angélica Cassanova & Dr. Stefan Woelfl

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Montaje de infraestructura																								
Pruebas metodológicas																								
Muestreo							■	■	■										■	■	■			
Análisis de metales pesados								■	■	■										■	■	■		
Análisis de elementos no metálicos								■	■	■										■	■	■		
Análisis estadísticos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						■	■	■	■	
Informe de avance											■													
Informe final																					■	■	■	■

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.1. Fitoplancton y productividad primaria. Investigador Responsable: Dr. Jorge Jaramillo & Stefan Woelfl

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	**J 06**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 07**	**J 07**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 08**
Muestreo fitoplancton																								
Muestreo ciclo mareal																								
Medición clorofila *a*																								
Determinación de productividad primaria																								
Análisis muestras																								
Análisis datos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.1. Fitoplancton y productividad primaria. Investigador Responsable: Dr. Jorge Jaramillo & Dr. Stefan Woelfl

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Muestreo fitoplancton																								
Muestreo ciclo mareal																								
Medición clorofila *a*																								
Determinación de productividad primaria																								
Análisis muestras																								
Análisis datos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.2. Macrófitas acuáticas. Investigador Responsable: Dr. Angélica Casanova

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreos	■			■			■			■			■			■			■			■		
Análisis de muestras	■			■			■			■			■			■			■			■		
Análisis de laboratorio	■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■	
Análisis estadísticos		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Informes de avance												■												■
Informe final																								

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Muestreos	■			■			■			■			■			■			■			■		
Análisis de muestras	■			■			■			■			■			■			■			■		
Análisis de laboratorio	■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■	
Análisis estadísticos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Informes de avance												■												
Informe final																						■	■	■

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.3. Macroinfauna de fondos sedimentarios. Investigador Responsable: Dr. Eduardo Jaramillo

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreos	■			■			■			■			■			■			■			■		
Sorteo de muestras		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Identificación de taxa		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis estadísticos				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Informes Parciales												■												■
Informe Final																								

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Muestreos	■			■			■			■			■			■			■			■		
Sorteo de muestras	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Identificación de taxa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis estadísticos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Informes de avances												■												
Informe final																						■	■	■

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.4. Macrobentos de fondos ritrales. Investigador Responsable: Carlos Jara & Maritza Mercado

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Confección de bloques	■	■											■	■										
Instalación de bloques			■	■											■	■								
Muestreos				■			■			■			■			■			■			■		
Sorteo de muestras				■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■	
Identificación de taxa					■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■
Análisis estadísticos						■			■			■			■			■			■			■
Informes de avance							■			■			■			■			■			■		
Informe final																								

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Confección de bloques	■	■											■	■										
Instalación de bloques			■	■										■	■									
Muestreos	■			■			■			■			■			■			■			■		
Sorteo de muestras	■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■	
Identificación de taxa		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■
Análisis estadísticos			■			■			■			■			■			■			■			■
Informes de avance	■			■			■			■			■			■			■			■		
Informe final																						■	■	■

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.5. Ictiofauna. Investigador Responsable: Dr. Germán Pequeño

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD.	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreos	■			■			■			■			■			■			■			■		
Análisis de muestra		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis estadísticos		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Informes de avance												■												■
Informe final																								

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD.	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Muestreos	■			■			■			■			■			■			■			■		
Análisis de muestras	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Análisis estadísticos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Informes de avance												■												
Informe final																						■	■	■

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.6. Anfibios anuros. Investigador Responsable: Lic. Cesar Cuevas

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Toma de muestras	■			■			■			■			■			■			■			■		
Análisis morfológico animales	■			■			■			■			■			■			■			■		
Determinación tamaño poblacional	■			■			■			■			■			■			■			■		
Análisis micronúcleos	■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■	
Análisis metales pesados	■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■	
Análisis estadísticos		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■		■	■
Informe de avance												■												■
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.6. Anfibios anuros. Investigador Responsable: Lic Cesar Cuevas

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Toma de muestras																								
Análisis morfológico animales																								
Determinación tamaño poblacional																								
Análisis micronúcleos																								
Análisis metales pesados																								
Análisis estadísticos																								
Informe de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.7. Aves acuáticas. Investigador Responsable: Dr. Roberto Schlatter & Dr. Nelson Lagos

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Censos de avifauna																								
Censos semanales de Cisnes																								
Análisis estadísticos																								
Informe de avance																								
Informe final																								

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Censos de avifauna																								
Censos semanales de Cisnes																								
Análisis estadísticos																								
Informe de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.8. Mamíferos acuáticos. Investigador Responsable: Dr. Mauricio Soto

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muestreo de terreno																								
Colecta de fecas																								
Análisis de fecas																								
Traspaso de información SIG																								
Análisis de estadístico																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.2. Monitoreo de Variables Biológicas

Coordinador: Dr. Eduardo Jaramillo

4.1.2.8. Mamíferos acuáticos. Investigador Responsable: Dr. Mauricio Soto

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Muestreo de terreno																								
Colecta de fecas																								
Análisis de fecas																								
Traspaso de información SIG																								
Análisis de estadístico																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.3. Monitoreo de Series Multitemporales en Imágenes Satelitales

Coordinador: Dr. Víctor Sandoval

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Definición de clasificación de uso del suelo y aguas																								
Definición de sensores remotos																								
Elaboración de la línea base del uso de la tierra																								
Muestreo y verificación de información en terreno																								
Planificación e implementación del sistema de monitoreo																								
Evaluación periódica del cambio																								
Informes de avance																								
Informes finales																								

Continuación

Carta Gantt – 4.1. SUB PROGRAMA DE MONITOREO

LINEA DE ACCION 4.1.3. Monitoreo de Series Multitemporales en Imágenes Satelitales

Coordinador: Dr. Víctor Sandoval

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 07**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Definición de clasificación de uso del suelo y aguas																								
Definición de sensores remotos																								
Elaboración de la línea base del uso de la tierra																								
Muestreo y verificación de información en terreno																								
Planificación e implementación del sistema de monitoreo																								
Evaluación periódica del cambio																								
Informes de avance																								
Informes finales																								

Carta Gantt – 4.2. SUB PROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

LINEA DE ACCION 4.2.1. Modelo Hidrodinámico del Humedal

Coordinador: Dr. Mario Pino

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Montaje de infraestructura																								
Monitoreos																								
Análisis estadísticos																								
Producción de modelos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.2. SUB PROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

LINEA DE ACCION 4.2.2. Condición Trófica del Humedal

Coordinador: Dr. Mauricio Soto

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	**J 06**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 07**	**J 07**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 08**
Obtención de muestras en terreno																								
Procesamiento de las muestras																								
Análisis proporción de ítems en la dieta																								
Determinación de relaciones isotópicas																								
Análisis de los resultados																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.2. SUB PROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

LINEA DE ACCION 4.2.2. Condición Trófica del Humedal

Coordinador: Dr. Mauricio Soto

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Obtención de muestras en terreno	■					■	■					■	■					■	■					
Procesamiento de las muestras	■	■					■	■					■	■					■	■				
Análisis proporción de ítems en la dieta	■	■	■	■			■	■	■	■			■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	
Determinación de relaciones isotópicas			■	■	■				■	■	■				■	■	■				■	■	■	
Análisis de los resultados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Informes de avance												■												
Informe final																						■	■	■

Carta Gantt – 4.2. SUB PROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

LINEA DE ACCION 4.2.3. Características Ecofisiológicas de Aves Acuáticas

Coordinador: Dr. Roberto Nespolo

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Montaje de infraestructura																								
Captura de aves																								
Aclimatacion																								
Determinación de metabolismo basal																								
Determinación de la tasa metabólica sostenida																								
Curva Ta vs VO_2 para las aves estudiadas																								
Fisiología de deprivación total y parcial de ingesta																								
cuociente respiratorio en aves																								
Cantidad de energía cosechada																								
Análisis estadísticos																								
Informe de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.2. SUB PROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

LINEA DE ACCION 4.2.3. Características Ecofisiológicas de Aves Acuáticas

Coordinador: Dr. Roberto Nespolo

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Montaje de infraestructura																								
Captura de aves																								
Aclimatacion																								
Determinación de metabolismo basal																								
Determinación de la tasa metabólica sostenida																								
Curva Ta vs VO_2 para las aves estudiadas																								
Fisiología de deprivación total y parcial de ingesta																								
cuociente respiratorio en aves																								
Cantidad de energía cosechada																								
Análisis estadísticos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.2. SUB PROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

LINEA DE ACCION 4.2.4. Características Poblacionales y Comunitarias de las Especies Nativas y Alóctonas del Humedal

Coordinadores: Dr. Eduardo Jaramillo, Dr. Nelson Lagos & Dr. Angélica Casanova

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	**J 06**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 07**	**J 07**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 08**
Recopilación de información																								
Análisis estadísticos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.2. SUB PROGRAMA DE INVESTIGACIONES ESPECIFICAS

LINEA DE ACCION 4.2.4. Características Poblacionales y Comunitarias de las Especies Nativas y Alóctonas del Humedal

Coordinadores: Dr. Eduardo Jaramillo, Dr. Nelson Lagos & Dr. Angélica Casanova

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Recopilación de información																								
Análisis estadísticos																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.3. SUB POGRAMA DE CONSERVACION, SANIDAD Y REHABILITACION

LINEA DE ACCION 4.3.2. Biomanipulación y Conservación de Macrófitas Acuáticas

Coordinador: Dr. Angélica Cassanova, Dr. Nelson Lagos & Dr. Eduardo Jaramillo

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Muesreos																								
Diseño de estrategias de recolección																								
Diseño de estrategias de crecimiento																								
Estudios en microcosmos																								
Mediciones fisiológicas en terreno																								
Mediciones fisiológicas en laboratorio																								
Análisis estadístico y SIG																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.3. SUB POGRAMA DE CONSERVACION, SANIDAD Y REHABILITACION

LINEA DE ACCION 4.3.2. Biomanipulación y Conservación de Macrófitas Acuáticas

Coordinador: Dr. Angélica Cassanova, Dr. Nelson Lagos & Dr. Eduardo Jaramillo

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD	J 08	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 09	J 09	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 10
Muestreos																								
Diseño de estrategias de recolección																								
Diseño de estrategias de crecimiento																								
Estudios en microcosmos																								
Mediciones fisiológicas en terreno																								
Mediciones fisiológicas en laboratorio																								
Análisis estadístico y SIG																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.3. SUB POGRAMA DE CONSERVACION, SANIDAD Y REHABILITACION

LINEA DE ACCION 4.3.3. Biomanipulación y Conservación de Aves Acuáticas

Coordinador: Dr. Roberto Schlatter

	Año 1												Año 2											
ACTIVIDAD.	J 06	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 07	J 07	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J 08
Montaje de infraestructura (eg. piscinas)																								
Censos aereos																								
Colecta de aves para anillado y marcaje																								
Seguimineto satelital																								
Estudio de conducta reproductiva																								
Colecta de huevos																								
Incubacion de huevos																								
Crecimiento artificial de aves																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Continuación

Carta Gantt – 4.3. SUB POGRAMA DE CONSERVACION, SANIDAD Y REHABILITACION

LINEA DE ACCION 4.3.3. Biomanipulación y Conservación de Aves Acuáticas

Coordinador: Dr. Roberto Schlatter

	Año 3												Año 4											
ACTIVIDAD.	**J 08**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 09**	**J 09**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J 10**
Montaje de infraestructura (eg. piscinas)																								
Censos aereos																								
Colecta de aves para marcaje																								
Seguimineto satelital																								
Estudio de conducta reproductiva																								
Colecta de huevos																								
Incubacion de huevos																								
Crecimiento artificial de aves																								
Informes de avance																								
Informe final																								

Carta Gantt – 4.3. SUB POGRAMA DE CONSERVACION, SANIDAD Y REHABILITACION

LINEA DE ACCION 4.3.4. Estado Sanitario de la Ictiofauna

Coordinador: Dr. Ricardo Enríquez

	Año 1	Año 2