



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias

**ESTUDIO ANTEPROYECTO
“CONCESIÓN VIAL RUTAS DE ACCESO VALDIVIA”**

ASESORÍA EN HUMEDALES

**INFORME REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA, LÍNEA
BASE DE TERRENO Y RECOMENDACIONES DE
BUENAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS**

Diciembre 2022

ÍNDICE

| | | |
|-----------|--|------------|
| 1. | RESUMEN EJECUTIVO | 1 |
| 2. | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 3. | OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS | 6 |
| 4. | LOS HUMEDALES EN ESTUDIO | |
| 4.1. | Santuario de la Naturaleza del río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter | 8 |
| 4.2. | Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla | 10 |
| 5. | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | |
| 5.1. | Introducción | 12 |
| 5.2. | Metodologías | 12 |
| 5.3. | Resultados y conclusiones | 13 |
| 5.3.1. | Recortes (“clippings”) de prensa alusivos a los humedales de Valdivia | |
| 5.3.2. | Recortes (“clippings”) de prensa alusivos a conflictos ambientales o judicialización de proyectos de desarrollo | |
| 5.3.3. | Revisiones bibliográficas por componente ambiental | |
| i) | Humedales costeros estuariales | 22 |
| ii) | Hidrodinámica, Sólidos Suspendidos Totales (SST) y sedimentos submareales | 24 |
| iii) | Macrófitas acuáticas | 35 |
| iv) | Ictiofauna de riberas | 41 |
| v) | Herpetofauna | 48 |
| vi) | Avifauna de acuática y de pajonales | 64 |
| 6. | LÍNEA BASE DE TERRENO | |
| 6.1. | Componente abiótico | |
| i) | Cambios en elevación del terreno por ciclo sísmico | 71 |
| ii) | Variabilidad mareal | 79 |
| iii) | Sólidos suspendidos totales (SST) en el agua | 98 |
| iv) | Sedimentos submareales | 103 |
| 6.2. | Componente biótico | |
| i) | Macrófitas acuáticas | 106 |
| ii) | Ictiofauna | 113 |
| iii) | Herpetofauna | 129 |
| iv) | Aves de pajonales | 141 |

| | | |
|------------|--|-----|
| v) | Avifauna acuática | 154 |
| 7. | RECOMENDACIONES DE BUENAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS | |
| 7.1. | Diagnóstico inicial del trazado de la vía | 168 |
| 7.2. | Recomendaciones constructivas | 177 |
| 7.3. | Medidas compensatorias | 196 |
| 8. | ASESORÍA LEGAL EN HUMEDALES | 198 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA | 221 |
| 10. | EQUIPO DE TRABAJO | 226 |
| 11. | ANEXOS | 228 |

1. RESUMEN EJECUTIVO

Mediante el ORD. N° 600 del 07 de abril de 2015, el Ministerio de Obras Públicas (en adelante, MOP) considera que existe en principio, interés público para la Iniciativa Privada N° 412 denominada “Concesión Vial Rutas de acceso a Valdivia”. En uno de sus considerandos, se puntualiza de modo específico la “coexistencia armónica del proyecto con el territorio donde se emplaza, minimizando los impactos negativos y evitando, por tanto, el deterioro del entorno, en correspondencia con los objetivos de equidad social y de desarrollo de la infraestructura pública, sobre la base del uso eficiente de los recursos materiales y energéticos, disponibles”.

El proyecto incluye dos tramos viales, las rutas 202 y 206 (accesos Norte y Sur de Valdivia, respectivamente), que en algunas secciones de los mismos colindan con sistemas de humedales. Por lo mismo y con el objetivo de minimizar al máximo, eventuales impactos negativos durante la etapa de construcción y funcionamiento de las nuevas obras viales, es que se hace necesario conocer el estado ambiental actual de tales humedales. Consecuentemente, durante el otoño 2022 (abril), se realizó una Línea Base de terreno en las zonas de humedales no continentales, donde las rutas 202 y 206 se acercan a los mismos. En el acceso Norte de la ciudad se incluyeron las zonas de humedales de los ríos Pichoy y Cayumapu aledañas a los puentes homónimos, además de parte de la zona de humedales del río Chorocamayo, a la vez que, en el acceso Sur de Valdivia, se estudiaron las riberas de las lagunas Llancahue y Santo Domingo y parte de los humedales de los ríos Angachilla y Piedra Blanca.

La zona de humedales estudiada, tiene un alto dinamismo físico que es transversal a toda el área: la corteza terrestre se levanta a una velocidad aproximada de 0,9 cm al año y existe una variabilidad mareal que fluctúa aproximadamente entre 30 y 60 cm; es decir, estos humedales son humedales estuariales o humedales influenciados por el movimiento del mar, en la costa cercana. En esa costa (Corral), el nivel del mar disminuye de modo relativo aproximadamente 1,7 mm por año, lo que implica que los planos de marea (nivel de las mareas más altas y más bajas) al interior de los humedales adyacentes a las rutas 202 y 206, puedan cambiar en el futuro. Por ejemplo, una reducción de los planos de marea, puede implicar la pérdida de conectividad hidráulica en obras de ingeniería asociadas a la ampliación de las rutas aledañas a los humedales de interés.

No obstante, la transversalidad de la zona que incluye a los humedales no continentales estudiados en los accesos Norte y Sur de Valdivia, los resultados de esta línea base otoñal, muestran características físicas y biológicas que permiten diferenciar a ambos grupos de humedales.

Las concentraciones de Sólidos Suspendidos (particulados) Totales en el agua superficial y las de fango (partículas inferiores a 63 micrones) y materia orgánica en los

sedimentos submareales, alcanzaron valores más altos en los humedales del acceso Norte de Valdivia, que en los humedales del acceso Sur.

Las riberas de los humedales del acceso Norte, mostraron un promedio de especies de macrófitas acuáticas más alto (8,6 especies) que las del acceso Sur (4,3 especies). Mientras que la Totorá (*Schoenoplectus californicus*) estuvo presente en las riberas de todos los humedales estudiados, el Luchecillo (*Egeria densa*) estuvo presente en el 80% de los humedales acceso Norte, a la vez que en los del acceso Sur estuvo ausente.

Se observó un número similar de especies de peces en las riberas de ambos grupos de humedales; sin embargo, aquellas del acceso Norte tuvieron mayor abundancia de peces. En general, el pez nativo Puye (*Galaxias maculatus*) y el introducido Pez mosquito (*Gambusia affinis*), fueron las especies dominantes en las riberas estudiadas.

La herpetofauna (anfibios anuros y reptiles), tuvo un mayor número de especies y abundancias en los humedales del acceso Norte. Si bien hubo humedales donde no se detectó de modo directo este tipo de organismos, sí hay evidencias indirectas que permiten concluir que, sí ocurren en el área de estudio, como lo es el caso de la Rana grande chilena (*Calyptocephalella gayi*), cuyos cantos han sido escuchados, por ejemplo, en la laguna Llancahue.

Se registraron 54 especies de aves de pajonales; cinco de ellas asociadas primariamente a este tipo de hábitat: Sietecolores (*Tachuris rubrigastra*), Trabajador (*Phleocryptes melanops*), Chercán de las vegas (*Cistothorus platensis*), Trile (*Agelasticus thillus*) y Pidén (*Pardirallus sanguinolentus*). Ninguna de esas cinco especies fue registrada en el sitio Puente Pichoy, lo que puede ser explicado por la mayor cobertura de vegetación palustre en los humedales de este sitio. Los promedios del número de especies censadas en los humedales acceso Norte y Sur, fueron similares (aproximadamente 25 y 21 especies, respectivamente).

Se detectó un mayor número de especies y abundancias de aves acuáticas en los humedales del acceso Norte de Valdivia. El Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), fue la especie más abundante en esos humedales, seguido del Yeco (*Phalacrocorax brasilianus*). Ambas especies fueron más abundantes en el río Cayumapu; destaca el hecho, de que el Cisne de cuello negro tuvo sus mayores abundancias en las cercanías del puente homónimo. En los humedales del acceso Sur, el Cisne de cuello negro, fue también la especie más abundante, seguido en este caso por el Pato jergón grande (*Anas georgica*). La primera especie fue más abundante en laguna Santo Domingo y la segunda en laguna Llancahue.

Durante abril 2022, los valores más altos de riqueza de especies (todos los grupos estudiados, incluyendo vegetales y animales) se estimaron para los humedales del acceso

Norte, siendo las aves de pajonales los aportantes primarios a esos valores.

No obstante que la Línea Base de terreno realizada durante el otoño 2022, ha resultado en un conocimiento actualizado del estado ambiental de los humedales no continentales y aledaños a parte de las rutas 202 y 206, no debe olvidarse que los resultados de la misma, reflejan solo un estado puntual, ya que no se ha incluido la típica estacionalidad de ecosistemas altamente dinámicos, como son los humedales.

En forma complementaria a lo anterior, se realizaron observaciones de terrenos en aquellas zonas críticas donde la actual situación vial y las futuras actividades constructivas de las nuevas obras de las rutas 202 y 206, están afectando o pudieran afectar negativamente a esos cuerpos acuáticos. Esto permitió diseñar una serie de recomendaciones de prácticas constructivas, además de medidas compensatorias por eventual perturbación a humedales durante la ampliación y/o construcción de las nuevas vías.

Entre las **recomendaciones de prácticas constructivas** están:

- Tendido eléctrico soterrado para evitar la mortalidad incidental de cisnes u otras aves, en áreas de proximidad de carreteras con humedales.
- Instalación de luces programables y/o de activación por sensor, en zonas de actividad de aves nocturnas.
- Instalación de pantallas de ruido donde se pueda afectar a la fauna presente.
- Restablecimiento o mantención de la conectividad hídrica y mareal de humedales fragmentados, mediante nuevas estructuras en todas las fases del proyecto, para evitar impactos en la biota de las riberas.
- Eliminar las obras de arte que actualmente impiden la realización de la ruta migratoria de la *Mordacia lapicida* (Lamprea chilena) en el estero Puente Negro, sector Casablanca, mediante la restauración del cauce para dar continuidad y conectividad hídrica.
- Instalación de mallas de retención de sedimentos y/o mallas de turbidez, para evitar que los materiales más finos resultantes de obras de desarme de puentes o de nuevas obras viales, sean arrastrados por las corrientes mareales durante la construcción de terraplenes.
- Realización de modelaciones hidro-morfodinámicas de la posible dispersión de material fino desde obras en construcción y que pudieran afectar a macrófitas

acuáticas, el alimento primario de cisnes de cuello negro y taguas.

- En zona de acopios de material y en tolvas de camiones de transporte de sedimentos, hacer uso de mallas protectoras de perímetro para evitar emisiones de polvo a la atmósfera por vientos locales.
- Para el caso de rellenos de riberas por ampliación de la calzada, realizar el trazado - en lo posible - por la zona opuesta a la presencia de humedales. En aquellas zonas colindantes con el Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo y sitio RAMSAR Carlos Anwandter y el Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla, el trazado debe ampliarse hacia el lado contrario sin excepción. Para el caso específico de la laguna Llancahue, se recomienda reemplazar la solución de talud por muro vertical, con el fin de ocupar el mínimo espacio posible de la laguna y evitar el escape de especímenes de la Rana chilena hacia la carretera circundante.

Las **medidas compensatorias** -ante la eventualidad de afectación negativa a humedales adyacentes a nuevas obras viales- incluyen las siguientes:

- Soterrado completo de tendidos eléctricos, en áreas críticas de proximidad con humedales, a fin de evitar la muerte de cisnes y de cualquier otra ave de la zona por choques contra estas estructuras.
- Construcción de ciclovías destinadas a poner en realce el valor de los humedales periurbanos de Valdivia, acercándolos a la población y haciéndolos conscientes de los importantes servicios ecosistémicos que proveen a la sociedad. Se consideran los tramos Villa Cayumapu - entrada Norte de Valdivia y restaurante La Grulla - Puente Santo Domingo.
- Construcción de nuevos miradores para uso y disfrute de la comunidad; uno aledaño a la laguna Llancahue y otro a la laguna Santo Domingo, que sirvan para uso y disfrute de la comunidad, acercándola a la contemplación, cuidado y educación ambiental en torno a los humedales periurbanos de Valdivia.

Finalmente, el estudio incluye un análisis de las regulaciones ambientales aplicables a los humedales en Chile, tanto a humedales en general como a los humedales aledaños a las rutas 202 y 206, en particular.

2. INTRODUCCIÓN

Mediante el ORD. N° 600 del 07 de abril de 2015, el MOP considera que existe en principio, interés público para la Iniciativa Privada N°412 denominada “Concesión Vial Rutas de acceso a Valdivia”. Además, se indica que el Proyecto tendrá especial consideración con los siguientes aspectos:

- *Seguridad*: se diseñará de acuerdo con la normativa vigente para una obra vial con estándar de autopista, de modo de minimizar los riesgos para todas las y los usuarios de la vía, tanto vehículos como peatones. Se observará una mejora muy significativa en la seguridad, sólo por el hecho de pasar de camino bidireccional a doble calzada.
- *Eficiencia*: se aumentará la eficiencia en los traslados, debido a la mejora en la capacidad de la vía, la reducción de los tiempos de viaje y los costos de operación asociados.
- *Comodidad*: implica generar las condiciones para que las y los usuarios de la vía puedan satisfacer en forma efectiva sus necesidades de accesibilidad, conectividad y de obtención de servicios anexos, tales como descanso, alimentación, combustible, entre otros.
- *Sustentabilidad ambiental y territorial*: coexistencia armónica del Proyecto con el territorio donde se emplaza, minimizando los impactos negativos y evitando, por tanto, el deterioro del entorno, en correspondencia con los objetivos de equidad social y de desarrollo de la infraestructura pública, sobre la base del uso eficiente de los recursos materiales y energéticos, disponibles.

En términos generales, el Proyecto se encuentra configurado en dos tramos; el primero de ellos corresponde al Acceso Norte a Valdivia (Ruta 202), y comienza en la Ruta 5, en el empalme del enlace a desnivel existente en la comuna de Mariquina, región de Los Ríos, y finaliza en el cruce de la Ruta 202, con el acceso hacia Santa Elvira (Ruta T-312), con una longitud aproximada de 44 km. El acceso Sur comienza en la Ruta 5, en el empalme del enlace a desnivel existente en la comuna de Paillaco, región de Los Ríos, y finaliza en la intersección con la Circunvalación Sur de Valdivia, con una longitud también de 44 km aproximadamente.

3. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

El **objetivo general** del estudio es asesorar a R&Q Ingeniería S.A., en la selección del método constructivo e implementación de obras complementarias, que permitan una adecuada inserción del Proyecto en áreas aledañas a los humedales de Valdivia. Esto es particularmente relevante, ya que tanto la Ruta 202 como la 206 (accesos norte y sur de Valdivia respectivamente), se aproximan a los límites administrativos y naturales de Áreas Naturales Protegidas por el Estado de Chile: el Santuario de la Naturaleza del río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter (cercano a la Ruta 202 en su parte sur y media) y el Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla (cercano a la Ruta 206 en su borde este) (Fig. 1 y 2, respectivamente).

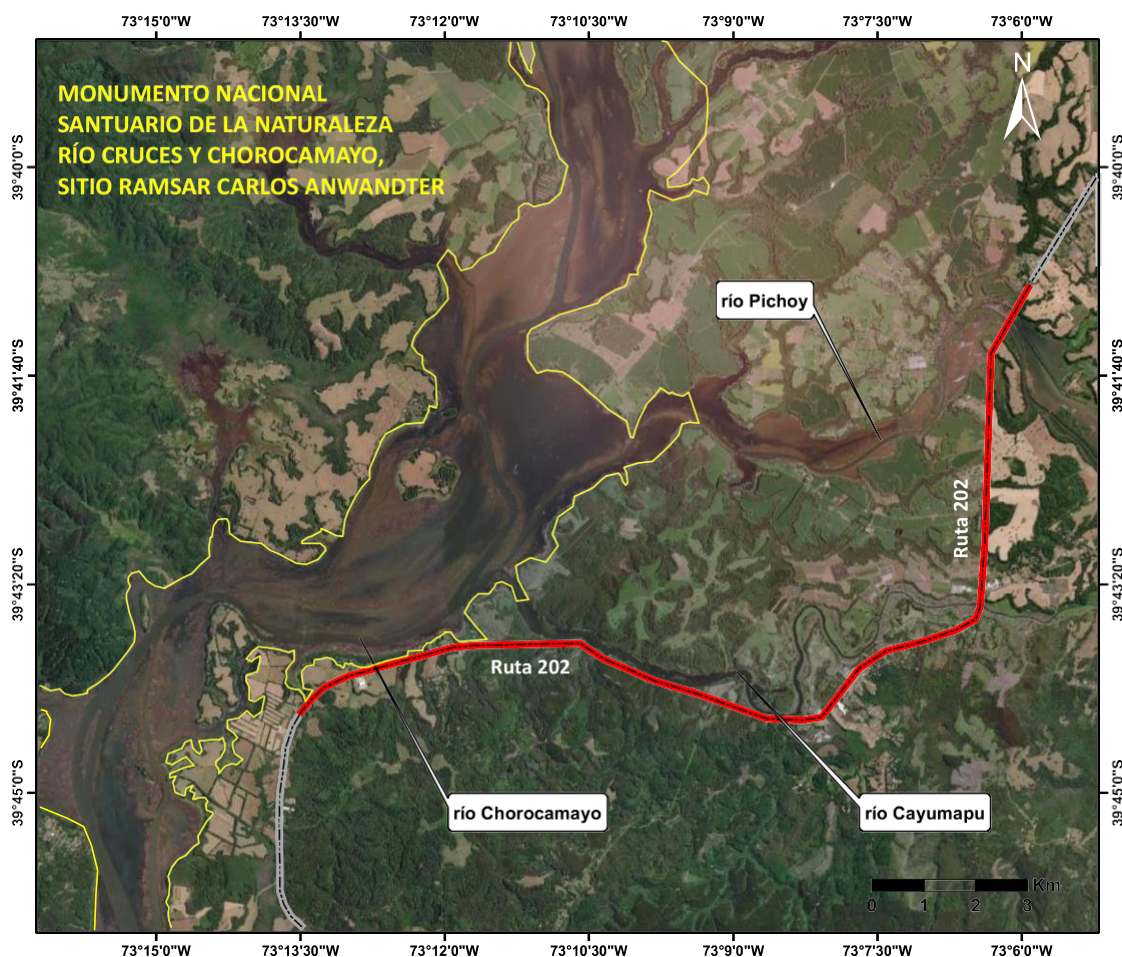


Figura 1. Aproximación de la Ruta 202 a los humedales de los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo. Si bien los dos primeros ríos no están incluidos dentro de los límites administrativos del Santuario de la Naturaleza del río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter (contorno amarillo), el hecho de que haya conexión natural vía variabilidad mareal y corredores biológicos entre todos estos ríos (realmente estuarios), hace necesaria la inclusión de los mismos en un estudio como éste.

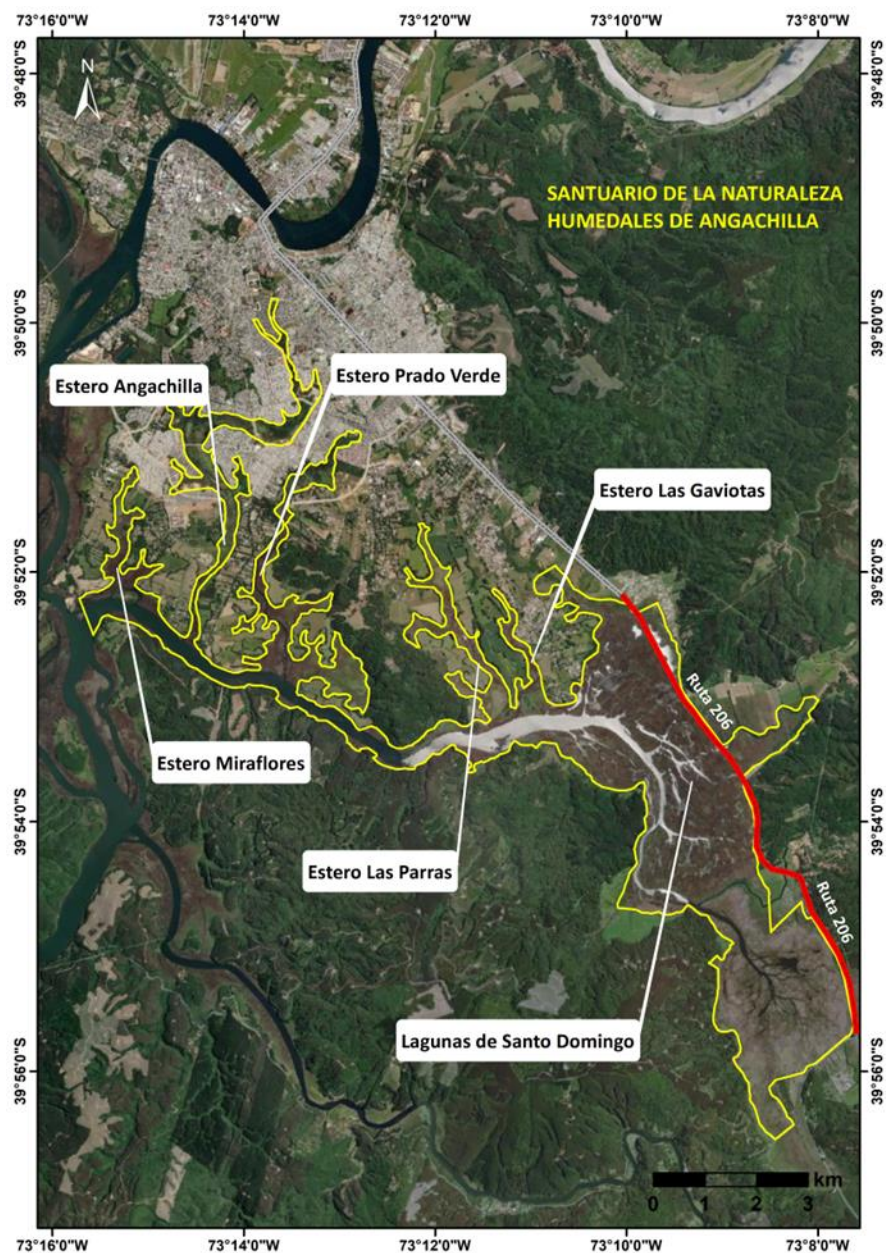


Figura 2. Aproximación de la Ruta 206 a las Lagunas de Santo Domingo, borde Este del Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla (contorno amarillo).

Los **objetivos específicos** del estudio son:

- i) Recopilar antecedentes bibliográficos en las especialidades necesarias para apoyar la toma de decisiones;
- ii) Complementar esos antecedentes con resultados de campañas de terreno;
- iii) Elaborar un informe de caracterización de los humedales previamente definidos;
- iv) Participar en reuniones técnicas para analizar propuestas de ingeniería en torno a métodos constructivos, materiales y obras complementarias en sectores de humedales y,
- v) Elaborar una propuesta de recomendación de buenas prácticas constructivas.

En el presente informe se entregan los resultados de revisiones bibliográficas y campañas de terreno, destinadas a realizar una línea base de terreno del componente abiótico y biótico de humedales adyacentes a las rutas 202 y 206. Se entregan también recomendaciones de buenas prácticas constructivas y medidas compensatorias a las eventuales perturbaciones que pudiesen afectar la estabilidad ambiental de los humedales adyacentes a los sectores donde se construyan las nuevas obras viales. Lo anterior, se enmarca dentro de los siguientes tres principios básicos de esta asesoría ambiental:

- *Evitar la afectación del estado ambiental actual de los humedales,*
- *Mejorar el estado de aquellos que fueron afectados por la construcción de las actuales carreteras, y,*
- *Aumentar el valor de los servicios ecosistémicos de los mismos, vía la entrega de indicaciones ambientales para la construcción de ciclo vías que permitan poner en valor los humedales valdivianos.*

4. LOS HUMEDALES EN ESTUDIO

4.1. Santuario de la Naturaleza del río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter

En la zona Norte de la ciudad de Valdivia se encuentra el río Cruces, el cual se localiza entre las comunas de Mariquina y Valdivia en la región de Los Ríos. Pertenecer a la cuenca del río Valdivia y nace en las faldas del volcán Villarrica; posee 125 km de longitud y sus principales afluentes son los ríos San José, Santa María, Tambillo y San Ramón en su

vertiente Este y Nanihue, Cudico, Pichoy y Cayumapu en su vertiente Oeste. Todo este conjunto de cauces hídricos es lo que se ha denominado Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC en adelante), el cual tiene una extensión aproximada de 25 km y se ubica al Nor-oeste de Valdivia (Fig. 3).

En el año 1981 y debido primariamente a su rica diversidad en avifauna acuática y macrófitas acuáticas, parte del HRC fue declarado Santuario de la Naturaleza por el Estado de Chile y además reconocido por la Convención Ramsar (www.ramsar.org) como sitio de relevancia internacional para la conservación de la biodiversidad acuática. De este modo, el HRC fue el primer humedal con esta categoría en Chile (Lagos *et al.*, 2008; Delgado *et al.*, 2019). Como se mencionó anteriormente, las figuras de protección del HRC sólo consideran el eje central del río Cruces y la parte inferior de los ríos tributarios mencionados. No obstante, cualquier estudio o proyecto de desarrollo que ocurra dentro o en las cercanías de este humedal, debe considerar que todo este sistema hídrico es realmente un gran complejo estuarial debido a la variabilidad mareal que ocurre en el mismo, lo que resulta en mezcla de las aguas de cada uno de sus componentes o ríos tributarios.



Figura 3. Límites administrativos del Santuario de la Naturaleza del río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter (contorno amarillo).

4.2 Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla

En la zona Sur-este de la ciudad de Valdivia, se encuentra el humedal de Angachilla, el que colinda con las Avenidas Pedro Montt y René Schneider de la misma. Este humedal se conforma a partir de un brazo del río Angachilla, afluente del río Tornagaleones. Este cuerpo de agua posee un fondo arenoso-arcilloso, presenta vegetación típica palustre y ribereña, y aún conserva parches de bosque nativo que se mezclan con praderas húmedas de origen antropogénico (Barría, 2018).

El movimiento ciudadano levantado en defensa de la conservación de este humedal, se remonta a inicios de los años 2000, protagonizado principalmente por vecinos de la Villa Claro de Luna. En mayo de 2011 la comunidad de la villa constituyó el Comité Ecológico Angachilla, cuyos objetivos principales consistían en impulsar acciones para la preservación y cuidado del humedal Angachilla como “Reserva Natural Urbana” de la ciudad de Valdivia. Posteriormente, como resultado del proceso de declaración de humedales urbanos de oficio por el Ministerio de Medio Ambiente (en adelante MMA) y conforme a lo dispuesto en la ley N° 21.202, en diciembre del año 2021 fue declarado “Humedal Urbano Angachilla, Estero Catrico” ubicado en la comuna de Valdivia, región de Los Ríos, que tiene una superficie aproximada de 126,1 ha (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2021).

En noviembre del año 2020 fue creada la Corporación Humedales de Angachilla, la que reunía a más de 25 organizaciones sociales y territoriales (*e.g.*, juntas de vecinos, fundaciones, clubes deportivos, entre otros), dedicadas a que el Estado le diera a este humedal una figura legal de protección. Esto ocurrió el 25 de febrero de 2022, cuando el MMA declaró la creación oficial del Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla, el que considera una superficie de 2.025 ha aproximadamente emplazadas en la comuna de Valdivia, específicamente en la parte baja de la cuenca del río Angachilla, conformado por los esteros Miraflores, Angachilla, Prado Verde, Las Parras, Las Gaviotas, y las lagunas de Santo Domingo (Diario Oficial de la República de Chile, 2022) (Fig. 4).

El Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla incluye la laguna de Llancahue, las lagunas de Santo Domingo y el humedal Las Gaviotas, sistema de humedales que fue considerado en el Catastro de Humedales Urbanos de la ciudad de Valdivia (Universidad Austral de Chile, 2019), como humedal prioritario de conservación debido a que es uno de los pocos humedales urbanos de la ciudad que debido a su condición estuarial, no pierde el movimiento y corriente constante de agua y sedimentos, lo que contribuye a la oxigenación de las aguas permitiendo el desarrollo de una gran diversidad de organismos acuáticos, incluyendo plantas y animales (Universidad Austral de Chile, 2019).

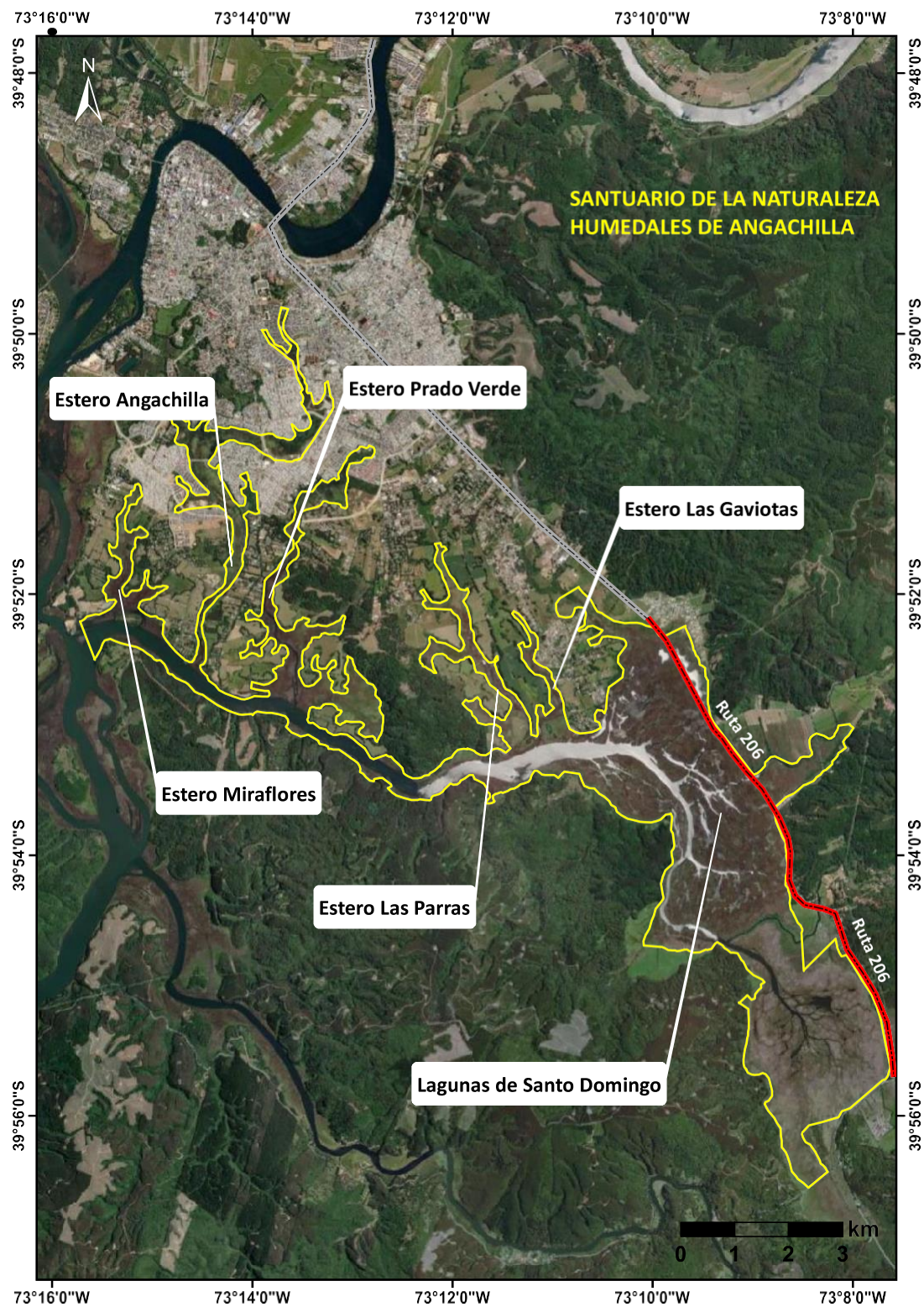


Figura 4. Límites administrativos del Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla (contorno amarillo).

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1 Introducción

Con el objetivo de indagar a nivel local, cuán presente está la temática de humedales y cuáles son - actual o eventualmente - los posibles nodos de conflicto y los actores sociales que intervienen, se realizaron revisiones virtuales para el período comprendido entre marzo 2018 y marzo 2022. Se revisaron los portales electrónicos de los siguientes medios informativos regionales y nacionales: Diario Austral Valdivia, Diario Río en Línea, Radio Biobío, Diario La Tercera y revista Qué Pasa. Se revisó además el portal electrónico del Tercer Tribunal Ambiental de Valdivia.

5.2 Metodologías

Para la revisión de la información ambiental del área de estudio, se utilizaron primariamente tres fuentes de documentos relacionados directamente con las áreas de interés, éstos corresponden a:

- Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río Cruces y sus ríos tributarios (HRC) (2014-2015)
- Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del Río Cruces y sus ríos tributarios (HRC) (2015-2020)
- Informe Final Catastro de Humedales Urbanos de Valdivia (2019)

Conjuntamente con lo anterior, se analizó información de la web utilizando como herramienta principal el motor de búsqueda de mayor popularidad Google® y artículos y literatura científica publicadas los últimos años en las cuales se involucren las áreas objetivo de este estudio. Es decir, se revisaron bases de datos como ISI Web of Knowledge (<https://www.webofknowledge.com>), Scientific Electronic Libray Online (<http://www.scielo.cl>), Scopus (<http://www.scopus.com>) y ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>), donde para la búsqueda se utilizaron las palabras clave como “Río Cruces”, “Humedal Río Cruces”, “Santuario Carlos Anwandter”, “Humedal Angachilla”, “Humedal Santo Domingo” y, “Humedales Urbanos en Valdivia”.

5.3 Resultados y conclusiones

Se entregan a continuación los enlaces para acceder a recortes de prensa obtenidos entre marzo 2018 y abril 2022, en cuanto a humedales de Valdivia y áreas aledañas, se refiere.

5.3.1 Recortes (“clippings”) de prensa alusivos a los humedales de Valdivia

• Año 2018

| Titular noticia | Enlace | Medio de prensa | Fecha |
|--|---|-------------------|------------------|
| Nuevas autoridades regionales constatan relleno de humedales en sector “vuelte de La Culebra” en salida sur de Valdivia | https://www.suractual.cl/2018/03/30/nuevas-autoridades-regionales-constatan-relleno-de-humedales-en-sector-vuelta-de-la-culebra-en-salida-sur-de-valdivia/ | Diario Sur Actual | 30 marzo de 2018 |
| Gobierno implementa plan de acción para abordar casos de relleno de humedales en Los Ríos | https://www.noticiaslosrios.cl/2018/04/07/gobierno-implementa-plan-de-accion-para-abordar-casos-de-relleno-de-humedales-en-los-rios/ | Noticias Los Ríos | 7 abril de 2018 |
| Preocupación en Valdivia por relleno y venta ilegal de humedales | https://radio.uchile.cl/2018/04/10/preocupacion-en-valdivia-por-relleno-y-venta-ilegal-de-humedales/ | El Mostrador | 10 abril de 2018 |
| Senador De Urresti y concejal Pedro Muñoz se reunieron con fiscal de Los Ríos, Juan Agustín Meléndez, a quien entregaron informe que da cuenta del relleno de 15 hectáreas del humedal | http://www.diarioelranco.cl/2018/04/11/solicitan-a-fiscal-regional-continuar-investigacion-por-relleno-de-humedal-santo-domingo/ | El Mostrador | 11 abril de 2018 |

• Año 2019

| Titular noticia | Enlace | Medio de prensa | Fecha |
|--|---|----------------------------|-------------------|
| Humedal Santo Domingo de Valdivia podría ser declarado bien nacional de uso público | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2019/03/25/humedal-santo-domingo-de-valdivia-podria-ser-declarado-bien-nacional-de-uso-publico.shtml | Radio Bío Bío | 25 marzo de 2019 |
| Municipio de Valdivia demandó por daño ambiental ante rellenos en humedales Angachilla, Santo Domingo y Teja Sur | https://www.rioenlinea.cl/municipio-de-valdivia-demando-por-dano-ambiental-ante-rellenos-en-humedales-angachilla-santo-domingo-y-teja-sur/ | Río en Línea | 09 agosto de 2019 |
| Realizarán estudio para fijar los deslindes y proteger el humedal Santo Domingo | https://www.australvaldivia.cl/impres/2019/08/10/fu/1/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 10 agosto de 2019 |
| Municipio presentó demandas por relleno de tres humedales | https://www.australvaldivia.cl/impres/2019/08/11/fu/1/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 11 agosto de 2019 |
| Anuncian estudio que permitirá proteger humedal Santo Domingo en Valdivia | https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2019/08/11/anuncian-estudio-que-permitira-protger-humedal-santo-domingo-en-valdivia/ | Diario El Mostrador | 11 agosto de 2019 |
| Estudio permitirá proteger humedal Santo Domingo en Valdivia | https://www.diariosustentable.com/2019/08/estudio-permitira-protger-humedal-santo-domingo-en-valdivia/ | Diario Sustentable | 12 agosto de 2019 |
| Tribunal Ambiental ordenó detención de rellenos en tres humedales de Valdivia | https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-los-rios/tribunal-ambiental-ordeno-detencion-de-rellenos-en-tres-humedales-de-2019-08-12/174656.html | Radio Cooperativa | 12 agosto de 2019 |
| Tribunal Ambiental dicta medidas cautelares por relleno de tres humedales de Valdivia | https://3ta.cl/noticias/tribunal-ambiental-dicta-medidas-cautelares-por-relleno-de-tres-humedales-de-valdivia/ | Tercer Tribunal Ambiental | 12 agosto de 2019 |

| | | | |
|---|---|----------------------------|--------------------|
| III Tribunal Ambiental dictó medidas cautelares y ordenó detener obras en humedales | https://www.australvaldivia.cl/impres/2019/08/13/fu/ cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 13 agosto de 2019 |
| Autoridades solicitan continuar investigación por relleno de humedales en Valdivia | https://cruceinformativo.cl/autoridades-solicitan-continuar-investigacion-por- relleno-de-humedales-en-valdivia/ | Cruce Informativo | 19 agosto de 2019 |
| Alegaron por medida cautelar en Humedal Angachilla de Valdivia | https://3ta.cl/noticias/alegaron-por-medida-cautelar-en-humedal-angachilla-de- valdivia/ | Tercer Tribunal Ambiental | 28 octubre de 2019 |

• Año 2020

| Titular noticia | Enlace | Medio de prensa | Fecha |
|---|---|----------------------------|-----------------------|
| Estudio propone proteger 2 mil hectáreas del humedal Angachilla de Valdivia | https://www.terram.cl/2020/01/estudio-propone- proteger-2-mil-hectareas-del- humedal-angachilla-de-valdivia/ | Terram | 21 enero de 2020 |
| Los tres humedales de Valdivia que requieren una protección urgente | https://www.sustentable.cl/los-tres-humedales-de-valdivia-que-requieren-una- proteccion-urgente/ | Diario Sustentable | 10 septiembre de 2020 |
| Gobierno Regional impulsa un diagnóstico integral de humedales | https://www.australvaldivia.cl/impres/2021/09/20/fu/ cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 20 septiembre de 2020 |

• Año 2021

| Titular noticia | Enlace | Medio de prensa | Fecha |
|---|---|----------------------------|------------------------|
| Humedal Angachilla: Piden cambiar trazado de construcción que lo dañaría | https://www.futuro360.com/desafiotierra/humedal-angachilla-piden-cambiar- trazado- construccion_20210422/ | Futuro 360 | 22 abril de 2021 |
| Catastro determina que en los últimos 20 años se han perdido 510 hectáreas de humedales en Valdivia | https://www.terram.cl/2021/04/catastro-determina- que-en-los-ultimos-20-anos- se-han-perdido-510- hectareas-de-humedales-en- valdivia/?fbclid=IwAR2bY7L2DUiIQjSM-r_ ceC- DNdVBp2LstN7K1phj_ z8Hv9yoT6maj- LmEo#:~:text=Valdivia%20E2%80%93%20Fundaci%C3%B3n%20Terram- ,Catastro%20determina%20que%20en%20los%20C3%BAltimos%2020%20a%C3% B1os%20se%20han,hect%C3%A1reas%20de%20humed ales%20en%20Valdivia&tex t=Rellenos%20para%20la%20construcci%C3%B3n%20d e,23%20de%20abril%20de %202021 | Fundación Terram | 23 abril de 2021 |
| Humedales de Angachilla y Llancahue de Valdivia fueron aprobados como Santuarios de la Naturaleza | https://www.elinformadorvaldiviano.cl/2021/05/humedales-de-angachilla-y- llancahue-de-valdivia-fueron- aprobados-como-santuarios-de-la-naturaleza/ | El informador Valdiviano | 28 mayo de 2021 |
| Humedales de Angachilla y Llancahue se transformaron en Santuarios de la Naturaleza | https://www.australvaldivia.cl/impres/2021/05/29/fu/ cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 29 mayo de 2021 |
| Gobierno denuncia presunta ocupación de terrenos fiscales en humedal Santo Domingo de Valdivia | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region- de-los- rios/2021/09/20/gobierno-denuncia-presunta- ocupacion-de-terrenos-fiscales-en- humedal-santo-domingo-de-valdivia.shtml | Diario El Mostrador | 20 septiemb re de 2021 |
| Valdivia: Gobierno Regional recurre a Fiscalía por tomas en Santo Domingo | https://www.diariopaillaco.cl/noticia/actualidad/2021/ 09/valdivia-gobierno- regional-recurre-a-fiscalia-por- | Diario Paillaco | 21 septiemb re |

| | | | |
|--|---|---------------------|-----------------------|
| | tomas-en-santo-domingo | | e de 2021 |
| Gobierno denuncia ante la Fiscalía tomas de terreno en Humedal Santo Domingo | https://www.rioenlinea.cl/gobierno-denuncia-ante-la-fiscalia-tomas-de-terreno-en-humedal-santo-domingo/ | Diario Río en Línea | 21 septiembre de 2021 |

• Año 2022

| Titular noticia | Enlace | Medio de prensa | Fecha |
|---|---|----------------------------|--------------------|
| Valdivia es comuna pionera en contar con una Ordenanza de Protección de Humedales | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/04/14/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 14 abril de 2022 |
| Aprueban ordenanza que protege humedales en Valdivia: alcaldesa asegura que contiene medida inédita | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/04/14/se-aprueba-ordenanza-que-protege-a-humedales-de-valdivia-alcaldesa-es-la-primer-a-nivel-nacional.shtml | Radio Bío Bío | 14 abril de 2022 |
| Explican protección de los humedales y por qué son claves en bienestar humano | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/04/04/ful/cuerpo-principal/4/ | Diario Austral de Valdivia | 04 abril de 2022 |
| En el sector Angachilla piden más claridad sobre los límites entre el humedal y las viviendas | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/03/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 03 marzo de 2022 |
| Presentan 2 nuevas reclamaciones contra declaración de seis humedales "urbanos" en Valdivia | https://www.biobiochile.cl/especial/aquitier/ra/noticias/2022/02/28/reclamaciones-humedales-urbanos-valdivia.shtml | Radio Bío Bío | 28 febrero de 2022 |
| Angachilla ya es Santuario y los vecinos reiteran rechazo a puente | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/02/28/ful/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 28 febrero de 2022 |
| Decretan creación oficial de Santuario de la Naturaleza Angachilla de Valdivia | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/02/26/decretan-creacion-oficial-de-santuario-de-la-naturaleza-angachilla-de-valdivia.shtml | Radio Bío Bío | 26 febrero de 2022 |
| Valdivia: Humedales de Angachilla son oficializados como Santuario de la Naturaleza | https://www.rioenlinea.cl/valdivia-humedales-de-angachilla-son-oficializados-como-santuario-de-la-naturaleza/ | Diario Río en Línea | 25 febrero de 2022 |
| Comité Ecológico Angachilla acusa incumplimientos del gobierno en proyecto Avenida Circunvalación | https://www.rioenlinea.cl/comite-ecologico-angachilla-acusa-incumplimientos-del-gobierno-en-proyecto-avenida-circunvalacion/ | Diario Río en Línea | 02 febrero de 2022 |
| Anuncian una veintena de eventos para la Semana de los Humedales | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/25/ful/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 25 enero de 2022 |

Conclusiones

- Los reportajes cuyos enlaces se indican más arriba, hacen alusión directa a los humedales y en particular al sector de las lagunas de Santo Domingo, ubicadas en la salida sur de Valdivia.

- Los reportajes dan cuenta de una comunidad aledaña activa y que ha hecho sentir el reclamo acerca de los rellenos en los humedales, siendo esta la temática más recurrente en los artículos revisados.
- En base a esta revisión, queda claro que la protección de los humedales – incluyendo su uso público y las medidas para salvaguardar su estado natural -y la interacción entre la comunidad y la autoridad y/u organismos públicos son el lado reactivo de cada situación comunicada por los medios. Tal es así, que, de un total de 35 registros de prensa, 21 artículos hacen referencia a un “conflicto”, vale decir a la detección de alguna anomalía manifestada a los medios de comunicación por algún agente social. Por el contrario, 12 artículos se refieren a “solución” en donde se comenta o describe una medida para la conservación y 2 artículos poseen una valoración neutra.

5.3.2 Recortes (“clippings”) de prensa alusivos a conflictos ambientales o judicialización de proyectos de desarrollo

A continuación, se adjunta una revisión - correspondiente al año 2022 - de artículos de prensa que hacen referencia a conflictos medioambientales o judicialización de proyectos de desarrollo. En total, son 96 artículos extraídos desde medios locales, cuyas temáticas incluyen una diversidad de temas, tales como: transporte acuático, contaminación del aire, estado de caminos, etc. Esta revisión permite ver la frecuencia, con la que temas donde el medio ambiente es relevante, aparecen publicados en los distintos medios de comunicación e identifican a los actores involucrados en circunstancias sociales.

| Titular noticia | Enlace | Medio de prensa | Fecha |
|---|---|----------------------------|------------------|
| Presentarán documental que rescata vínculo de comunidad con aves de la zona sur de Chile | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/04/19/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 19 abril de 2022 |
| Aprueban la creación del primer Comité Comunal de Humedales en Valdivia | https://www.rioenlinea.cl/aprueban-la-creacion-del-primer-comite-comunal-de-humedales-en-valdivia/ | Diario Río en línea | 15 abril de 2022 |
| Valdivia es comuna pionera en contar con una Ordenanza de Protección de Humedales | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/04/14/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 14 abril de 2022 |
| Superintendencia de Medio Ambiente investiga proyecto inmobiliario en Parque Nacional Puyehue | https://www.biobiochile.cl/especial/aquitierra/noticias/2022/04/14/superintendencia-de-medio-ambiente-investiga-proyecto-inmobiliario-en-parque-nacional-puyehue.shtml | Radio Bío Bío | 14 abril de 2022 |
| Aprueban ordenanza que protege humedales en Valdivia: alcaldesa asegura que contiene medida inédita | https://www.biobiochile.cl/especial/aquitierra/noticias/2022/04/14/se-aprueba-ordenanza-que-protege-a-humedales-de-valdivia-alcaldesa-es-la-primer-a-nivel-nacional.shtml | Radio Bío Bío | 14 abril de 2022 |
| Conaf valora uso de leña exótica en un 75% lo que ayuda a conservar el bosque nativo en Los Ríos | https://www.biobiochile.cl/especial/aquitierra/noticias/2022/04/09/conaf-valora-uso-de-leña-exotica-en-un-75-ayudando-a-conservar-el-bosque-nativo-en-los-rios.shtml | Radio Bío Bío | 09 abril de 2022 |
| SMA confirma tramitación de denuncia por | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui- | Radio Bío Bío | 08 abril de |

| | | | |
|---|---|----------------------------|------------------|
| proyecto inmobiliario con loteos en Parque Nacional Puyehue | tierra/noticias/2022/04/08/sma- confirma-tramitacion-de-denuncia-por-proyecto-inmobiliario-con-loteos-en-parque-nacional-puyehue.shtml | | 2022 |
| Piden precaución por postes instalados en ruta | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/04/12/ful/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 12 abril de 2022 |
| Presentan programación para recuperar conectividad en Las Vertientes y conservar la ruta Torobayo-Curiñanco | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/04/08/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 08 abril de 2022 |
| Autoridades y vecinos de la costa sostienen reunión para buscar soluciones a problemas | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/04/05/ful/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 05 abril de 2022 |
| Explican protección de los humedales y por qué son claves en bienestar humano | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/04/04/ful/cuerpo-principal/4/ | Diario Austral de Valdivia | 04 abril de 2022 |
| Destruyen tramitación de solicitudes de derechos de aguas en acuífero Río Bueno | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/04/03/ful/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 03 abril de 2022 |
| Valdivia: Comienza periodo de restricción al uso de leña por mala calidad del aire | https://www.rioenlinea.cl/valdivia-comienza-periodo-de-restriccion-al-uso-de-leña-por-mala-calidad-del-aire/ | Diario Río en línea | |
| Importancia del agua y prioridades regionales | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/03/31/ful/edicion-especial/1/ | Diario Austral de Valdivia | 31 marzo de 2022 |
| Tribunal ordena restituir cauce en reserva Mocho Choshuenco intervenido sin autorización por empresa | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/03/31/tribunal- ordena-restituir-cauce-en-reserva-mocho-choshuenco-intervenido-sin-autorizacion-por-empresa.shtml | Radio Bío Bío | 31 marzo de 2022 |
| Senador Alfonso de Urresti destacó la importancia del nuevo Código de Aguas | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/03/29/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 31 marzo de 2022 |
| Siete artículos sobre la naturaleza pasan a borrador de la Constitución | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/03/28/ful/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 28 marzo de 2022 |
| Sistemas de agua potable retoman captación desde las aguas del río Bueno | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/03/24/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 24 marzo de 2022 |
| Sequía: MOP no descarta declarar estado de catástrofe ni racionamiento en verano | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/03/24/ful/cuerpo-principal/10/ | Diario Austral de Valdivia | 24 marzo de 2022 |
| Plantean desafíos sobre el uso y la conservación del agua en Los Ríos | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/03/23/ful/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 23 marzo de 2022 |
| Alcaldesa de Río Bueno propone la creación de Unión Comunal de APR | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/03/23/ful/cuerpo-principal/3/ | Diario Austral de Valdivia | 23 marzo de 2022 |
| Escasez hídrica: MOP evalúa gravar sobreconsumo de agua | https://www.australvaldivia.cl/impresad/2022/03/23/ful/cuerpo-principal/11/ | Diario Austral de Valdivia | 23 marzo de 2022 |
| Loteos en costa de Valdivia: empresa tendrán 6 meses para entregar Declaración de Impacto Ambiental | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/03/22/loteos-en-costa-de-valdivia-empresa-tendran-6-meses-para-entregar-declaracion-de- impacto-ambiental.shtml | Radio Bío Bío | 22 marzo de 2022 |
| Director del Centro de Humedales por Día del Agua: “No parecemos entender el tamaño del problema” | https://www.rioenlinea.cl/director-del-centro-de-humedales-por-dia-del-agua-no- parecemos-entender-el-tamano-del-problema/ | Diario Río en línea | 22 marzo de 2022 |

| | | | |
|--|---|----------------------------|------------------|
| Senador De Urrresti se reunió con Ministra del Medio Ambiente | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/22/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 22 marzo de 2022 |
| Intervención de glaciar en Mocho Choshuenco: Tribunal rechaza observaciones de empresas y el CDE | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/03/21/intervencion-de-glaciar-mocho-choshuenco-tribunal-rechaza-observaciones-de-empresas-y-el-cde.shtml | Radio Bío Bío | 22 marzo de 2022 |
| El Plan Maestro del Borde Fluvial sumará un parque ribereño en isla San Francisco | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/20/ful/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 20 marzo de 2022 |
| Fuga de aguas servidas al río Bueno obligó a cortar el suministro de agua en toda La Unión | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/18/ful/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 18 marzo de 2022 |
| Tribunal Ambiental mantuvo medida cautelar acerca de proyectos en costa valdiviana | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/18/ful/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 18 marzo de 2022 |
| Tribunal Ambiental decide mantener paralizados 4 proyectos inmobiliarios en costa valdiviana | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/03/17/tribunal-ambiental-decide-mantener-paralizados-4-proyectos-inmobiliarios-en-costa-valdiviana.shtml | Radio Bío Bío | 17 marzo de 2022 |
| Valdivia: Rechazan solicitud para anular paralización de proyectos inmobiliarios en sector costero | https://www.rioenlinea.cl/valdivia-rechazan-solicitud-para-anular-paralizacion-de-proyectos-inmobiliarios-en-sector-costero/ | Diario Río en Línea | 17 marzo de 2022 |
| Consejo de Desarrollo de la Costa es parte en demanda del CDE contra proyectos inmobiliarios | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/03/15/danos-en-el-borde-costero-de-valdivia.shtml | Radio Bío Bío | 15 marzo de 2022 |
| Valdivia: Consejo de Desarrollo de La Costa se suma a demanda ambiental contra inmobiliarias | https://www.rioenlinea.cl/valdivia-consejo-de-desarrollo-de-la-costa-se-suma-a-demanda-ambiental-contra-inmobiliarias/ | Diario Río en Línea | 17 marzo de 2022 |
| Vecinos exigen mejora de camino a empresa a cargo de obras del parque eólico Camán | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/13/ful/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 13 marzo de 2022 |
| Reserva Huilo Huilo y Parque Lanín de Argentina firman convenio para desarrollar corredor binacional | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/03/10/reserva-huilo-huilo-y-parque-lanin-de-argentina-firman-convenio-para-desarrollar-corredor-binacional.shtml | Radio Bío Bío | 10 marzo de 2022 |
| Protestan contra nueva Ley de Patrimonio y exigen que no avance tramitación en Senado | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/09/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 09 marzo de 2022 |
| Avanza mejoramiento de ruta Corral-Valdivia con asfaltado en el tramo Corral-Catrilelfu | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/07/ful/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 07 marzo de 2022 |
| Vecinos exigen solución a obras inconclusas de proyecto fotovoltaico en 4 sectores de Corral | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/04/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 04 marzo de 2022 |
| En el sector Angachilla piden más claridad sobre los límites entre el humedal y las viviendas | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/03/ful/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 03 marzo de 2022 |
| Partieron obras en ruta Ignao-Trapi que unirá las comunas de Lago Ranco con Río Bueno | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/03/ful/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 03 marzo de 2022 |

| | | | |
|--|---|----------------------------|--------------------|
| Crean normas para la protección de los lagos y prevenir contaminación | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/02/fu/1/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 02 marzo de 2022 |
| SERVIU por Santuario Angachilla: "El estudio podría concluir que no sean viables puentes en el sector" | https://www.rioenlinea.cl/serviu-por-santuario-angachilla-el-estudio-podria-concluir-que-no-sean-viables-puentes-en-el-sector/ | Diario Río en Línea | 02 marzo de 2022 |
| A fines de marzo comenzaría construcción de relleno sanitario en Valdivia: obras durarán 24 meses | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/03/02/a-fines-de-marzo-comenzaria-construccion-de-relleno-sanitario-en-valdivia-obras-duraran-24-meses.shtml | Radio Bío Bío | 10 marzo de 2022 |
| Vecinos acusan errores de medición y falta de consulta en declaratoria de humedales en Valdivia | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/03/02/vecinos-acusan-errores-de-medicion-y-falta-de-consulta-en-declaratoria-de-humedales-en-valdivia.shtml | Radio Bío Bío | 02 marzo de 2022 |
| Codeproval solicitó que se revise proyecto para cuenca del río Valdivia | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/03/02/fu/1/cuerpo-principal/3/ | Diario Austral de Valdivia | 02 marzo de 2022 |
| Core responsabiliza a Gobierno por licitación de fallido proyecto fotovoltaico en Corral | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/03/01/core-responsabiliza-a-gobierno-por-licitacion-de-fallido-proyecto-fotovoltaico-en-corral.shtml | Radio Bío Bío | 01 marzo de 2022 |
| Presentan 2 nuevas reclamaciones contra declaración de seis humedales "urbanos" en Valdivia | https://www.biobiochile.cl/especial/aquitierra/noticias/2022/02/28/reclamaciones-humedales-urbanos-valdivia.shtml | Radio Bío Bío | 28 febrero de 2022 |
| Tras reclamaciones: Agrupaciones acusan a particulares de querer destruir humedales en Valdivia | https://www.rioenlinea.cl/tras-reclamaciones-agrupaciones-acusan-a-particulares-de-querer-destruir-humedales-en-valdivia/ | Diario Río en Línea | 02 marzo de 2022 |
| Angachilla ya es Santuario y los vecinos reiteran rechazo a puente | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/02/28/fu/1/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 28 febrero de 2022 |
| Los Ríos contará con mapa de susceptibilidad de áreas con peligro de remoción en masa | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/02/27/fu/1/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 27 febrero de 2022 |
| Decretan creación oficial de Santuario de la Naturaleza Angachilla de Valdivia | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/02/26/decretan-creacion-oficial-de-santuario-de-la-naturaleza-angachilla-de-valdivia.shtml | Radio Bío Bío | 26 febrero de 2022 |
| Valdivia: Humedales de Angachilla son oficializados como Santuario de la Naturaleza | https://www.rioenlinea.cl/valdivia-humedales-de-angachilla-son-oficializados-como-santuario-de-la-naturaleza/ | Diario Río en Línea | 25 febrero de 2022 |
| Rechazan siete recursos de protección contra ordenanza sobre uso de embarcaciones a motor | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/02/24/fu/1/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 24 febrero de 2022 |
| Valdivia: inmobiliaria pide dejar sin efecto resolución que deja como "urbano" al humedal Los Pelúes | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/02/24/valdivia-inmobiliaria-pide-dejar-sin-efecto-resolucion-que-deja-como-urbano-al-humedal-los-pelues.shtml | Radio Bío Bío | 24 febrero de 2022 |
| Panguipulli: Justicia respalda ordenanza que prohíbe vehículos a motor en tres lagos de Los Ríos | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/02/24/panguipulli-justicia-respalda-ordenanza-que-prohibe-vehiculos-a-motor-en-tres-lagos-de-los-rios.shtml | Radio Bío Bío | 24 febrero de 2022 |

| | | | |
|---|---|----------------------------|--------------------|
| Mocho Choshuenco: Tribunal inspecciona reserva tras demanda contra forestal por desvío de cauce | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/02/24/mocho-choscuenco-tribunal-inspecciona-reserva-tras-demanda-contra-forestal-por-desvio-de-cauce.shtml | Radio Bío Bío | 24 febrero de 2022 |
| Tribunal Ambiental realizó inspección en la Reserva Nacional Mocho Choshuenco | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/24/fu/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 24 febrero de 2022 |
| Asociación para el Manejo de Residuos Sólidos destacó la nueva ley del plástico | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/21/fu/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 21 febrero de 2022 |
| Presentan alegatos contra ordenanza que prohíbe vehículos motorizados en lagos de Panguipulli | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/02/18/presentan-alegatos-contra-ordenanza-que-prohibe-vehiculos-motorizados-en-lagos-de-panguipulli.shtml | Radio Bío Bío | 18 febrero de 2022 |
| Aprobaron renovar declaratoria de Zona de Interés Turístico de Valdivia hasta 2025 | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/19/fu/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 19 febrero de 2022 |
| Presentan reclamación para anular declaratoria de humedales en Isla Teja | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/17/fu/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 17 febrero de 2022 |
| Comenzaron los trabajos de reconfiguración del camino a Las Vertientes en la costa | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/16/fu/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 16 febrero de 2022 |
| Inmobiliaria presentó reclamación para anular declaratoria de humedales urbanos en Isla Teja | https://www.rionlinea.cl/inmobiliaria-presento-reclamacion-para-anular-declaratoria-de-humedales-urbanos-en-isla-teja/ | Diario Río en Línea | 16 febrero de 2022 |
| Trabajos en circunvalación que unirá los accesos norte y sur exhiben avance del 36% | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/13/fu/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 13 febrero de 2022 |
| Realizaron audiencia por posible daño ambiental tras muerte de abejas en San José | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/12/fu/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 12 febrero de 2022 |
| Inmobiliaria denuncia a municipio de Panguipulli por prohibir vehículos motorizados en lagos | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/02/08/inmobiliaria-denuncia-a-municipio-de-panguipulli-por-prohibir-vehiculos-motorizados-en-lagos.shtml | Radio Bío Bío | 08 febrero de 2022 |
| Agrupación denuncia trabajos en lugar donde Tribunal Ambiental ordenó paralizar obras en Valdivia | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/02/08/agrupacion-denuncia-trabajos-en-lugar-donde-tribunal-ambiental-ordeno-paralizar-obras-en-valdivia.shtml | Diario Austral de Valdivia | 07 febrero de 2022 |
| Entregan justificación para que Humedal de Trumao sea Santuario de la Naturaleza | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/07/fu/cuerpo-principal/5/ | Radio Bío Bío | 08 febrero de 2022 |
| Dirigentes valoran la paralización de cuatro proyectos inmobiliarios en la costa de Valdivia | https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2022/02/04/dirigentes-valoran-paralizacion-de-proyectos-inmobiliarios-en-valdivia.shtml | Radio Bío Bío | 04 febrero de 2022 |
| Comité amplió plazo para presentar normas secundarias de cuenca | https://www.australvaldivia.cl/impresa/2022/02/05/fu/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 05 febrero de 2022 |
| Tribunal Ambiental ordenó paralizar cuatro proyectos inmobiliarios en Valdivia | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/02/03/tribunal-ambiental-ordeno-paralizar-cuatro-proyectos-inmobiliarios-en-valdivia.shtml | Radio Bío Bío | 03 febrero de 2022 |

| | | | |
|--|---|----------------------------|--------------------|
| Ordenan paralizar y prohibir la ejecución de obras inmobiliarias en la zona costera de Valdivia | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/02/03/fu/l/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 03 febrero de 2022 |
| Comité Ecológico Angachilla acusa incumplimientos del gobierno en proyecto Avenida Circunvalación | https://www.rioenlinea.cl/comite-ecologico-angachilla-acusa-incumplimientos-del-gobierno-en-proyecto-avenida-circunvalacion/ | Diario Río en Línea | 02 febrero de 2022 |
| MOP presentará obras del Plan Maestro del Borde Fluvial de Valdivia | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/27/fu/l/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 27 enero de 2022 |
| Anuncian una veintena de eventos para la Semana de los Humedales | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/25/fu/l/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 25 enero de 2022 |
| Organizaciones piden parar la tramitación de norma secundaria | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/25/fu/l/cuerpo-principal/3/ | Diario Austral de Valdivia | 25 enero de 2022 |
| Comunidades se hacen parte en el recurso de protección por ordenanza | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/25/fu/l/cuerpo-principal/3/ | Diario Austral de Valdivia | 25 enero de 2022 |
| Proyecto fotovoltaico en Corral pelagra por intención de empresa a cargo de obras de cerrar contrato | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/01/21/proyecto-fotovoltaico.shtml | Radio Bío Bío | 21 enero de 2022 |
| Promueven la importancia urbana del humedal Miraflores | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/18/fu/l/cuerpo-principal/4/ | Diario Austral de Valdivia | 18 enero de 2022 |
| Recorren la región para levantar información del catastro frutícola 2022 | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/18/fu/l/cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 18 enero de 2022 |
| Ordenanza por lagos enfrenta a las comunidades y particulares | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/17/fu/l/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 17 enero de 2022 |
| Cambio climático y conservación ambiental será la temática central de Congreso Futuro | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/16/fu/l/cuerpo-principal/4/ | Diario Austral de Valdivia | 16 enero de 2022 |
| Comunidades entregaron antecedentes en Contraloría sobre ordenanza para lagos | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/15/fu/l/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 15 enero de 2022 |
| Reserva Raulintal propone donar al fisco terreno en conflicto desde 2016 | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/13/fu/l/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 15 enero de 2022 |
| Conaf informó normas de ingreso y funcionamiento de áreas silvestres protegidas | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/13/fu/l/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 13 enero de 2022 |
| Comunidades solicitan detener la tramitación de norma secundaria | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/12/fu/l/cuerpo-principal/2/ | Diario Austral de Valdivia | 12 enero de 2022 |
| Vecinos anuncian manifestación por ruta a Curiñanco | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/11/fu/l/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 12 enero de 2022 |
| En fase final se encuentra la obra del nuevo borde fluvial del río Lingue en Mehuín | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/10/fu/l/cuerpo-principal/6/ | Diario Austral de Valdivia | 10 enero de 2022 |
| Consejo de Defensa del Estado solicitó al Tercer Tribunal Ambiental detener proyectos | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/10/fu/l/cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 10 enero de 2022 |

| | | | |
|--|---|----------------------------|------------------|
| Detienen ordenanza municipal que prohíbe navegación en lagos | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/08/fu/ /cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 08 enero de 2022 |
| Determinan cierre de tramo agrietado en ruta costera de Valdivia por riesgo de derrumbe | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/06/fu/ /cuerpo-principal/5/ | Diario Austral de Valdivia | 07 enero de 2022 |
| Vecinos de la costa denuncian mal estado en ruta a Curiñanco por obras de retroexcavadora | https://www.australvaldivia.cl/impres/2022/01/05/fu/ /cuerpo-principal/7/ | Diario Austral de Valdivia | 05 enero de 2022 |
| Delgado solicita informe jurídico por prohibición de vehículos motorizados en lagos de Panguipulli | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/01/05/informe-juridico-ministro-delgado-se-pronuncia-por-ordenanza-municipal.shtml | Radio Bío Bío | 05 enero de 2022 |
| Advierten peligrosidad de ruta costera en Valdivia: excavadora produjo grandes grietas en pavimento | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/01/05/advierten-peligrosidad-de-ruta-costera-en-valdivia-excavadora-produjo-grandes-grietas-en-pavimento.shtml | Radio Bío Bío | 05 enero de 2022 |
| Alcalde de Futrono critica prohibición al tránsito de embarcaciones a motor en lagos de Panguipulli | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/01/04/alcalde-de-futrono-critico-medidas-tomadas-desde-panguipulli-sobre-lagos-emplazados-en-3-comunas.shtml | Radio Bío Bío | 04 enero de 2022 |
| Déficit hídrico sobre el 40%: autoridades siguen analizando decretar Emergencia Agrícola en Los Ríos | https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2022/01/02/deficit-hidrico-sobre-el-40-autoridades-siguen-analizando-decretar-emergencia-agricola-en-los-rios.shtml | Radio Bío Bío | 02 enero de 2022 |

Conclusiones

- La revisión de los registros de prensa más arriba listados, permite distinguir claramente el énfasis medioambiental por parte de los medios, lo que copa la agenda mensual con noticias de este corte temático.
- La temática más recurrente en esos registros, hace referencia a la interacción de las comunidades aledañas y su reclamo de “protección medio ambiental y/o solución” hacia la autoridad y/o servicios públicos y a la identificación de estos agentes sociales. Es preciso señalar que las comunidades en cuestión, tienen un activo rol en cuanto a la búsqueda de respuestas se refiere.
- El registro de prensa revisado, deja en evidencia la injerencia del Tribunal Ambiental de Valdivia (Tercer Tribunal Ambiental de Chile), como ente capaz de entregar respuestas a los conflictos medioambientales.

5.3.3 Revisiones bibliográficas por componente ambiental

i) Humedales costeros estuariales

Los humedales costeros localizados desde la zona central de Chile hacia el litoral Sur, son ambientes acuáticos característicos de vital importancia ecológica y sustentadores de múltiples servicios ecosistémicos (Pino, 1994; Miththapala, 2013). La distribución de sus extensiones debido a la cercanía a centros poblados (urbanos y rurales), zonas industriales

y superficies con actividades agrícola ganaderas en expansión, generan progresivamente diversas amenazas que afectan de manera directa e indirecta el desarrollo espacial y temporal de sus extensiones (*e.g.*, Barbier *et al.*, 2011; Koh & Khim, 2014; Bagdanaviciute *et al.*, 2015).

Dentro de las numerosas funciones ecosistémicas de estos ambientes se pueden mencionar a manera de ejemplo algunas de las más populares, es decir, su importante rol como depuradores naturales de contaminantes acuáticos, reguladores de los ciclos del carbono, protección contra inundaciones y control de la erosión costera y finalmente, importantes reservorios acuíferos (Miththapala, 2013). Aun así, actualmente y a escala global existe la gran interrogante e incertidumbre relacionada a cuánto podrían perdurar estas capacidades y su potencial asociado, tolerando en el tiempo las excesivas forzantes derivadas del aumento y expansión de la actividad antrópica, condiciones climáticas y perturbaciones naturales a gran escala (*e.g.*, Barbier *et al.*, 2011; Koh & Khim, 2014; Bagdanaviciute *et al.*, 2015).

En cuanto al funcionamiento biológico normal de estos sistemas (*i.e.*, humedales), de forma resumida dependen primariamente de dos grandes mecanismos: i) la entrada de nutrientes disueltos en el agua para la sustentación de macrófitas y microorganismos locales y, ii) el aporte de sedimentos en suspensión, que al atravesar sus amplias extensiones precipitan y constituyen los sustratos o fondos finales para la colonización de diversos organismos bióticos (Fagherazzi *et al.*, 2013; Vandenbruwaene *et al.*, 2015; Addino *et al.*, 2015). Ambos mecanismos a su vez, dependerán de manera directa y fuertemente de las características hidrodinámicas locales y geomorfología de las superficies receptoras (Pethick, 1984; Perillo, 2003).

Debido a la compleja interacción entre los factores, procesos y mecanismos que se encuentran involucrados en el funcionamiento de estos sistemas, se torna extremadamente complicado cuantificar y/o evaluar la sustentabilidad de los mismos en el tiempo. Esto se torna aún más complejo, al incorporar las dinámicas hidráulicas de los cuerpos de agua que los componen, las que a su vez se encuentran influenciadas por múltiples factores espacio-temporales como, por ejemplo: aportes límnicos, ciclos mareales y condiciones climáticas estacionales. Consecuentemente, determinar un número reducido de variables ambientales con relevancia para la evaluación y comparación de los estados ecológicos de estos ambientes, es una tarea difícil. Pero debido a que, por lo general, estos ambientes en su mayoría son sistemas constituidos por un caudal de entrada y otro de salida o evacuación, la hidrodinámica local debe ser un factor importante a considerar en la caracterización ambiental de cualquier cuerpo hídrico (Tironi-Silva *et al.*, 2014). A esto se

debe agregar que, de esta misma hidrodinámica, depende la capacidad de transporte de partículas suspendidas en la columna de agua (SST) y su destino final (sedimentación) dentro de cada cuerpo receptor a estudiar (Perillo, 2003).

ii) Hidrodinámica, Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sedimentos Submareales

Antecedentes

Finalizada la búsqueda de información en la web – utilizando una serie de combinaciones y de manera individual las palabras claves expuestas en la metodología – se obtuvo rápidamente un resultado numérico evidente en cuanto a la recopilación del número de antecedentes correspondientes para los humedales en estudio (Fig. 3 y 4). En relación al número de documentos informativos en los cuales se incorporan los parámetros: Hidrodinámica, Sólidos Suspendidos Totales y Sedimentos, existe una notable carencia de información de valores cuantitativos para áreas aledañas al acceso Sur de la ciudad de Valdivia (sector Ruta-206). Esta situación pareciera dentro de los últimos años evidenciar un aumento en cuanto a documentos informales e informativos generados por la prensa local, ONG's y redes sociales en relación a zonas de humedales localizados cerca de los centros urbanos y que involucran también el área contemplada por esta búsqueda objetivo. Por lo tanto, esto demuestra una tendencia creciente de interés público y la necesidad de generar información para implementar políticas públicas que involucren el destino de estos ambientes poco indagados en la actualidad.

Por otra parte, la información generada para la zona que involucra el acceso vial Norte de la ciudad de Valdivia (Ruta-202), el panorama es completamente diferente. Para esta área específicamente existe una extensa base de datos tanto temporales como espaciales, además de diversos estudios trans e interdisciplinarios. La causal de esta notable diferenciación numérica de la información (*i.e.*, informes, publicaciones, tesis y artículos) entre ambos sectores objetivo, se genera debido a que la zona de estudio correspondiente al acceso vial Norte a la ciudad de Valdivia (Ruta-202) se encuentra aledaña a un área de alto valor biológico y que corresponde al Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios; zona ingresada el año 1981 al listado de humedales de importancia internacional por la Convención Ramsar (www.ramsar.org), organización creada con el fin de promover el cuidado y sustentabilidad de dichos ambientes alrededor del mundo.

Para realizar un análisis de manera más actualizada, se utilizaron como información primaria los Programas de Diagnóstico Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (2014-2015); Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del río Cruces y sus

ríos Tributarios (2015-2020) e Informe Final Catastro de Humedales Urbanos de Valdivia (2019), los cuales fueron complementados con algunos trabajos pertinentes para cada parámetro estudiado de manera de fortalecer los antecedentes finales a presentar y su homologación y comparación temporal.

Hidrodinámica

Los estuarios contemplados en este estudio se encuentran insertos dentro del complejo estuarial Valdivia – Tornagaleones – San Juan, complejo que se caracteriza por su gran extensión areal, formación tectónica y dinámica hidrográfica (Jennings *et al.*, 1995; Garcés *et al.*, 2013). A este sistema confluyen aguas procedentes de diversas cuencas, tanto sistemas fluvio lacustres de origen pre-andino como sistemas cordilleranos costeros. Este sistema en su conjunto puede ser dividido en zonas estuariales determinadas por los estuarios de los ríos Tornagaleones, Valdivia, Futa, Angachilla, Calle – Calle y Cruces (Dirección General de Aguas, 2004). En cuanto a su caracterización estuarial, este sistema se caracteriza por presentar una condición de cuña salina dentro de sus primeros 10 km a partir de la desembocadura y durante las estaciones de invierno y primavera, mientras que durante los meses de verano y otoño presenta una condición de estuario parcialmente mezclado (Aquamambiente Ltda., 2007; Garcés *et al.*, 2013).

El ingreso de salinidad ha sido reportado hasta el sector correspondiente a la confluencia del río Cruces con el canal mareal Cau-Cau (acceso Norte a Valdivia) (Hauenstein & Ramírez 1986; Pino, 2008; UACH, 2015). Otro fenómeno producido por la presencia de la influencia mareal en dirección hacia aguas arriba de estos cuerpos hídricos, es la generación de corrientes mareales, fenómeno que genera una segunda zona estuarial que se ve afectada solo por la inversión de la dirección natural de los caudales fluviales naturales. Este efecto ha sido registrado para el área que comprende la zona del acceso norte de la ciudad de Valdivia hasta el sector conocido como Fuerte San Luis de Alba (río Cruces) involucrando también los sectores de los ríos Chorocamayo, Cayumapu y Pichoy (Pino, 2008; UACH, 2015).

Para el área del HRC se tienen registros de rangos mareales hacia el interior del humedal del río Cruces (Fig. 5, Tabla 1), con desfases significativos (Fig. 6). Teniendo como referencia una estación mareal de referencia localizada en el Club Deportivo Phoenix de Valdivia, se observa que existe un desfase de hasta 6 horas en relación con la estación más alejada dentro del humedal y correspondiente a la estación Fuerte San Luis de Alba (Fig. 6). (Pino, 2008; UACH, 2015). Durante el desarrollo de este desfase hacia el interior del HRC y producto de la deformación de la onda de marea al entrar en aguas someras, se producen altas velocidades (*i.e.*, marea llenante) de corrientes. Esto se ha cuantificado en

aproximadamente un orden de magnitud superior al flujo de agua generado por el drenaje de las aguas del río Cruces (UACH, 2015 y 2017). Esta diferenciación en la velocidad de flujos y reflujos permite transportar aguas arriba cualquier sustancia conservativa (inorgánica u orgánica), las cuales por la disminución de la energía de transporte durante el retorno no logran su desplazamiento hasta sus localidades de origen (Pino, 2008; UACH, 2015).

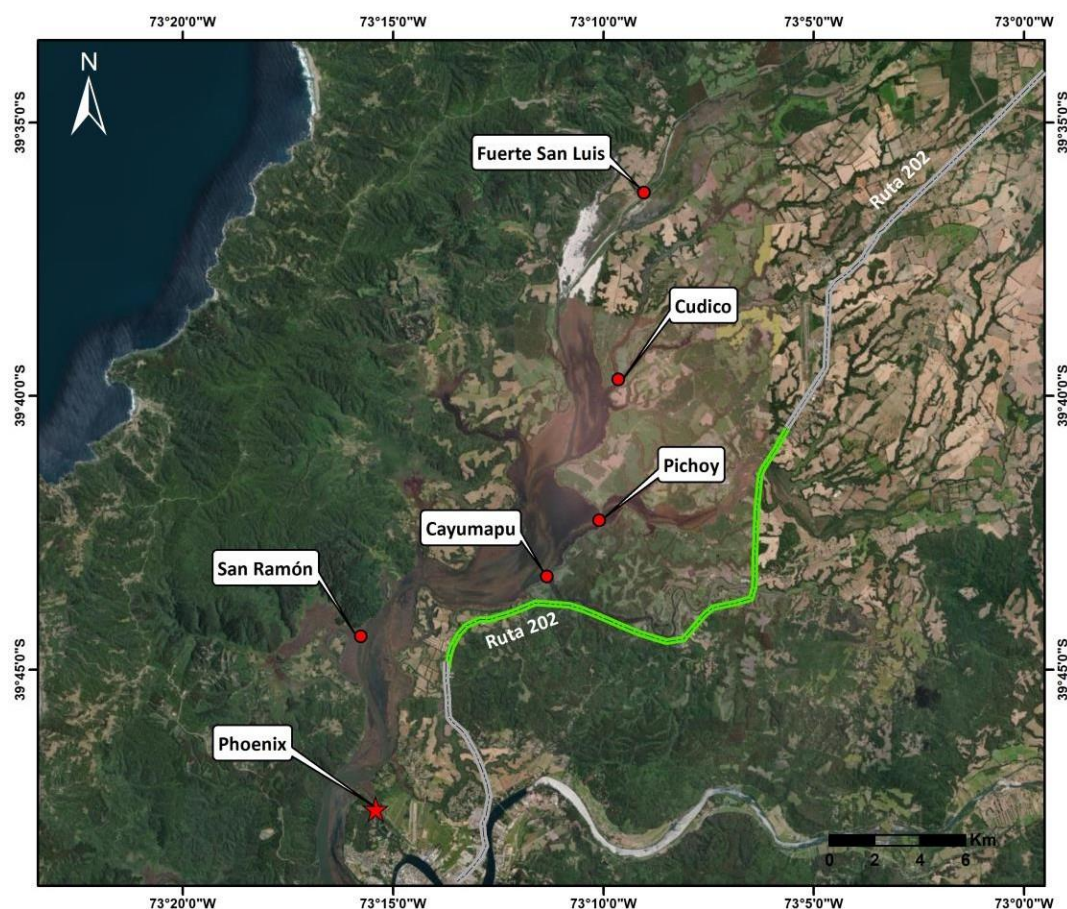
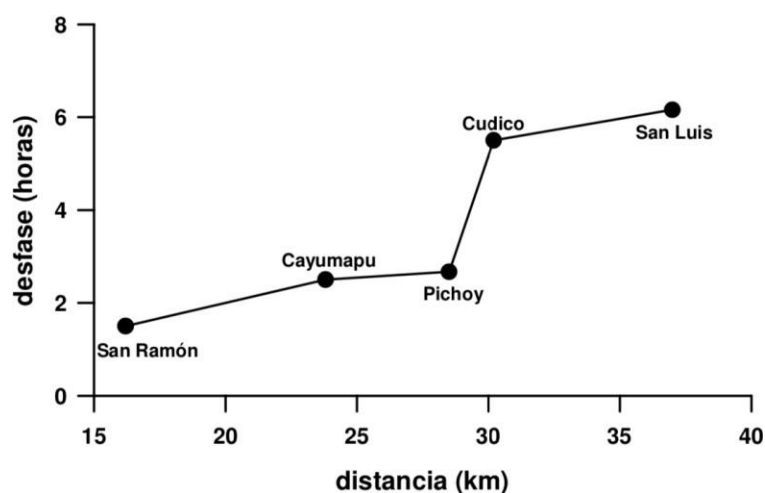


Figura 5. Distribución espacial de las cinco estaciones (círculos rojos) donde se ha estudiado variabilidad mareal en el HRC y en relación a la estación referencial localizada en el Club Deportivo Phoenix de Valdivia (estrella roja) (UACH, 2015).

Tabla 1. Registros de rangos mareales dentro del área estuarial del HRC (UACH, 2015).

| Estaciones | Rango mareal (m) |
|-------------------------|------------------|
| San Ramón | 0,68 |
| Cayumapu | 0,68 |
| Pichoy | 0,77 |
| Cudico | 0,47 |
| Fuerte San Luis de Alba | 0,45 |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 6.** Relación entre la distancia *versus* desfase de la pleamar en las cinco estaciones analizadas dentro del Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, con respecto a la estación mareal de referencia Phoenix (*cf.* Fig. 5).

Los resultados de un modelo 3D de simulación para el cálculo del tiempo de residencia de las aguas dentro del Humedal del río Cruces, muestran que el área alta o superior del río Cruces (sector Fuerte San Luis de Alba) corresponde a un sector sensible en cuanto a descarga de sustancias de diferentes índoles si son vertidos en exceso debido a su alto tiempo de residencia de sus aguas (app. dos meses), no así la zona inferior del mismo que sería más idónea y viable para descargas debido a su mejor capacidad de renovación

(2,5 días) reduciendo los impactos acumulativos (Tabla 2) (Nairn *et al.*, 2009; Tironi-Silva *et al.*, 2014).

Esta misma observación fue también registrada dentro del Programa de Diagnóstico Ambiental del río Cruces y sus ríos Tributarios (2015), en donde las aguas de las estaciones de los ríos Cudico, Pichoy, Cayumapu y San Ramón evidenciaron temperaturas más elevadas en relación a otras localidades estudiadas, indicando que las corrientes mareales de llenante fuerzan a la columna de agua a mantenerse dentro del área del humedal durante el comienzo del verano y posiblemente hasta otoño.

Tabla 2. Resultados de los cálculos con modelos 3D del tiempo de residencia modificado de Tironi-Silva *et al.*, 2014.

| Sector | Total en días |
|-----------------------------|---------------|
| Sector superior del humedal | 52,5 |
| Sector medio del humedal | 27,5 |
| Sector inferior del humedal | 2,5 |
| Río Pichoy | 30,0 |
| Río Cayumapu | 32,5 |

Fuente: Elaboración propia

Se desconoce el comportamiento de la onda mareal dentro de las lagunas de Santo Domingo; sin embargo, puede hipotetizarse que ésta presenta magnitudes superiores a las estimadas para el HRC, debido a la localización de las mismas con respecto al mar (más cercanas a este que el HRC).

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

El origen de los SST proviene de la erosión de las cuencas constituyentes de los cuerpos de agua y su transporte por escorrentías de las laderas hacia los mismos. La carga total de dichas partículas dentro de la columna de agua, dependerá por lo tanto de las características de la red de drenaje local, geomorfología, caudales estacionales, condiciones climáticas y uso de suelos ocurientes en la zona (Organización Mundial de la Salud, 1998; Sendra, 2002).

La constitución de los SST incluye componentes inorgánicos y orgánicos y su presencia constante dentro de los cuerpos receptores, es un elemento esencial para la sustentación de la componente biótica dentro de los diversos ecosistemas acuáticos, además de que los mismos se depositan en los fondos de los cauces hídricos, ayudando al asentamiento y colonización de determinadas macrófitas acuáticas (García, 2003).

En esta revisión se presentan registros de datos que representan mediciones temporales simultáneas para ambos sectores estudiados y que a la vez corresponden a condiciones locales actualizadas. Es decir, se presentan los datos cuantitativos correspondientes y los datos de estaciones muestreadas durante los meses de abril, mayo y julio de 2014 (*i.e.*, Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios), mayo y julio de 2018 y, enero y abril de 2019 (*i.e.*, Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios e Informe Final Catastro de Humedales Urbanos de Valdivia) (Fig. 7)

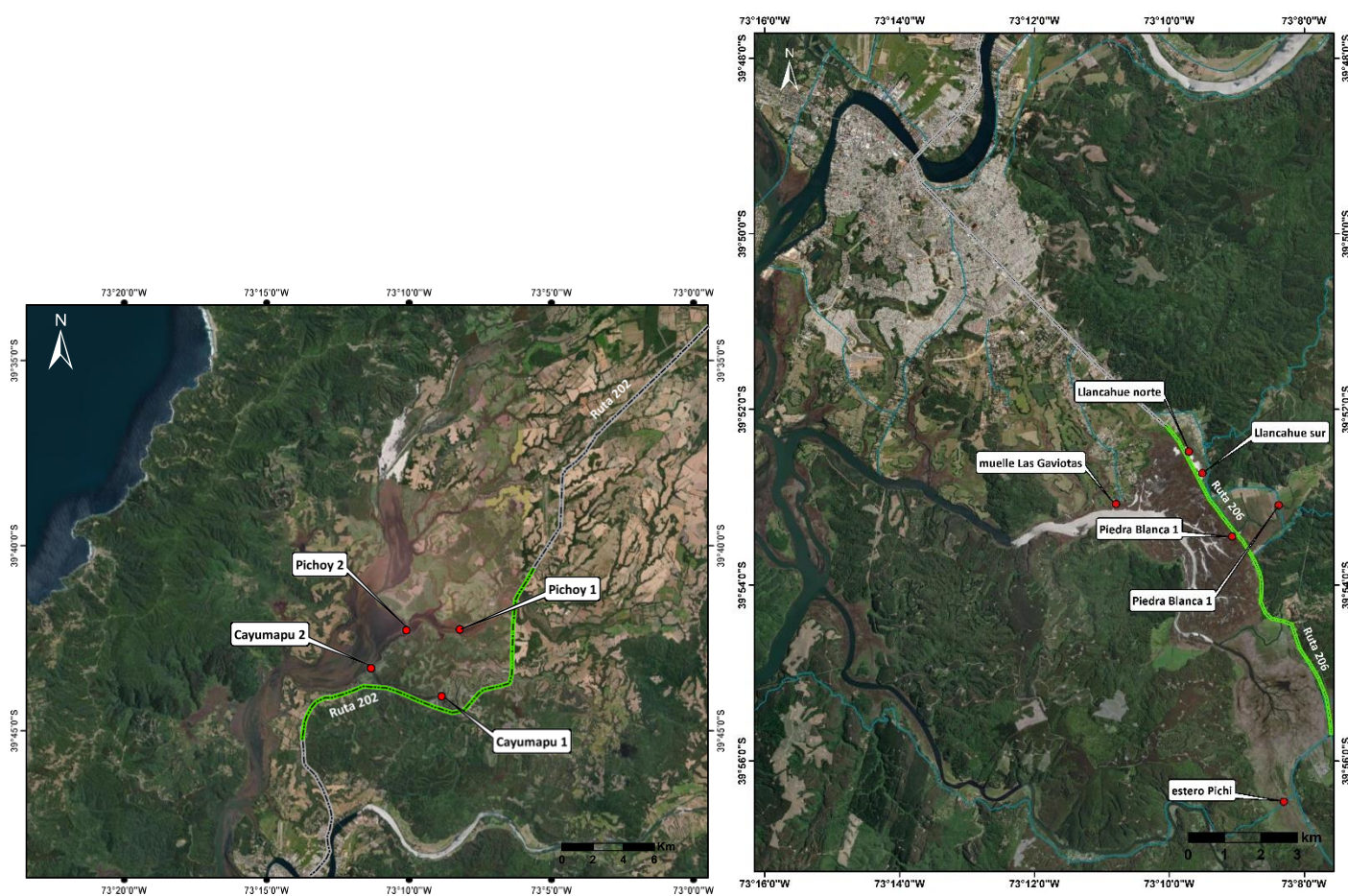


Figura 7. Distribución espacial de las estaciones (círculos rojos) donde se ha estudiado la variabilidad en las concentraciones de SST en el área de estudio.

Las concentraciones de SST (mg L^{-1}) registradas dentro del año 2014 para ambos sectores estudiados (*i.e.*, accesos Sur y Norte a Valdivia) presentan notables diferencias (Fig. 8). Si bien ambos sectores registran concentraciones similares durante los meses de abril y mayo ($< 7 \text{ mg L}^{-1}$), durante el mes de julio las estaciones situadas dentro de la zona Norte (*i.e.*, sectores Pichoy y Cayumapu) presentan notables aumentos ($> 7 \text{ mg L}^{-1}$). Estas diferencias se encontrarían asociadas a la capacidad de respuesta que presentan las diferentes cuencas hídricas que sustentan ambas áreas de los humedales en cuanto a las condiciones pluviométricas, morfología y uso de suelos (Heinselman, 1963; Pérez-Olmedilla *et al.*, 2001).

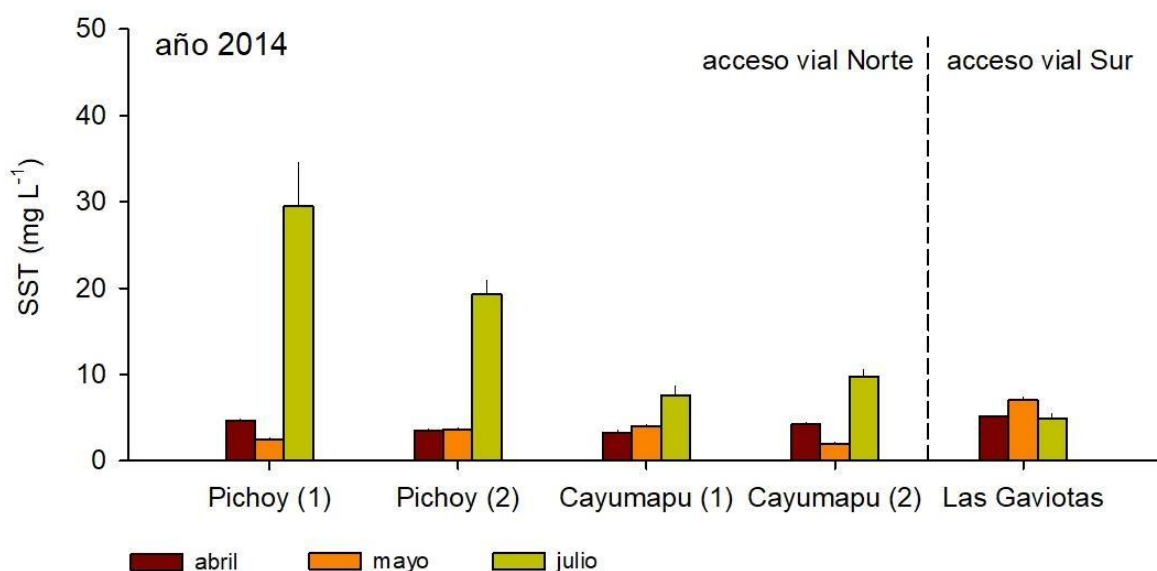


Figura 8. Concentración de SST en el agua de las estaciones muestreadas durante el año 2014 en humedales aledaños a los accesos Norte y Sur de Valdivia. Los valores son promedios + 1 desviación estándar.

Durante los años 2018 y 2019, las concentraciones de SST en el agua de las estaciones aledañas al acceso Norte de Valdivia, mostraron claras tendencias estacionales con concentraciones más altas durante el invierno (Fig. 9). Por el contrario, las concentraciones de SST en el agua de las estaciones aledañas al acceso Sur de la ciudad, no mostraron tendencias claras en cuanto a los tiempos de muestreo (*i.e.*, mayo y julio de 2018; enero y abril 2019) (Fig. 9).

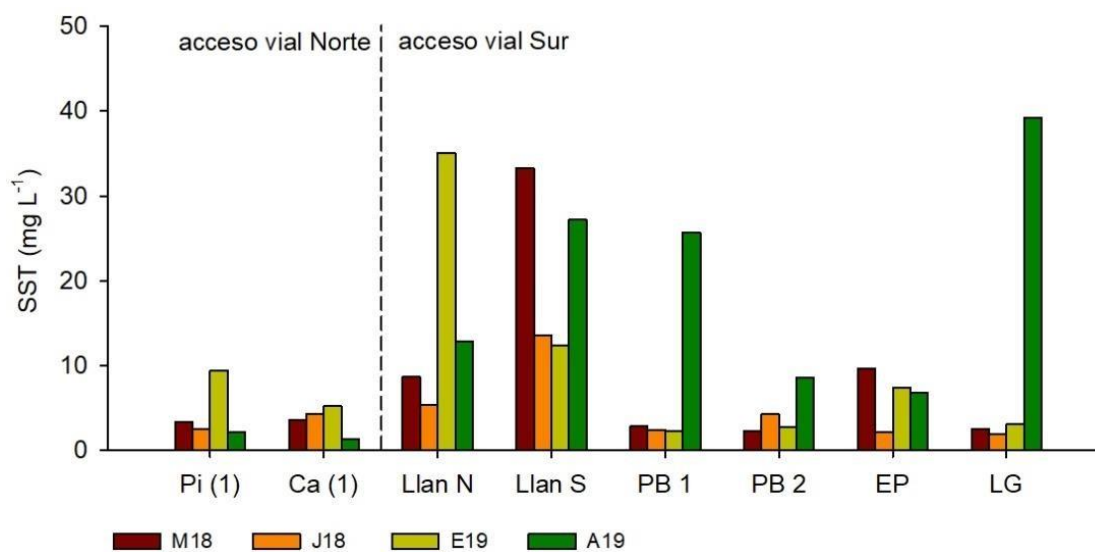


Figura 9. Concentración de SST en el agua de las estaciones muestreadas durante los años 2018 y 2019, en humedales aledaños a los accesos Norte y Sur de Valdivia. Pi: río Pichoy (1); Ca: río Cayumapu (1)), Llan N: sector Llancahue Norte; Llan S: sector Llancahue Sur; PB 1: sector Puente Piedra Blanca 1; PB 2: sector Puente Piedra Blanca 2; EP: sector Estero Pichi y Gav: sector Las Gaviotas.

Conclusiones

- En general, las concentraciones más altas de SST en el agua de los humedales estudiados, ocurre en invierno, lo que puede ser relacionado a la mayor pluviometría y escorrentía superficial que ocurren durante esa estación del año.
- La variabilidad espacio temporal de SST en el agua, ha mostrado tendencias más marcadas en los humedales aledaños al acceso Norte de Valdivia.

Sedimentos submareales

Ambos sectores estudiados se encuentran insertos dentro de un área estuarial, zona en la cual producto de las variaciones en las velocidades de flujo y reflujo (*i.e.*, asimetría de corrientes mareales) y sumado a la hidrodinámica fluvial, se generan ambientes acuáticos donde los procesos de sedimentación dominan sobre los de transporte de partículas (Perillo, 2003). Esta dinámica se ve afectada por la interacción y el efecto que ejercen las velocidades de las mismas al interactuar sobre áreas de menor profundidad y/o zonas de calma hidráulica como trampas morfológicas naturales (*e.g.*, estructuras biológicas, pequeñas bahías) o artificiales (*e.g.*, defensas costeras), lo que genera un transporte neto de partículas hacia la cabecera y sectores medios de los estuarios (Pethick, 1984; Perillo, 2003; Wolanski, 2007). Por lo general, el origen de las partículas que entran en tránsito en

estos ambientes son mayoritariamente de origen fluvial y en menor porcentaje de origen marino (*cf.*, Pethick, 1984) y serán los constituyentes primarios que conformarán finalmente los variados sustratos sedimentarios donde ocurre la componente biológica local (Sanders, 1958; Johnson, 1971; Snelgrove & Butman, 1994).

Al igual que los documentos utilizados en los análisis de SST, en este punto sólo se utilizan los datos correspondientes a los meses de abril y julio de 2014 (*i.e.*, Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios). De manera directa se utilizan los resultados de los valores porcentuales de los contenidos de Grava, Arena, Fango y Materia Orgánica Total en los sedimentos analizados, además de los valores de parámetros físico-químicos básicos de pH y Potencial de Oxido Reducción (POR) en los mismos. Las estaciones desde donde se extrajeron sedimentos son las mismas representadas en la Figura 7.

En general y durante los meses de abril y julio de 2014, la fracción arena (partículas entre 63 y 2000 μm ; Folk, 1980) fue el componente primario (>40%) de los sedimentos presentes en ambos sectores de estudio (*i.e.*, humedales aledaños a accesos Norte y Sur de Valdivia) (Fig. 10). La fracción arena fue seguida (en términos porcentuales) por la fracción fango (partículas < 63 μm ; Folk, 1980), especialmente en el sedimento de las estaciones ubicadas en los humedales aledaños al acceso Norte de la ciudad (> 15 %) (Fig. 10).

Las partículas de mayor tamaño correspondientes a grava (> 2000 μm ; Folk, 1980) estuvieron escasamente representadas en la conformación de los fondos sedimentarios analizados. El valor porcentual más alto fue estimado para los sedimentos de Las Gaviotas, humedal del sector correspondiente al acceso Sur de Valdivia (Fig. 10).

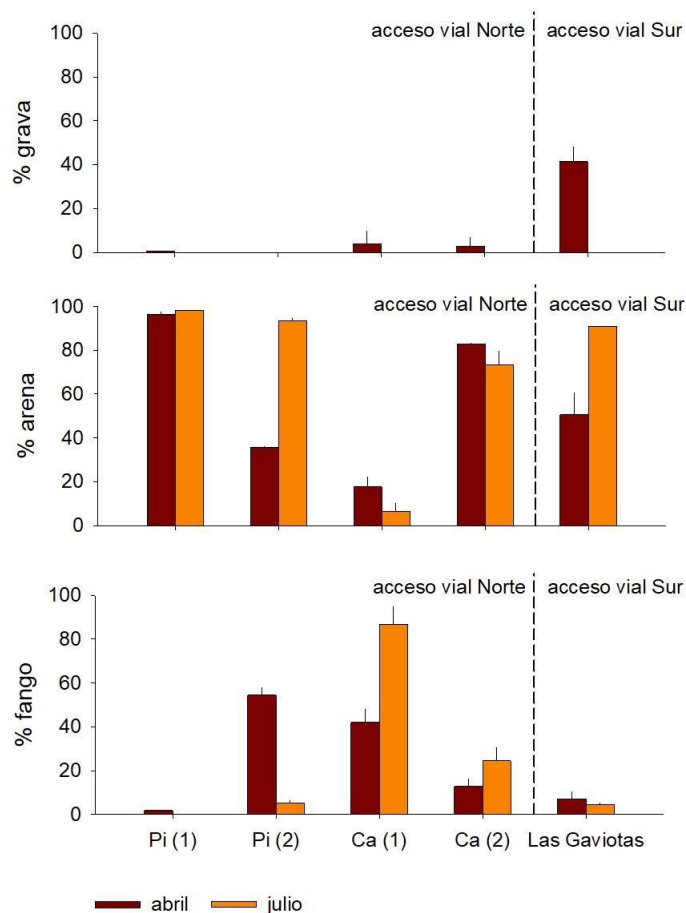


Figura 10. Valores porcentuales de las fracciones grava, arena y fango en los sedimentos de las estaciones muestreadas durante abril y julio 2014, en humedales aledaños a los accesos Norte y Sur de Valdivia. Los valores son promedios + 1 desviación estándar.

Los valores porcentuales de materia orgánica presente en los sedimentos estudiados, fueron similares (< 10%), en todas las estaciones de muestreo, con excepción de la estación Cayumapu (1) (> 10%) (Fig. 11). Los valores de pH medidos en el sedimento de ambos sectores fueron muy similares en ambos meses estudiados, con valores próximos a 6,5 (Fig. 11). Con excepción del valor registrado en los sedimentos de la estación Pichoy (1), los registros de Potencial de Oxido Reducción (POR) fueron mayoritariamente negativos (Fig. 11), lo que sugiere baja oxigenación en los espacios intersticiales de los sedimentos estudiados.

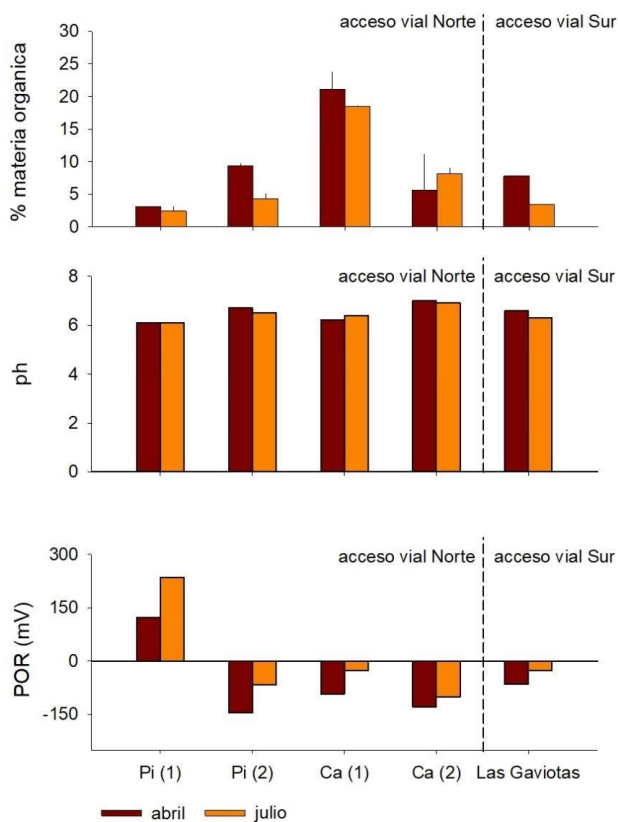


Figura 11. Valores porcentuales de materia orgánica total y variabilidad espacio temporal de pH y Potencial de Oxido Reducción (POR), en los sedimentos de las estaciones muestreadas durante abril y julio 2014, en humedales aledaños a los accesos Norte y Sur de Valdivia.

Conclusiones

- Los sedimentos de las estaciones ubicadas en humedales aledaños a los accesos Norte y Sur de Valdivia, están dominados por arena (partículas entre 63 y 2000 μm) y fango (partículas inferiores a 63 μm).
- La mayor parte de esos sedimentos mostraron valores de POR negativos, lo que sugiere baja oxigenación en el espacio intersticial de los mismos.

iii) **Macrófitas acuáticas**

La vegetación acuática o macrófitas, corresponde al conjunto de plantas que dependen fisiológicamente del agua y que, a diferencia de las algas, poseen un sistema vascular conformado por raíz, tallo y hojas. Además, se reproducen sexualmente mediante semillas y también poseen reproducción vegetativa a través de vástagos (Rodríguez & Fica, 2020).

De acuerdo con su forma de vida, las macrófitas acuáticas pueden clasificarse en sumergidas arraigadas, sumergidas libres, natantes, flotantes libres y emergidas. Las plantas sumergidas arraigadas están fijadas al fondo acuático y no poseen estructuras que salgan hacia la superficie. Las plantas sumergidas libres también viven bajo la superficie, pero son capaces de transportarse junto a la corriente. Ambos grupos fotosintetizan en el agua asimilando el dióxido de carbono disuelto o desde el bicarbonato disponible. Las plantas natantes están arraigadas al sustrato, sin embargo, poseen hojas que flotan sobre la superficie y son capaces de realizar fotosíntesis obteniendo el dióxido de carbono directamente del aire. Por otro lado, las plantas flotantes libres migran a la deriva por la superficie y son impulsadas por la corriente, tienden a cubrir ciertas zonas del espejo del agua y a acumularse asociadas a otras macrófitas, rocas u otros sustratos, fotosintetizando como lo hacen las plantas terrestres.

Las macrófitas emergidas, también conocidas como plantas palustres o helófitos, se distinguen por poseer sus raíces en el sedimento barroso o fango, pero la mayor parte de su estructura se encuentra fuera del agua formando grandes extensiones de totorales y juncos que realizan fotosíntesis en el aire (Ramírez & Álvarez 2012; CONAF & Universidad de Chile, 2016).

Con respecto a la flora que existe en Chile, se han descrito más de 5.000 especies de las cuales sólo el 10% (415 especies aproximadamente) son hidrófilas. Estas especies son capaces de vivir a diferentes profundidades de agua y soportar condiciones variables de inundación y anegamiento.

La flora hidrófila nacional se reparte en 6 clases, siendo la de mayor representación la clase Rosopsida (Eudicotiledóneas) con 221 especies, seguida de la clase Liliopsida con 155 especies y la clase Magnoliopsida con 25 especies. Sin embargo, la sistemática de las plantas acuáticas presentes en Chile aún resulta incompleta y existe un gran número de especies que aún no han sido reconocidas e identificadas (Ramírez & San Martín, 2006).

La principal importancia de la vegetación acuática y palustre en los humedales radica en ser la fuente de producción primaria de estos ambientes, aportando oxígeno a través del proceso de fotosíntesis (Ramírez & Álvarez, 2012). Además, las macrófitas otorgan hábitat y refugio para una gran biodiversidad de aves, peces, anfibios y mamíferos (Mitsch & Gosselink, 1993) y son bioindicadores relevantes que reflejan el estado de salud y las condiciones del cuerpo de agua en el que se encuentran.

La disponibilidad de nutrientes en el sistema, especialmente nitratos y fosfatos, el nivel del agua, la cantidad de luz, la acumulación de sedimentos y una serie de parámetros físico-químicos sumados al grado de intervención antropogénica, influyen en el crecimiento y desarrollo de las macrófitas acuáticas y pueden ser signos de contaminación o perturbaciones en el ecosistema (Corporación Nacional Forestal & Universidad de Chile, 2016).

Resultados

El Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC)

La Tabla 3 muestra la comunidad de macrófitas acuáticas que ha sido descrita para el HRC. La información taxonómica sobre las especies, forma de vida y origen corresponde a lo señalado por Ramírez & Álvarez (2012).

Tabla 3. Composición taxonómica, forma de crecimiento y origen de la diversidad de macrófitas acuáticas presentes en el Humedal del río Cruces y sus tributarios

| Nombre científico | Nombre común | Familia | Forma de vida | Origen |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|-------------|
| <i>Alisma plantago-aquatica</i> | Llantén de agua | Alismataceae | Helófitas herbácea | Introducida |
| <i>Alisma lanceolatum</i> | Llantén de agua rosado | Alismataceae | Helófitas herbácea | Introducida |
| <i>Blechnum chilense</i> | Helecho costilla de vaca | Blechnaceae | Helófitas herbácea | Nativa |
| <i>Egeria densa</i> | Luchecillo | Hydrocharitaceae | Sumergida arraigada | Introducida |
| <i>Juncus bulbosus</i> | Hilo de agua rojo | Juncaceae | Emergida | Introducida |
| <i>Juncus cyperoides</i> | Ihua-ihua | Juncaceae | Emergida | Nativa |
| <i>Juncus dombeyanus</i> | Hierba de la vaca | Juncaceae | Emergida | Nativa |
| <i>Juncus microcephalus</i> | Junquillo rojo | Juncaceae | Emergida | Nativa |
| <i>Juncus procerus</i> | Junquillo grande | Juncaceae | Emergida | Nativa |
| <i>Lemna minima</i> | Lenteja de agua | Araceae | Natante | Nativa |
| <i>Limnobium laevigatum</i> | Hierba guatona | Hydrocharitaceae | Flotante libre | Introducida |
| <i>Lotus uliginosus</i> | Alfalfa chilota | Fabaceae | Helófitas herbácea | Introducida |
| <i>Ludwigia peploides</i> | Clavito de agua | Onagraceae | Natante | Introducida |
| <i>Nymphaea alba</i> | Loto | Nymphaeaceae | Natante | Introducida |
| <i>Myriophyllum aquaticum</i> | Pinito de agua | Haloragaceae | Sumergida arraigada | Nativa |
| <i>Potamogeton lucens</i> | Huiro verde | Potamogetonaceae | Natante | Nativa |
| <i>Potamogeton pusillus</i> | Huiro | Potamogetonaceae | Sumergida arraigada | Nativa |
| <i>Ranunculus repens</i> | Botón de oro | Ranunculaceae | Helófitas herbácea | Introducida |
| <i>Sagittaria montevidensis</i> | Flecha de agua | Alismataceae | Emergida | Nativa |
| <i>Scirpus californicus</i> | Totora, junco | Cyperaceae | Emergida | Nativa |
| <i>Typha angustifolia</i> | Vatro | Typhaceae | Emergida | Nativa |

Tomado de: CONAF, 2019

Zonación espacial: sectores Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo

Las siguientes figuras muestran la distribución espacial de las macrófitas acuáticas más comunes encontradas en los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo, durante el verano del año 2015 (UACH, 2015).

En ambos sitios estudiados en el río Pichoy (interior y exterior), la especie *Luchecillo* (*Egeria densa*) fue la más dominante en cuanto a cobertura vegetal (Fig. 12). También se encontraron parches aislados de la especie conocida como Fecha de agua (*Sagittaria montevidensis*) y dos especies de Huiro del género *Potamogeton*, de las cuales *Potamogeton pusillus* se encontró presente en ambas zonas de muestreo (Fig. 12).

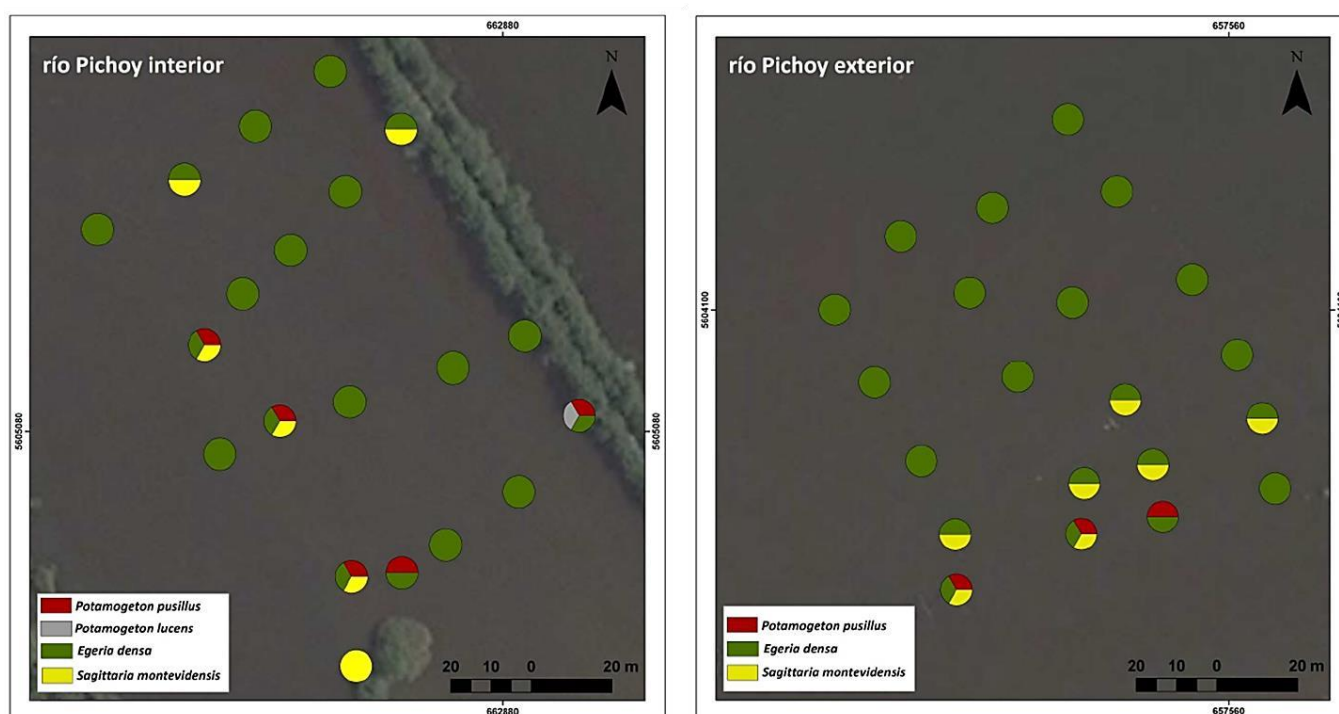


Figura 12. Distribución espacial de las macrófitas predominantes en los sitios río Pichoy interior y exterior, durante el verano del año 2015 (UACH, 2015).

En ambos sitios del río Cayumapu (interior y exterior), se encontró Luchecillo (Fig. 13). Para el sector interior se detectó además Clavito de agua (*Ludwigia peploides*) y Loto (*Nymphaea alba*), mientras que para la zona exterior se detectó primariamente *Potamogeton* spp y Totorá (*Scirpus californicus*) en el borde ribereño (Fig. 13).

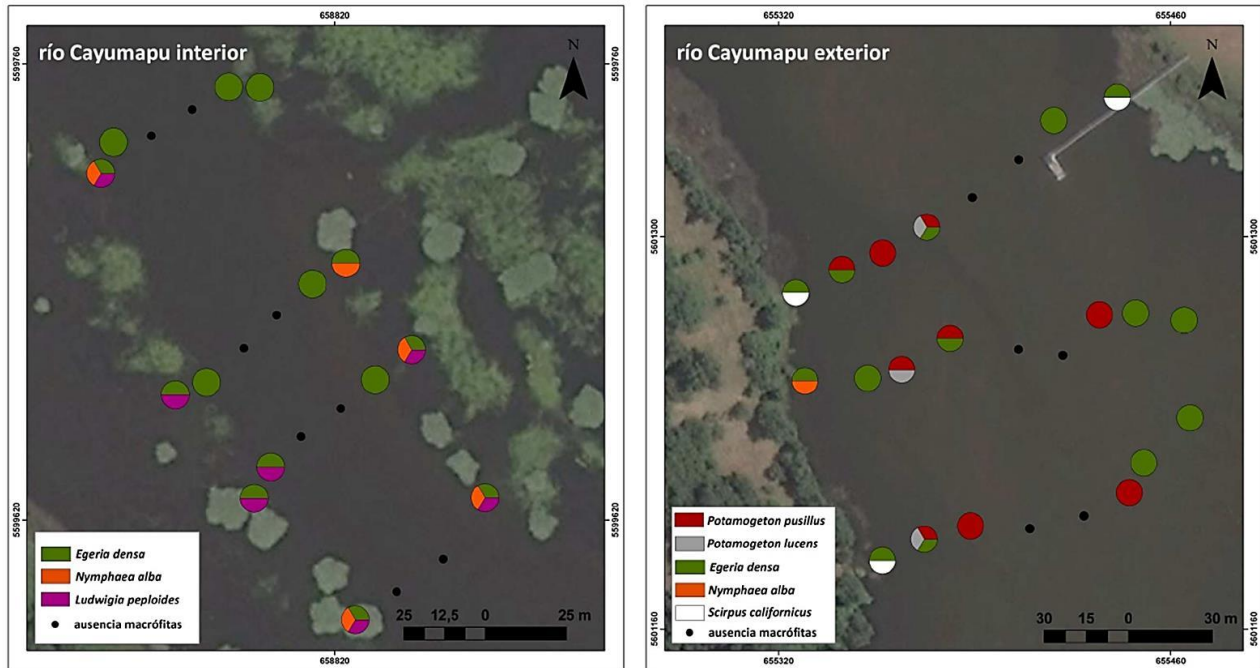


Figura 13. Distribución espacial de las macrófitas predominantes en los sitios río Cayumapu interior y exterior, durante el verano del año 2015 (UACH, 2015). Nótese que los puntos negros que reflejan ausencia de macrófitas se encuentran ubicados en el cauce del río (UACH, 2015).

En el río Chorocamayo se observó la predominancia de cobertura de Luchecillo (*Egeria densa*) junto a *Potamogeton pusillus* en el borde más externo y Totorá (*Scirpus californicus*) en las orillas del río (Fig. 14).

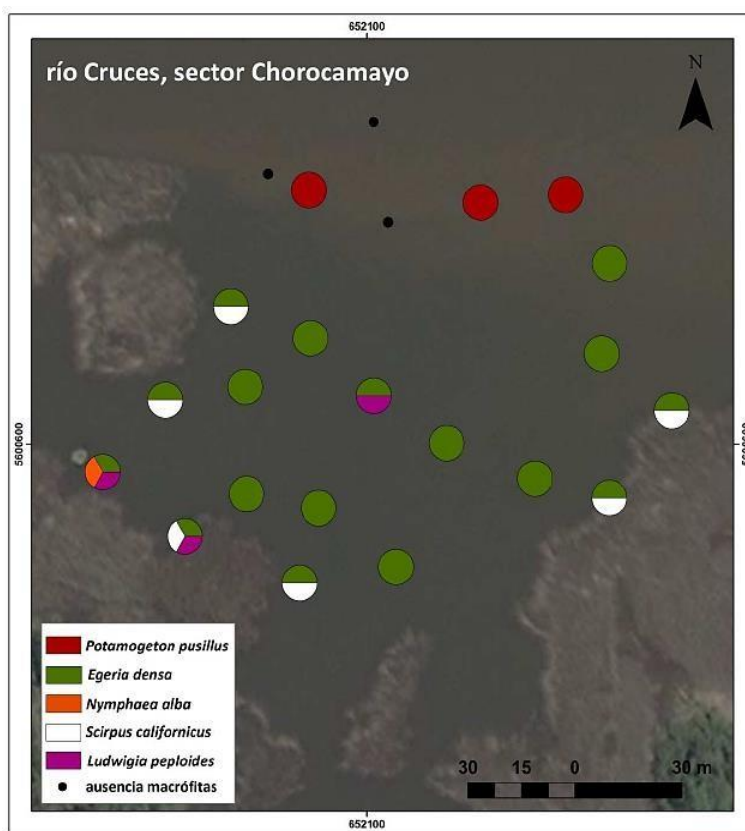


Figura 14. Distribución espacial de las macrófitas predominantes en el sitio río Chorocamayo, durante el verano del año 2015 (UACH, 2015). Nótese que los puntos negros que reflejan ausencia de macrófitas se encuentran ubicados en el cauce del río (UACH, 2015).

Lagunas de Santo Domingo, Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla

La vegetación acuática de este humedal está dominada por la Totorá, el Vatro y la Cortadera además de diversas especies de plantas acuáticas flotantes (Fundación Centro de los Bosques Nativos FORECOS, 2019). La Tabla 4, muestra a comunidad de macrófitas acuáticas que ha sido descrita para el sector lagunas de Santo Domingo. La información taxonómica sobre las especies, forma de vida y origen ha sido recogida del trabajo de Ramírez & Álvarez (2012).

Tabla 4. Composición taxonómica, forma de crecimiento y origen de la diversidad de macrófitas acuáticas presentes en el Humedal Santo Domingo.

| Nombre científico | Nombre común | Familia | Forma de vida | Origen |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|-------------|
| <i>Alisma plantago-aquatica</i> | Llantén de agua | Alismataceae | Helófito herbácea | Introducida |
| <i>Blechnum chilense</i> | Helecho costilla de vaca | Blechnaceae | Helófito herbácea | Nativa |
| <i>Callitriche palustris</i> | Estrella de agua | Callitrichaceae | Helófito herbácea | Introducida |
| <i>Cyperus eragrostis</i> | Cortadera | Cyperaceae | Helófito herbácea | Nativa |
| <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> | Hierba de la plata | Araliaceae | Helófito herbácea | Introducida |
| <i>Juncus balticus</i> | Junquillo | Juncaceae | Emergida | Introducida |
| <i>Juncus microcephalus</i> | Junquillo grande | Juncaceae | Emergida | Nativa |
| <i>Juncus procerus</i> | Junquillo rojo | Juncaceae | Emergida | Nativa |
| <i>Ludwigia peploides</i> | Clavito de agua | Onagraceae | Natante | Introducida |
| <i>Myriophyllum aquaticum</i> | Pinito de agua | Haloragaceae | Sumergida arraigada | Nativa |
| <i>Polygonum hydropiperoides</i> | Duraznillo de agua | Polygonaceae | Helófito herbácea | Introducida |
| <i>Potamogeton linguatus</i> | Huiro, Auirunque | Potamogetonaceae | Sumergida arraigada | Nativa |
| <i>Schoenoplectus californicus</i> | Totora | Cyperaceae | Emergida | Nativa |
| <i>Utricularia gibba</i> | Bolsita de agua | Lentibulariaceae | Sumergida arraigada | Nativa |

Fuente: UACH, 2019

Conclusiones

- En el Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios, se han registrado 21 especies de macrófitas acuáticas, de las cuales 12 corresponden a especies nativas y 9 a especies introducidas. En términos generales, el Luchecillo (*Egeria densa*) ha sido la especie dominante.
- En el humedal lagunas de Santo Domingo, se han registrado 14 especies, 8 nativas y 6 introducidas. En términos generales, la Totora (*Scirpus californicus*) ha sido la especie dominante.

iv) Ictiofauna de riberas

Los humedales se encuentran entre los lugares con mayor biodiversidad del planeta y en conjunto con ríos y lagos no cubren más del 1 % de la superficie total del mismo. Sin embargo, y pese a su escasa representación superficial, estos ambientes son capaces de albergar a la mitad de la totalidad de especies de peces del mundo (ca., 51%) (Zhongming *et al.*, 2021). Dentro de sus funciones, los peces de agua dulce desempeñan un importante rol como bioindicadores de la salud de los cuerpos de agua con tan solo registrar su

presencia y abundancias específicas locales. Es decir, si los ecosistemas de agua dulce se encuentran en un avanzado estado de deterioro ambiental, estos no podrían ser capaces de mantener a una población de peces normal, evidenciando a la vez que su condición tampoco será apta para los servicios ecosistémicos asociados a la población local (Aguilar, 2005). Por esta razón a nivel global, los peces han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países (Aguilar, 2005; Velázquez-Velázquez & Vega - Candejas, 2004) y han sido considerados como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad de preservar la calidad de ríos, lagos y humedales (Cowx & Collares Pereira, 2002). Debido a lo anterior, la caracterización de la ictiofauna de cualquier cuerpo acuático es importante, porque la misma es una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (Boulton, 1999) y puede ser utilizada en la confección de índices de la calidad del medio acuático (*e.g.*, Soto Galera *et al.*, 1998; McDowall & Taylor, 2000; Oberdorff *et al.*, 2002), para identificar diversos niveles de degradación ambiental (Scott & Hall, 1997; Wichert & Rapport, 1998), así como para definir también el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos intervenidos (Paller *et al.*, 2000).

Para los humedales de interés, se recopiló información sobre un total de seis sitios: dos correspondientes al sector acceso vial Norte a la ciudad de Valdivia y ubicados en los ríos Pichoy y Cayumapu (incluidos en el Santuario de la Naturaleza del río Cruces y Chorocamayo) y cuatro en el sector acceso vial Sur (sitios Las Gaviotas, Angachilla interior, Piedra Blanca y Estero Pichi, todo parte del Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla) (Fig. 15).

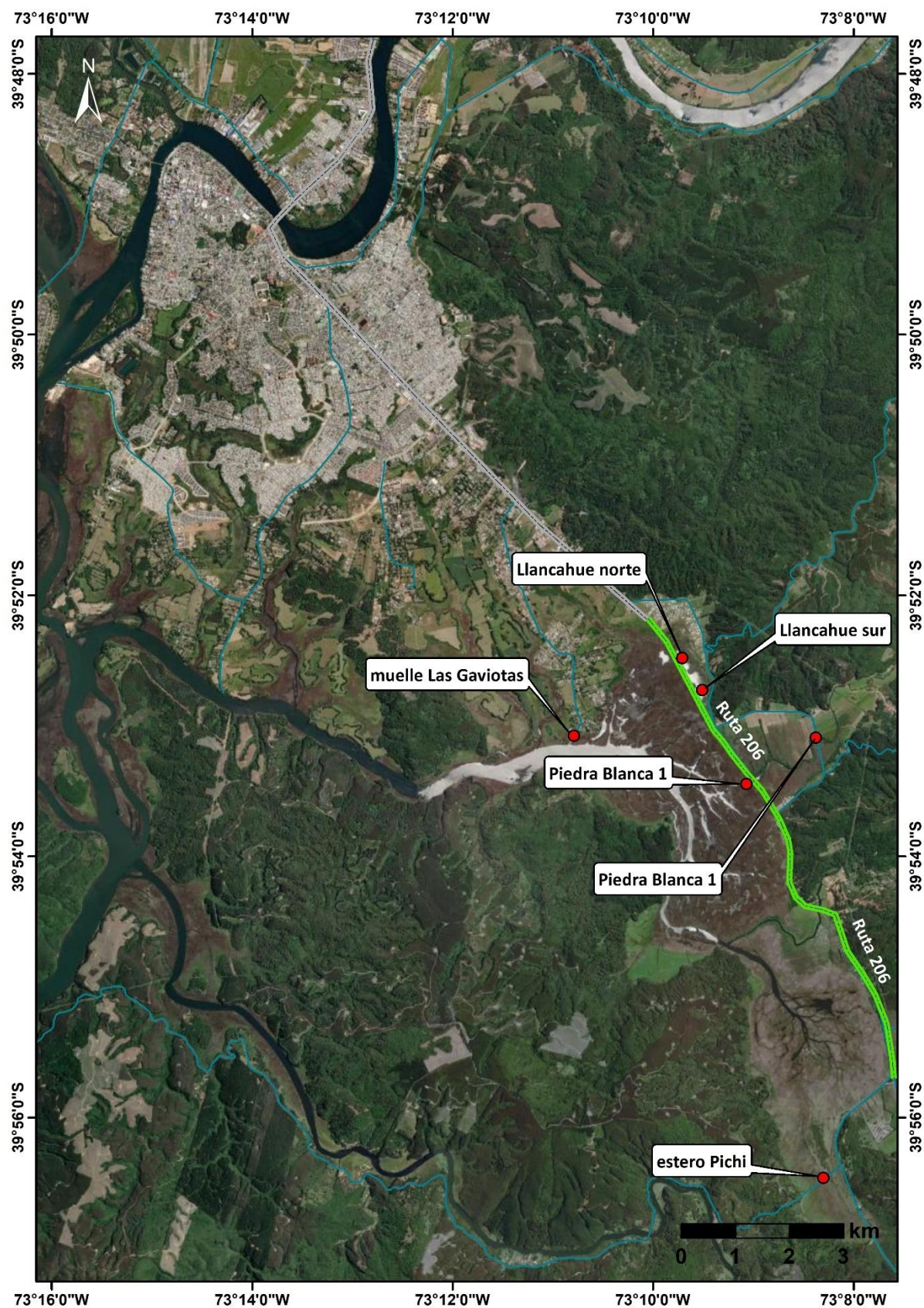


Figura 15. Distribución espacial de las estaciones (círculos rojos) donde se ha estudiado la ictiofauna de riberas en el área de estudio.

El análisis de los registros recopilados durante las campañas de otoño y primavera del período 2014 - 2018 (Programas de Diagnóstico y Monitoreo Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios e Informe Final Catastro de Humedales Urbanos Valdivia), muestra un total de 4 y 8 especies en los santuarios río Cruces y Chorocamayo y Humedalesde Angachilla, respectivamente. En conjunto, seis de esas especies son nativas y dos introducidas; en la Tabla 5 se indican sus respectivos estados de conservación según El Registro de Conservación de Especies Silvestres (MMA), Libro Rojo de los Vertebrados de Chile (CONAF) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Tabla 5. Listado de especies recopiladas dentro de las seis estaciones utilizadas en este estudio y sus respectivos estados de conservación según el Registro de Conservación de Especies Silvestres (MMA), Libro Rojo de los Vertebrados de Chile (CONAF) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

| Especies nativas | | Estados de conservación según: | | |
|---|------------------------|--|--|--|
| Nombre científico | Nombre común | Registro de Conservación de Especies Silvestres (RCE) – MMA, Chile | Libro Rojo de los Vertebrados de Chile (CONAF) | Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) |
| <i>Galaxias maculatus</i> (Jenyns, 1842)* | Puye, Puyi, Puyen | Fuera de Peligro | Vulnerable | No incluida |
| <i>Basilichthys australis</i> (Eigenmann, 1928) | Pejerrey chileno | Fuera de Peligro | Amenazada | Casi Amenazada |
| <i>Percichthys trucha</i> (Valenciennes, 1833)* | Perca trucha | Vulnerable | Vulnerable | Datos insuficientes |
| <i>Percilia gillissi</i> (Girar, 1855) | Carmelita, Coloradita | En peligro | Vulnerable | Datos insuficientes |
| <i>Cheirodon australe</i> (Eigenmann, 1928)* | Pocha, Pocha del sur | Vulnerable | Vulnerable | Datos insuficientes |
| <i>Geotria australis</i> (Gray, 1851) | Lamprea de bolsa | Fuera de peligro | Amenazada | No evaluada |
| Especies introducidas | | | | |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Smith & Stearley, 1989) | Trucha arcoíris | No evaluada | No evaluada | Especie invasora - dañina |
| <i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859)* | Gambusia, Pez mosquito | No evaluada | No evaluada | Preocupación menor |

*Especies registradas en otoño y primavera de los años 2014 y 2018 en sector acceso vial Norte a la ciudad de Valdivia (ríos Pichoy y Cayumapu).

Año 2014

Durante el otoño del año 2014 se estimó un promedio de 3 y 2 especies en Pichoy y Cayumapu, a la vez que en Las Gaviotas no se detectó ictiofauna (Fig. 16). Por el contrario, durante la primavera del año 2014, se detectó un promedio de 1 especie en los ríos del

acceso Norte a Valdivia y un promedio de 2 especies en el sitio del acceso Sur a Valdivia (Las Gaviotas) (Fig. 16).

En relación a las abundancias totales de ictiofauna por sectores, la Figura 16 muestra que durante el otoño 2014 y en los ríos Pichoy y Cayumapu, las abundancias de la ictiofauna de riberas fueron 3-4 veces más altas que durante la primavera del mismo año (Fig. 16).

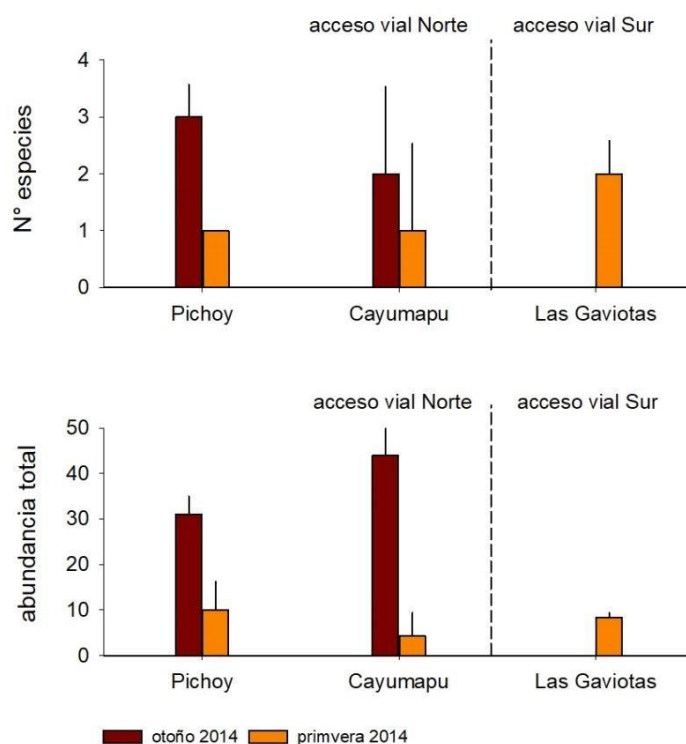


Figura 16. Valores promedio + 1 desviación estándar (n= 3 réplicas) del número de especies y abundancias de peces registradas por sectores y abundancia total de individuos durante el año 2014 (UACH, 2015).

La especie más abundante en los tres sitios muestreados durante el año 2014, fue la especie nativa Puye (*Galaxias maculatus*) seguida por la especie introducida Gambusia o Pez mosquito (*Gambusia holbrooki*) (Tabla 6).

Tabla 6. Promedio (n=3) de la abundancia numérica de los peces recolectados en las riberas de las estaciones de muestreo correspondientes a las campañas de otoño y primavera de 2014.

| Especies | Pichoy | | Cayumapu | | Las Gaviotas | |
|---------------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|-----------|
| | Otoño | Primavera | Otoño | Primavera | Otoño | Primavera |
| <i>Galaxias maculatus</i> | 11,3 | 10,0 | 10,0 | 1,7 | | 7,2 |
| <i>Percichthys trucha</i> | 0,7 | | | | | |
| <i>Gambusia holbrooki</i> | 19,0 | | 34,3 | | | 0,7 |

Fuente: UACH, 2015

Año 2018

La data recopilada durante el año 2018 en cuanto a ictiofauna de riberas del área de estudio, muestra que en general se detectó un mayor número de especies y abundancia de peces de riberas, durante la campaña de otoño y en los ríos Pichoy y Cayumapu (acceso Norte a Valdivia) (Fig. 17).

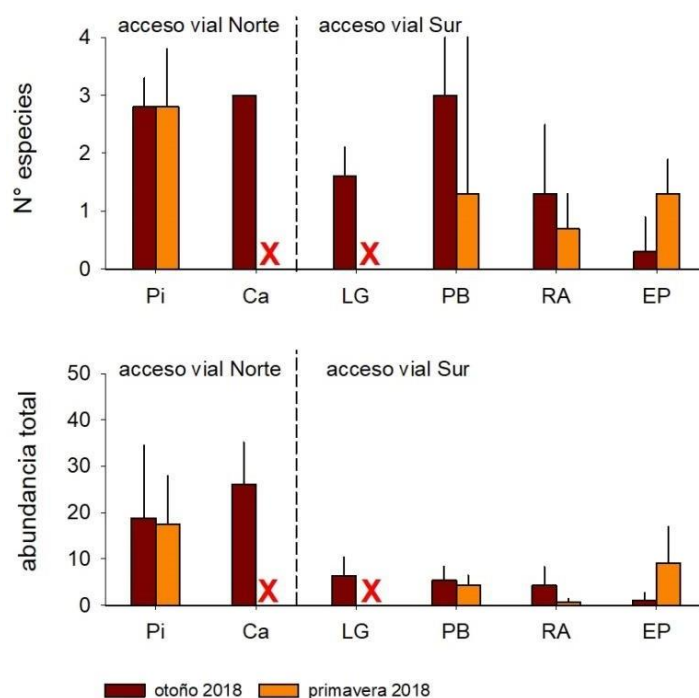


Figura 17. Valores promedio + 1 desviación estándar (n= 3 réplicas) del número de especies y abundancias de peces registradas por sectores y abundancia total de individuos durante el año 2018 (data tomada de Informe Programa de Monitoreo Ambiental del río Cruces y sus ríos Tributarios (2020) e Informe Final Catastro de Humedales Urbanos Valdivia (2019)). Las siglas corresponden a: Pichoy (Pi), Cayumapu (Ca), Las Gaviotas (LG), Piedra Blanca (PB), Río Angachilla interior (RA) y Estero Pichi (EP).

La representatividad más alta por especies en Pichoy y Cayumapu (HRC) y para el año 2018 estuvo dada por las especies nativas Puye (*Galaxias maculatus*) y Pocha (*Cheirodon australe*) y por la especie introducida Pez mosquito (*Gambusia holbrooki*) (Tabla 8). En términos generales, el Puye fue también la especie más abundante en los sitios examinados el año 2018 en el sector lagunas de Santo Domingo (Tabla 7).

Tabla 7. Promedios (n=3) de abundancias numéricas de los peces colectados en las riberas de las estaciones de muestreo correspondientes a las campañas de otoño y primavera de 2018 (data tomada de Informe Programa de Monitoreo Ambiental del río Cruces y sus ríos Tributarios (2020) e Informe Final Catastro de Humedales Urbanos Valdivia (2019)). Las siglas corresponden a: Pichoy (Pi), Cayumapu (Ca), Las Gaviotas (LG), Río Angachilla interior (RA), Piedra Blanca (PB) y Estero Pichi (EP). O = otoño, P = primavera, sd = sin datos.

| Especies | Pi | | Ca | | LG | | RA | | PB | | EP | |
|---------------------|------|-----|------|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | O | P | O | O | O | P | O | P | O | P | O | P |
| <i>G. maculatus</i> | 4,0 | 7,5 | 10,5 | sd | 2,0 | sd | 3,3 | | 2,0 | 3,3 | | 2,0 |
| <i>P. trucha</i> | | | | sd | | sd | | | 1,3 | 1,0 | | |
| <i>Ch. australe</i> | 4,3 | 7,0 | 7,0 | sd | 4,3 | sd | | | | | | |
| <i>P. gillissi</i> | | | | sd | | sd | | 0,7 | | | | |
| <i>G. australis</i> | | | | sd | | sd | | | | | 1,0 | |
| <i>B. australis</i> | | | | sd | | sd | | | | | | 6,6 |
| <i>O. mykiss</i> | | | | sd | | sd | | | 1,6 | | | |
| <i>G. holbrooki</i> | 14,0 | 4,0 | 8,5 | sd | | sd | 1,0 | | 0,4 | | | |

Conclusiones

- En la actualidad y en ambos santuarios de la naturaleza, ocurren tres especies características de ecosistemas lénticos, como son las especies nativas Puye (*Galaxias maculatus*) y Pocha (*Cheirodon australe*) y la especie introducida Pez mosquito (*Gambusia holbrooki*).
- El pez de mayor distribución y abundancia dentro del área estudiada, es el Puye (*Galaxias maculatus*).
- Cuatro de las especies nativas del área de estudio están en un estado de conservación que corresponde a la categoría Vulnerable y dos en la categoría Amenazada.

v) Herpetofauna

Antecedentes

Desde el punto de vista ecosistémico, los anfibios anuros (ranas y sapos) y los reptiles (lagartos, serpientes y tortugas) son de especial interés debido a su gran sensibilidad a pequeños cambios ambientales. Esta particularidad los convierte en una herramienta de primer orden a la hora de valorar la dimensión de las transformaciones y perturbaciones ambientales. En efecto, la contaminación ambiental, la destrucción de hábitats, la introducción de especies exóticas y enfermedades emergentes asociadas al cambio global, están dando cuenta de una gran regresión poblacional a nivel mundial de estos animales (Baillie *et al.*, 2004; Grant *et al.*, 2016; Kueneman *et al.*, 2019). De este modo, las evidencias de lo nocivo que para estos grupos animales representan las modificaciones físico-químicas y ambientales asociadas a actividades de origen antrópico (sobre todo del medio acuático), justifican su uso como herramienta de gran utilidad tanto para la ciencia, como para monitorear el medio ambiente (Hopkins, 2007) y además sensibilizar a la sociedad sobre problemáticas ambientales.

La Provincia de Valdivia, región de Los Ríos, es una de las áreas particularmente importantes para los anfibios nativos debido a la diversidad de especies existentes, siendo algunos de ellos endémicos de esta zona. Así mismo, cerca del 30% de las especies que habitan en la provincia han sido catalogadas bajo los estados de conservación que van desde Casi Amenazado hasta En Peligro Crítico (Tabla 8). En relación a lo anterior, dentro de esta región la mayor parte de los anfibios está bajo algún grado de amenaza por presiones tales como la pérdida o degradación de hábitat (*e.g.*, expansión urbana, caminos y drenado de humedales), enfermedades infecciosas, actividades agro-forestales (*e.g.*, plantaciones de especies no nativas) e introducción de especies exóticas tales como la tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*) y el jabalí (*Sus scrofa scrofa*).

Por otra parte, existe la paradoja de que, a pesar de ser un grupo de animales con un porcentaje alto de especies amenazadas, hay un aumento constante en el número de especies descritas (Instituto de Asuntos Públicos, 2017). Chile no ha permanecido ajeno a estas tendencias. Desde el año 2000, se han descrito, revalidado o reportado para el país 13 especies de anfibios, lo cual corresponde a algo más del 22% de las reconocidas en las revisiones más recientes (Vidal & Labra, 2008; Ortiz & Heatwole, 2010; Correa *et al.*, 2016).

Resultados

En la elaboración del presente documento, se procedió a elaborar una lista inicial de especies de anfibios y reptiles de la región de Los Ríos (Tablas 8 y 9) y las especies potenciales

de ser registradas en el área de influencia del estudio. Esta lista de especies potenciales se elaboró en base a la revisión bibliográfica y áreas de distribución conocidas por los especialistas.

Diversidad de anfibios y reptiles de la región de Los Ríos

La región de los Ríos está situada dentro del rango latitudinal considerado con mayor diversidad de anfibios en Chile (Vidal & Labra, 2008). El conocimiento de la riqueza de especies de anfibios en esta región proviene de trabajos realizados por Formas (1995), Méndez *et al.*, (2005), Rabanal y Núñez (2012), Núñez *et al.*, (2019) y Núñez *et al.*, (2021). También fueron utilizados para la presente revisión bibliográfica los informes del Programa de Diagnóstico Ambiental (2014), informes del Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (UACH, 2020), Estudio Línea Base Catastro Humedales de la Comuna de Valdivia (Ilustre Municipalidad de Valdivia, 2019).

Hasta la fecha se ha registrado un total de 19 especies de anfibios anuros (Tabla 8), aproximadamente el 32% de la diversidad nacional de anfibios, 15 de las cuales habitan en la Cordillera de la Costa de Valdivia y cinco de éstas son endémicas de esta cordillera: *Alsodes nora*, *Alsodes valdiviensis*, *Eupsophus altor*, *Eupsophus migueli* e *Insuetophrynus acarpicus* (Tabla 9). Por su parte, también ha sido descrita la fauna de anfibios en algunos humedales de la región, incluyendo humedales urbanos.

Con respecto a los reptiles, sólo se han reportado cuatro especies nativas en la región (Vidal & Labra, 2008). La baja riqueza se debe a las condiciones climáticas de esta zona, lo que contrasta con la alta diversidad de la zona norte del país, además de la existencia de barreras físicas tales como la Cordillera de los Andes. Los reptiles se dividen en dos géneros de lagartos, *Liolaemus* y *Pristidactylus* y uno de colúbridos, *Tachymenis* (Tabla 9).

Tabla 8. Listado de especies de anfibios que habitan en la región de Los Ríos, distribución y su estado de conservación. Los estados de conservación (EC) según Criterios de Ley de Caza (F: fuera de peligro, V: vulnerable, R: rara, NE: No Evaluado) sobre la diagonal y UICN (DD: Información Insuficiente, LC: Preocupación Menor, NT, Cercana a Peligro, VU: Vulnerable, CR: Peligro Crítico) bajo la diagonal. Los endemismos se señalan de acuerdo a su distribución en la región o país.

| Familia | Especie | Nombre común | Distribución en Chile | EC | Endemismo |
|---------------|-------------------------------|--------------------------------------|---|-------|-----------------------------------|
| Alsodidae | <i>Alsodes nora</i> | Rana de pecho espinoso de Nora | Cerro Oncol, Cordillera de la Costa de Valdivia, Región de los Ríos | NE/DD | Endémica de la Región de Los Ríos |
| Alsodidae | <i>Alsodes valdiviensis</i> | Rana de pecho espinoso de Valdivia | Cerro Mirador, Cordillera Pelada, Región de Los Ríos | NE/DD | Endémica de la Región de Los Ríos |
| Alsodidae | <i>Eupsophus altor</i> | Rana de hojarasca de Oncol | Cordillera de la Costa de Valdivia, Región de los Ríos | NE/DD | Endémica de la Región de Los Ríos |
| Alsodidae | <i>Eupsophus calcaratus</i> | Rana de hojarasca austral | Desde Reumén Región de Los Ríos hasta Isla Wellington, Región de Magallanes | F/LC | Endémica de Chile y Argentina |
| Alsodidae | <i>Eupsophus migueli</i> | Rana de hojarasca de Mehuín | Mehuín y Queule, Región de Los Ríos | NE/CR | Endémica de la Región de Los Ríos |
| Alsodidae | <i>Eupsophus emiliopugini</i> | Rana de hojarasca de párpados verdes | Desde Cordillera Pelada, Región de Los Ríos, hasta Isla Rivero, Región de Aysén | F/LC | Endémica de Chile y Argentina |
| Alsodidae | <i>Eupsophus roseus</i> | Rana rosácea de hojarasca | Desde Cautín, Región de la Araucanía, hasta Valdivia, Región de Los Ríos | V/NT | Endémica de Chile |
| Alsodidae | <i>Eupsophus vertebralis</i> | Rana grande de hojarasca | Desde Ramadillas, Región del Bio Bio, hasta Llancahue, Región de Los Ríos | V/NT | Endémica de Chile |
| Batrachylidae | <i>Batrachyla leptopus</i> | Rana moteada | Desde Los Queules, Región del Bio Bio, Puerto Aysén, Región de Aysén | F/LC | Endémica de Chile y Argentina |

| | | | | | |
|----------------------|---------------------------------|----------------------------|--|-------|-----------------------------------|
| Batrachylidae | <i>Batrachyla taeniata</i> | Rana de antifaz | Desde Valparaíso hasta la Región de Aysén | F/LC | Endémica de Chile y Argentina |
| Batrachylidae | <i>Batrachyla antartandica</i> | Rana jaspeada | Desde Mehuín, Región de Los Ríos a Isla Wellington, Región de Aysén | F/LC | Endémica de Chile y Argentina |
| Batrachylidae | <i>Hylorina sylvatica</i> | Rana esmeralda | Desde Mehuín hasta Isla Wellington | R/LC | Endémica de Chile y Argentina |
| Calyptocephalellidae | <i>Calyptocephalella gayi</i> | Rana grande chilena | Desde la Región de Coquimbo, hasta la Región de Los Lagos | V/VU | Endémica de Chile |
| Calyptocephalellidae | <i>Telmatobufo australis</i> | Rana montana de dos líneas | Desde Mehuín, región de Los Ríos, hasta Rupanco, Región de Los Lagos | NE/VU | Endémica de Chile |
| Leptodactylidae | <i>Pleurodema thaul</i> | Rana de cuatro ojos | Desde Antofagasta hasta Aysén | F/LC | Endémica de Chile y Argentina |
| Rhinodermatidae | <i>Rhinoderma darwinii</i> | Rana de Darwin | Desde Concepción, Región del Bio Bio, hasta Aysén, Región de Aysén | V/VU | Endémica de Chile y Argentina |
| Rhinodermatidae | <i>Insuetophrynus acarpicus</i> | Rana verde de Mehuín | Mehuín y Colehual Alto, Región de Los Ríos. | P/CR | Endémica de la Región de Los Ríos |

Tabla 9. Especies de reptiles presentes en la región de los Ríos y los estados de Conservación de acuerdo a lo indicado en la Tabla 8.

| Familia | Especie | Nombre común | Distribución en Chile | EC | Endemismo | | | |
|--------------|---------------------------------|---------------------------|---|------|-------------------|----|-------|-------------|
| Liolaemidae | <i>Liolaemus pictus</i> | Lagartija pintada | Desde Chillán, Región del Bio Bio, hasta Puerto Raúl Marín Balmaceda, Región de Aysén | F/LC | Endémica | de | Chile | y Argentina |
| Liolaemidae | <i>Liolaemus cyanogaster</i> | Lagartija de vientre azul | Desde Los Queules, Región del Bio Bio hasta Chiloé, región de Los Lagos. | F/LC | Endémica | de | Chile | y Argentina |
| Liolaemidae | <i>Liolaemus tenuis</i> | Lagartija esbelta | Desde Región de Coquimbo a Región de Los Lagos. | F/LC | Endémica de Chile | | | |
| Leiosauridae | <i>Pristidactylus torquatus</i> | Lagarto llorón del Sur | Desde Chillán, Región del Bio Bio hasta Puerto Montt, Región de Los Lagos | F/LC | Endémica de Chile | | | |
| Colubridae | <i>Tachymenis chilensis</i> | Culebra de cola corta | Desde Antofagasta hasta Chiloé | F/LC | Endémica | de | Chile | y Argentina |

Diversidad de anfibios y reptiles en sectores aledaños a Rutas 202 y 206

Sectores aledaños a la Ruta 202

La riqueza de especies en áreas aledañas a los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo (Fig. 18), corresponden a seis taxa (Tabla 10). Las abundancias determinadas desde 2014 a 2020 (dos muestreos anuales de acuerdo con el Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (UACH, 2020)) señalan que la especie con mayor abundancia corresponde a *Batrachyla taeniata*, seguida de *Calyptocephalella gayi*, mientras que la menos abundante es *Eupsophus vertebralis*. A su vez, la diversidad de reptiles es de tres especies, dos de lagartos y una serpiente, siendo la más abundante *Liolaemus cyanogaster* y la menos abundante la culebra de cola corta, *Tachymenis chilensis* (Tabla 11).

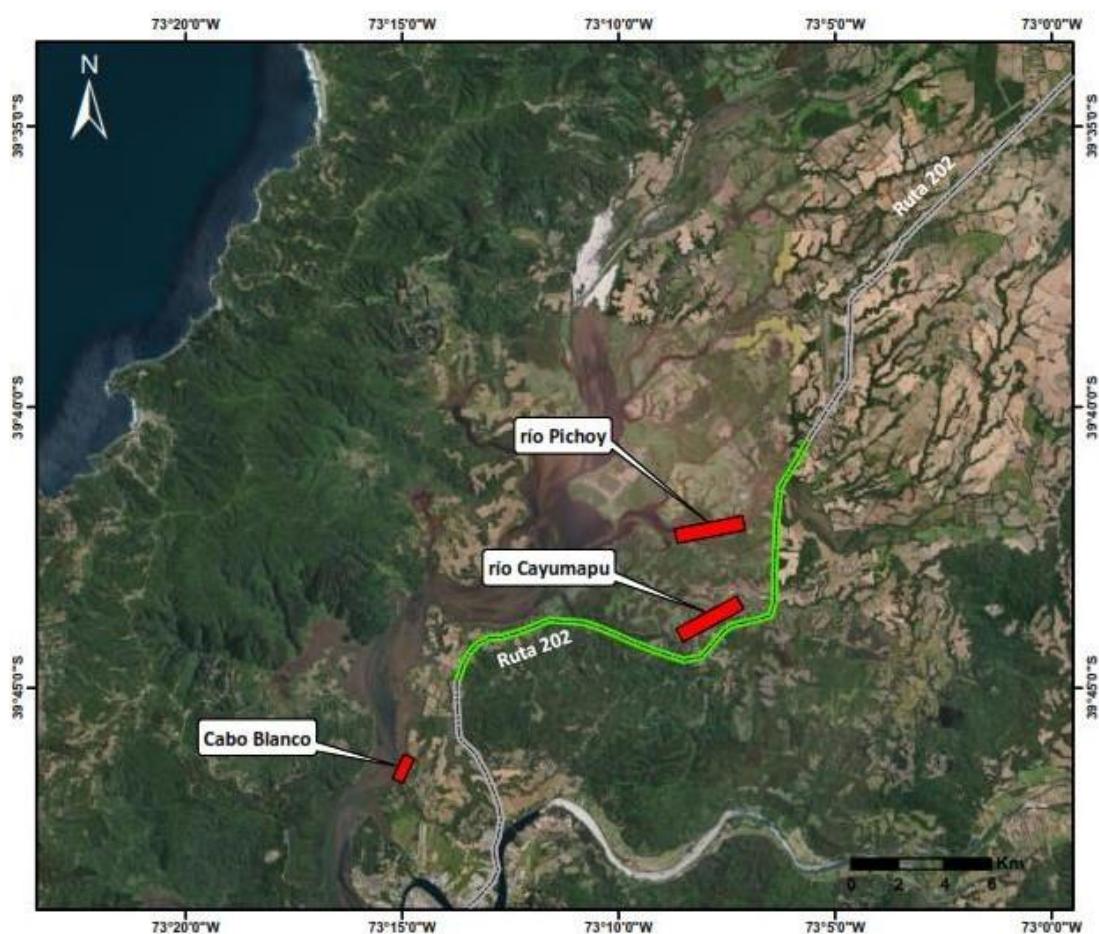


Figura 18. Distribución espacial de los sectores (rectángulos rojos) donde se ha estudiado la herpetofauna en humedales aledaños a la Ruta 202.

Tabla 10. Riqueza y abundancia de anfibios en áreas aledañas a los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo.

| Especie | Nombre común | Total de individuos |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------|
| <i>Batrachyla leptopus</i> | Rana moteada | 15 |
| <i>Batrachyla taeniata</i> | Rana de antifaz | 218 |
| <i>Calyptocephalella gayi</i> | Rana grande chilena | 86 |
| <i>Eupsophus roseus</i> | Rana rosácea de hojarasca | 12 |
| <i>Eupsophus vertebralis</i> | Rana grande de hojarasca | 4 |
| <i>Pleurodema thaul</i> | Rana de cuatro ojos | 25 |

Fuente: Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (UACH, 2020)

Tabla 11. Riqueza y abundancia de reptiles en áreas aledañas a los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo.

| Especie | Abundancia |
|------------------------------|------------|
| <i>Liolaemus cyanogaster</i> | 20 |
| <i>Liolaemus pictus</i> | 2 |
| <i>Tachymenis chilensis</i> | 1 |

Fuente: Programa de Monitoreo Ambiental del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (UACH, 2020)

Sectores aledaños a la Ruta 206

Las especies de anfibios presentes en el Santuario Humedales de Angachilla, sector lagunas de Santo Domingo y aledaño a la ruta de ingreso sur desde Paillaco a Valdivia) (Fig. 19), corresponden a cuatro especies de anfibios y una especie de reptil, *Liolaemus pictus* (Tabla 12).

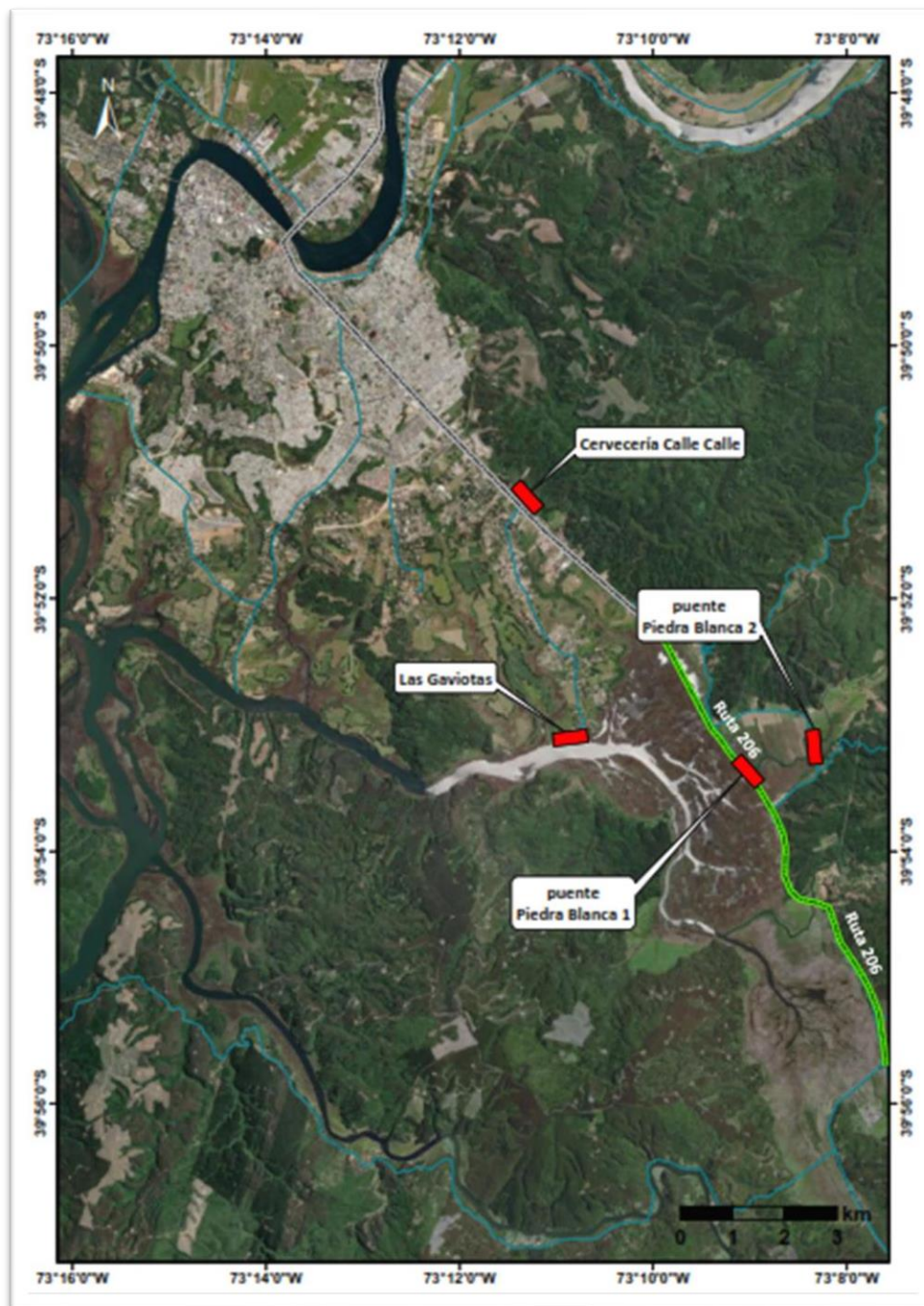


Figura 19. Distribución espacial de los sectores (rectángulos rojos) donde se ha estudiado la herpetofauna en humedales aledaños a la Ruta 206.

Tabla 12. Tabla resumen de los anfibios y reptiles prospectados durante muestreos de invierno y verano en el Santuario Humedales de Angachilla, sector lagunas de Santo Domingo.

| Especie | Abundancia |
|-------------------------------|-------------------|
| <i>Batrachyla taeniata</i> | 20 |
| <i>Eupsophus roseus</i> | 1 |
| <i>Pleurodema thaul</i> | 7 |
| <i>Calyptocephalella gayi</i> | 3 |
| <i>Liolaemus pictus</i> | 6 |

Fuente: Estudio Línea Base Catastro Humedales de la comuna de Valdivia (Ilustre Municipalidad de Valdivia, 2019)

Conclusiones

- Las observaciones generales de los sectores prospectados en los humedales aledaños a las Rutas 202 y 206, indican una fuerte intervención humana en riberas caminables o que colindan con predios privados. Esto se observa en: 1) el despeje de la flora para abrir caminos y/o pasos entre predios y, 2) el relleno de los bordes de los humedales con escombros y/o materia orgánica, pese a las advertencias de las señaléticas municipales. Estos rellenos se realizan en general con el objeto de facilitar el tránsito de personas y construir inmuebles.
- Los eventuales refugios para anfibios anuros en los sitios prospectados cercanos al Santuario Humedales de Angachilla fueron muy pocos. Esto debido principalmente al uso que les dan los lugareños a los bordes del humedal (por ejemplo, mantención animales domésticos). Otro aspecto a considerar es que gran parte de estas zonas son sitios de constante inundación mareal, donde troncos o palos que podrían servir de refugio para los anfibios son arrastrados por las mismas mareas.
- De las especies de anfibios encontradas en Santuario Humedales de Angachilla, *Batrachyla taeniata* y *Pleurodema thaul* son comunes de hallar en sectores aledaños a la ciudad o con intervención antrópica, debido a que son menos sensibles a las perturbaciones ambientales, en especial *Pleurodema thaul*. Por el contrario, sorprende el hallazgo de *Eupsophus roseus*, dadas las condiciones en las que encontramos el humedal (altos niveles de contaminación y escasos refugios).

vi) Avifauna acuática y de pajonales

Una gran biodiversidad de aves encuentra refugio, alimento, zonas de reproducción y nidificación en los ecosistemas de humedales (CONAF & Universidad de Chile, 2016), los cuales además tienen un importante impacto evolutivo en sus estrategias de vida (Weller,

1999). En consecuencia, este tipo de hábitats representan sitios prioritarios para la conservación de la avifauna a nivel mundial, siendo la diversidad y abundancia de aves un criterio relevante para la designación de humedales Ramsar (Ramsar, 1971).

Un ave acuática va a ser definida como aquella que habita en ambientes acuáticos, tanto marinos como dulceacuícolas, para lo cual ha desarrollado una serie de adaptaciones fisiológicas y morfológicas que le permiten vivir en este tipo de ecosistemas. Las aves que habitan los humedales son extremadamente diversas, en el caso de la avifauna acuática de Chile, esta se caracteriza por una relativa diversidad y una amplia heterogeneidad de hábitat. Las diferencias geográficas y climáticas del territorio nacional determinan la estructura del ensamble de aves presente, donde se pueden encontrar comunidades que utilizan solo un hábitat en particular, especies menos selectivas y generalistas, y especies migratorias o visitantes estacionales (Schlatter & Sielfeld, 2006). Con respecto a la singularidad y fragilidad de la avifauna acuática, los ecosistemas de humedales logran albergar en áreas reducidas una alta riqueza, la que en gran parte corresponde a aves altamente especializadas y sensibles a los cambios ambientales (Victoriano *et al.*, 2016).

Del total de la avifauna presente en Chile, se han descrito 132 especies que habitan en ecosistemas acuáticos interiores, incluyendo zonas de transición como estuarios y marismas. Esta diversidad se distribuye en 10 órdenes distintos, entre estos, los que presentan mayor representación son el orden de los Charadriiformes (gaviotas, playeros y becacas) con 51 especies, seguido del orden de los Anseriformes (patos y cisnes) con 29 especies y el orden de los Ciconiiformes (garzas y bandurrias) con 18 especies. También destaca el orden de los Passeriformes, que, si bien solo exhibe 9 especies, estas pertenecen a 7 géneros con diferentes atributos ecológicos y usos de hábitats. Con relación al estatus de permanencia en Chile, 91 especies de aves son consideradas residentes, mientras que 13 de las especies han sido identificadas como migratorias y son visitantes estacionales durante la época de primavera y verano (Victoriano *et al.*, 2016).

La importancia de la avifauna como bioindicador del estado de salud de los humedales radica en que la estructura del ensamble de aves se relaciona directamente a la disponibilidad de alimento y disponibilidad de hábitat específico para la reproducción. Por lo tanto, cualquier factor que perjudique estos requerimientos se verá reflejado como cambios en la abundancia de una o varias especies de aves del humedal (CONAF & Universidad de Chile, 2016).

Para efectos de este trabajo, se consideran como aves acuáticas a las especies relacionadas estrechamente con el espejo de agua de los humedales, mientras que las aves

de pajonales están asociadas a las formaciones vegetales de las riberas y se aprecian como comunidades especialistas que solo habitan en totorales, juncos y vegetación palustre (UACH, 2019).

Resultados

Santuario de la Naturaleza río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter

Este humedal alberga aproximadamente el 75% de las especies de aves residentes de la zona y además, representa un sitio de importancia para las aves migratorias neárticas que buscan refugio o alimento como el zarapito de pico curvo (*Numenius phaeopus*). Por su parte, muchas especies locales de aves acuáticas, aves playeras y aves de pajonal se reproducen en el lugar y son altamente valoradas por la población, como lo es el caso del reconocido cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) (Wildlife Conservation Society Chile, 2019).

La Tabla 13 muestra el ensamble de aves acuáticas que ha sido descrita para el Humedal del río Cruces en el “Informe de Monitoreo de Avifauna: 5 julio 2021” (CONAF, 2021). La información taxonómica sobre las especies, estatus en Chile y estado de conservación ha sido recogida del trabajo de Camaño & Fariña (2012).

Tabla 13. Composición taxonómica del ensamble de aves acuáticas encontradas en el Santuario de la Naturaleza río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter.

| Orden | Nombre científico | Nombre común | Estatus en Chile | Estado de conservación |
|------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|
| Anseriformes | <i>Cygnus melancoryphus</i> | Cisne de cuello negro | Residente | LC* |
| | <i>Anas sibilatrix</i> | Pato real | Residente | LC |
| | <i>Anas georgica</i> | Pato jergón grande | Residente | LC |
| | <i>Anas flavirostris</i> | Pato jergón chico | Residente | LC |
| Ciconiiformes | <i>Ardea cocoi</i> | Garza cuca | Residente | LC |
| | <i>Ardea alba</i> | Garza grande | Residente | LC |
| | <i>Egretta thula</i> | Garza chica | Residente | LC |
| Gruiformes | <i>Fulica armillata</i> | Tagua común | Residente | LC |
| | <i>Fulica leucoptera</i> | Tagua chica | Residente | LC |
| | <i>Fulica rufifrons</i> | Tagua de frente roja | Residente | LC |
| Podicipediformes | <i>Rollandia rolland</i> | Pimpollo | Residente | LC |
| | <i>Podiceps occipitalis</i> | Huala | Residente | LC |
| | <i>Podilymbus podiceps</i> | Picuruio | Residente | LC |
| Suliformes | <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | Cormorán yeco | Residente | LC |
| Charadriiformes | <i>Larus maculipennis</i> | Gaviota cahuil | Residente | LC |
| | <i>Numenius phaeopus</i> | Zarapito pico curvo | Migratoria | LC |

* LC = preocupación menor Fuente: CONAF, 2021

La Tabla 14 muestra el ensamble de aves de pajonales que ha sido descrita para este humedal en el “Programa de Monitoreo Ambiental actualizado del Humedal del río Cruces y sus ríos tributarios: 2015-2020”, específicamente para el sector Isla Teja Norte. Los registros corresponden a capturas estacionales acumuladas (vía uso de redes de niebla) en sectores seleccionados de vegetación palustre y en muestreos realizados durante el período de noviembre del año 2015 a diciembre del 2019. La información taxonómica sobre las especies, estatus en Chile y estado de conservación ha sido recogida del trabajo de Camaño & Fariña (2012).

Tabla 14. Composición taxonómica del ensamble de aves de pajonales encontradas en el Santuario de la Naturaleza río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter, sector Teja Norte.

| Orden | Nombre científico | Nombre común | Estatus en Chile | Estado de conservación |
|----------------|-------------------------------------|----------------------|------------------|------------------------|
| Apodiformes | <i>Sephanoides sephaniodes</i> | Picaflor chico | Residente | LC |
| Ciconiiformes | <i>Ixobrychus involucris</i> | Huairavillo | Residente | LC |
| | <i>Plegadis chihi</i> | Cuervo del pantano | Residente | LC |
| Pelecaniformes | <i>Ixobrychus involucris</i> | Huairavillo | Residente | LC |
| Passeriformes | <i>Agelasticus thilius</i> | Trile | Residente | LC |
| | <i>Anairetes parulus</i> | Cachudito | Residente | LC |
| | <i>Aphrastura spinicauda</i> | Rayadito | Residente | LC |
| | <i>Cistothorus platensis</i> | Chercán de las vegas | Residente | LC |
| | <i>Colorhamphus parvirostris</i> | Viudita | Residente | LC |
| | <i>Elaenia albiceps</i> | Fío-fío | Residente | LC |
| | <i>Eugralla paradoxa</i> | Churrín de la Mocha | Residente | LC |
| | <i>Leptasthenura aegithaloides</i> | Tijeral | Residente | LC |
| | <i>Molothrus bonariensis</i> | Mirlo | Residente | LC |
| | <i>Hymenops perspicillatus</i> | Run-rún | Residente | LC |
| | <i>Phleocryptes melanops</i> | Trabajador | Residente | LC |
| | <i>Pyrope pyrope</i> | Diucón | Residente | LC |
| | <i>Scytalopus magellanicus</i> | Churrín del sur | Residente | LC |
| | <i>Sicalis luteola</i> | Chirihue | Residente | LC |
| | <i>Spinus barbatus</i> | Jilguero | Residente | LC |
| | <i>Sylviorthorhynchus desmursii</i> | Colilarga | Residente | LC |
| | <i>Tachuris rubrigastra</i> | Siete colores | Residente | LC |
| | <i>Troglodytes aedon</i> | Chercán | Residente | LC |
| Strigiformes | <i>Glaucidium nana</i> | Chuncho | Residente | LC |

* LC = preocupación menor Fuente: CONAF, 2021

Humedales de Angachilla, sector lagunas de Santo Domingo

El sistema de humedales de Santo Domingo es uno de los humedales urbanos que presenta una de las mayores riquezas y abundancias de aves, en donde se observan con frecuencia especies de patos, cisnes de cuello negro, zambullidores, y varios tipos de garzas y taguas. Además, se encuentra una diversa comunidad de aves en los pajonales (FORECOS, 2019).

La Tabla 15 muestra el ensamble de aves acuáticas que ha sido descrita en el “Catastro de humedales urbanos de Valdivia” para el Sistema de Humedales de Angachilla, sector lagunas de Santo Domingo (UACH, 2019). Los registros fueron obtenidos de

observaciones acumuladas en muestreos realizados durante el invierno del año 2018 y el otoño del 2019. La información taxonómica sobre las especies, estatus en Chile y estado de conservación ha sido recogida del trabajo de Camaño & Fariña (2012).

Tabla 15. Composición taxonómica del ensamble de aves acuáticas encontradas en el Santuario Humedales de Angachilla, sector lagunas de Santo Domingo.

| Orden | Nombre científico | Nombre común | Estatus en Chile | Estado de conservación |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|
| Anseriformes | <i>Cygnus melancoryphus</i> | Cisne de cuello negro | Residente | LC |
| | <i>Anas sibilatrix</i> | Pato real | Residente | LC |
| | <i>Anas georgica</i> | Pato jergón grande | Residente | LC |
| | <i>Anas flavirostris</i> | Pato jergón chico | Residente | LC |
| Ciconiiformes | <i>Ardea cocoi</i> | Garza cuca | Residente | LC |
| | <i>Ardea alba</i> | Garza grande | Residente | LC |
| | <i>Egretta thula</i> | Garza chica | Residente | LC |
| Gruiformes | <i>Fulica armillata</i> | Tagua común | Residente | LC |
| | <i>Fulica rufifrons</i> | Tagua de frente roja | Residente | LC |
| | <i>Porphyriops melanops</i> | Tagüita | Residente | LC |
| Podicipediformes | <i>Rollandia rolland</i> | Pimpollo | Residente | LC |
| | <i>Podiceps occipitalis</i> | Huala | Residente | LC |
| | <i>Podilymbus podiceps</i> | Picuruio | Residente | LC |

* LC = preocupación menor Fuente: CONAF, 2021

La Tabla 16 muestra el ensamble de aves de pajonales que ha sido descrita para el Sistema de Humedales de Angachilla, sector lagunas de Santo Domingo (UACH, 2019). Los registros fueron obtenidos de capturas acumuladas en muestreos realizados durante el invierno del año 2018 y verano del 2019. La información taxonómica sobre las especies, estatus en Chile y estado de conservación ha sido recogida del trabajo de Camaño & Fariña (2012).

Tabla 16. Composición taxonómica del ensamble de aves de pajonales en encontradas en el Santuario Humedales de Angachilla, sector lagunas de Santo Domingo.

| Orden | Nombre científico | Nombre común | Estatus en Chile | Estado de conservación |
|---------------|-------------------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| Apodiformes | <i>Sephanoides sephaniodes</i> | Picaflor chico | Residente | LC |
| Passeriformes | <i>Anairetes parulus</i> | Cachudito | Residente | LC |
| | <i>Cistothorus platensis</i> | Chercán de las vegas | Residente | LC |
| | <i>Elaenia albiceps</i> | Fío-fío | Residente | LC |
| | <i>Eugralla paradoxa</i> | Churrín de la Mocha | Residente | LC |
| | <i>Hymenops perspicillatus</i> | Run-rún | Residente | LC |
| | <i>Leptasthenura aegithaloides</i> | Tijeral | Residente | LC |
| | <i>Phleocryptes melanops</i> | Trabajador | Residente | LC |
| | <i>Sicalis luteola</i> | Chirihue | Residente | LC |
| | <i>Spinus barbatus</i> | Jilguero | Residente | LC |
| | <i>Sylviorthorhynchus desmursii</i> | Colilarga | Residente | LC |
| | <i>Tachuris rubrigastra</i> | Siete colores | Residente | LC |
| | <i>Tachycineta leucopyga</i> | Golondrina chilena | Residente | LC |
| | <i>Troglodytes aedon</i> | Chercán | Residente | LC |
| | Strigiformes | <i>Glaucidium nana</i> | Chuncho | Residente |

* LC = preocupación menor Fuente: UACH, 2019

Conclusiones

- En el Santuario de la Naturaleza río Cruces y Chorocamayo, Sitio RAMSAR Carlos Anwandter, habita un total de 16 especies de aves acuáticas y 23 de aves de pajonales. Por el contrario, en el Santuario Humedales de Angachilla, sector lagunas de Santo Domingo habitan 13 especies de aves acuáticas y 15 de pajonales. La mayor cantidad de estudios realizados en el primero de estos santuarios de la naturaleza, probablemente explica las diferencias en cuanto a riqueza de especies con el de lagunas de Santo Domingo.
- Respecto al estado de conservación, todas las especies aquí indicadas, están en la categoría LC (Preocupación menor).

6. LÍNEA BASE DE TERRENO

6.1. COMPONENTE BIÓTICO

i) CAMBIOS EN ELEVACIÓN DEL TERRENO POR CICLO SÍSMICO

Introducción

Una cuantificación precisa de la tasa de deformación de la superficie terrestre y sus cambios en el espacio y el tiempo, constituye una información imprescindible para comprender el impacto de los procesos geológicos y tectónicos (*e.g.*, efectos del ciclo sísmico) sobre la estabilidad del suelo y su posible impacto en obras civiles. Actualmente, los datos de geodesia espacial (Sistema de Navegación Global Satelital, en adelante GNSS) permiten de manera precisa, realizar un monitoreo continuo de cambios en el nivel de la superficie terrestre a escala de días a décadas. El GNSS es un sistema de geo localización y geo posicionamiento que utiliza constelaciones de satélites artificiales orbitando alrededor de la tierra para determinar una ubicación en términos de longitud, latitud y altitud con precisión milimétrica.

El sistema GNSS permite determinar coordenadas geográficas de un receptor las 24 horas del día y en todas las situaciones climatológicas. De esta forma, mediante técnicas avanzadas de procesamiento es posible obtener series de tiempo, que cuantifican la posición de una estación de GNSS en cualquier punto de la superficie terrestre en los ejes de coordenadas Este-Oeste, Norte-Sur y vertical, y por lo tanto permiten determinar el sentido y velocidad de su movimiento.

La deformación de la superficie terrestre, ya sea a escala de días o décadas y en una zona de subducción como el margen chileno, es principalmente una respuesta a los procesos relacionados a terremotos (*e.g.*, Bevis & Brown, 2014), los cuales pueden hacer variar tanto lenta como rápidamente el nivel de la superficie. Por ejemplo, zonas alrededor de la ciudad de Valdivia bajaron más de 2 m de manera instantánea durante el terremoto de 1960 (Mw 9.5).

Posteriormente a la ocurrencia de grandes terremotos y durante un período de tiempo que va desde varias décadas o algunos siglos, se acumula energía para un siguiente evento. Este proceso se caracteriza por producir patrones de deformación que son generalmente opuestos a los producidos por los grandes terremotos: las áreas que descendieron durante un terremoto experimenten un alzamiento lento después del evento el cual puede alcanzar una velocidad de varios mm por año.

Otro proceso que produce cambios estacionales del nivel de superficie es la carga hidrológica sobre la corteza (*e.g.*, Bevis & Brown, 2014). Este proceso produce una oscilación de la superficie terrestre la cual baja y sube en respuesta a la cantidad de precipitaciones y variaciones del caudal en ríos y napas subterráneas. Estos procesos son dinámicos y responden a efectos locales, los que a su vez son causados por procesos a escala

global como el calentamiento producto del cambio climático.

Después de algunos años a décadas, la influencia de la deformación relacionada al ciclo sísmico de grandes terremotos y a cambios en la carga hidrológica, hace que áreas específicas se vuelvan más vulnerables a los efectos del hundimiento o alzamiento de la superficie terrestre. El monitoreo y detección oportuna de estos cambios, es una necesidad creciente para el desarrollo de estrategias eficaces y seguras en el diseño y construcción de grandes obras civiles.

El objetivo es estimar cambios de elevación del terreno utilizando datos de geodesia espacial (GNSS) provenientes de las estaciones disponibles en el área de interés y cuantificar las velocidades de dichos cambios y sus tendencias a escala regional.

Metodologías

En primer lugar, se adquirieron los datos de estaciones disponibles en la cercanía del área del estudio y que representaran un período de mediciones de al menos cinco años.

Las estaciones seleccionadas fueron Mehuín (MHIN), Panguipulli (PGLL), Valdivia (B914) y Niebla (NIEB) en la región de Los Ríos y Pucatrihue (PUCA) y Osorno (OSOR) en la región de Los Lagos (Fig. 20). Estos datos fueron adquiridos del centro de procesamiento de la Universidad de Nevada.

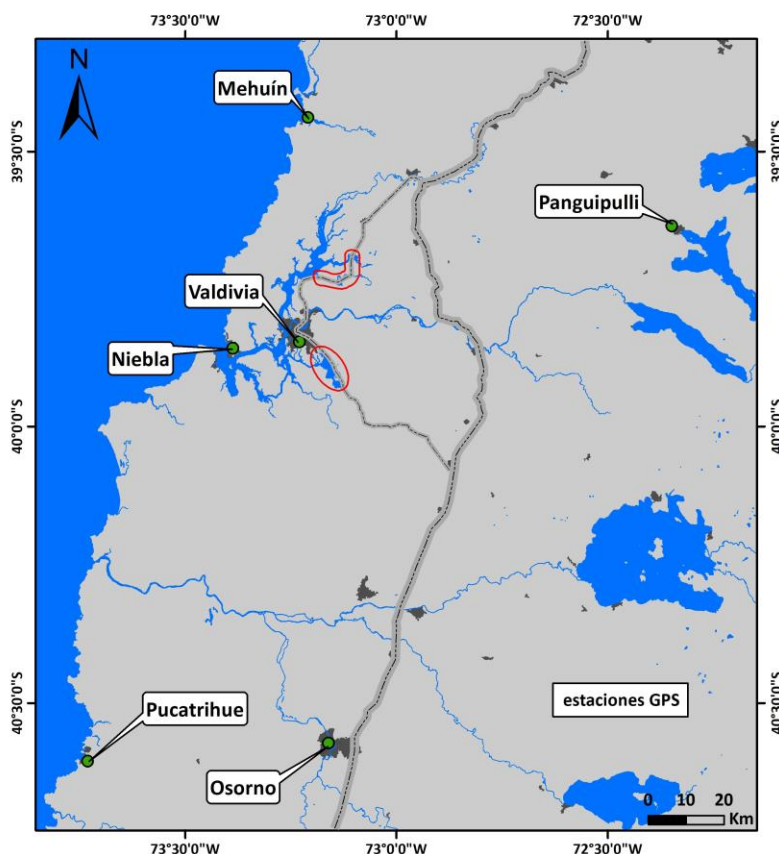


Figura 20. Ubicación de los sitios seleccionados para los estudios de cambios en la elevación del terreno debido al ciclo sísmico: Mehuín (MHIN), Niebla (NIEB) y Pucatrihue (PUCA) en la zona costera y Valdivia (B914), Panguipulli (PGLL) y Osorno (OSOR) al interior de la misma. (Líneas rojas = zonas de humedales estudiadas).

En base a soluciones diarias, se determinó la posición geocéntrica de estas estaciones, con una precisión de un par de milímetros (Báez *et al.*, 2018). La posición diaria estimada se comparó temporalmente para determinar sus variaciones, lo que permitió construir series de tiempo de la variabilidad de tales posiciones.

En una segunda etapa se procedió a calcular soluciones de posiciones diarias, para luego calcular modelos de trayectoria utilizando las ecuaciones propuestas por Bevis & Brown (2014). Las observaciones fueron procesadas en forma diferencial, con soluciones de red ajustadas a ITRF2014 (Altamimi *et al.*, 2014), en base a soluciones diarias, las cuales se acumularon y compararon para generar series de tiempo. Tales series se analizaron en forma conjunta para evaluar señales regionales y en forma individual, para determinar efectos locales residuales, que eventualmente afectan la zona de interés. Para cuantificar los mecanismos que inducen movimientos en las estaciones, se utilizó el modelo de trayectoria para movimientos de la corteza propuesto por Bevis & Brown (2014) y que se expresa como:

$$\begin{aligned}
\mathbf{x}(t) = & \sum_{i=1}^{n_p+1} \mathbf{p}_i(t - t_R)^{i-1} \\
& + \sum_{j=1}^{n_J} \mathbf{b}_j H(t - t_j) \\
& + \sum_{k=1}^{n_F} \mathbf{s}_k \sin(\omega_k t) + \mathbf{c}_k \cos(\omega_k t) \\
& + \sum_{i=1}^{n_T} \mathbf{a}_i \log(1 + \Delta t_i / T_i)
\end{aligned}$$

Estos términos consideran la velocidad, desplazamientos por terremotos o cambios en la configuración de las estaciones, el movimiento estacionario por la carga hidrológica y efectos inducidos por terremotos. Dichas ecuaciones consideran diversos términos para filtrar efectos estacionales producto del ciclo hidrológico, saltos locales producto de terremotos y cambios instrumentales y transientes post sísmicos, que ocurren después de un gran terremoto como por ejemplo el evento del Maule el 27 de febrero de 2010. El procesamiento de los datos ha permitido generar un análisis espacio temporal de la deformación local, permitiendo realizar inferencias sobre la dinámica regional y su relación con el ciclo sísmico, separando también las señales locales que caracterizan efectos estacionales y locales.

Una vez filtradas las series de tiempo, se obtiene la componente secular linear de velocidad anual que se produce del acople inter sísmico entre las placas de Nazca y Sudamericana, el cual está actualmente afectando la zona afectada por el terremoto de 1960 (Moreno *et al.*, 2011). Para resolver las ecuaciones de Bevis & Brown (2014) se utilizó el método de inversión por mínimos cuadrados tomando en cuenta las incertezas y la base de datos de sismicidad de la NEIC (National Earthquake Information Center del USGS, Servicio Geológico de los Estados Unidos) siguiendo la metodología propuesta por Melnick *et al.* (2017).

Resultados

El procesamiento de los datos de GNSS, permitió estimar la posición de las estaciones en las componentes Norte-Sur, Este-Oeste y vertical, con una precisión de un par de milímetros y en base a soluciones diarias. Estos resultados permitieron generar un análisis espacio temporal de la deformación local y cuantifica la tasa de cambios del nivel de superficie. Las Figuras 21, 22 y 23 muestran las series de tiempo brutas y filtradas, a la vez que la Figura 24 muestra un mapa con las velocidades del movimiento en la componente vertical de las estaciones analizadas.

En las series brutas ajustando el modelo de trayectoria (línea roja en las Figuras 21, 22 y 23) se observa una clara variación estacional en el movimiento vertical de las estaciones. Estos cambios estacionales han sido documentadas ampliamente en la

literatura y han sido relacionadas a períodos de invierno (estación de lluvia) y verano (estación seca), por el efecto del cambio de masa producto de las precipitaciones y del ciclo hidrológico, y la respuesta elástica de la corteza terrestre. Esta oscilación vertical puede inducir una señal con una amplitud anual de hasta 2 cm.

Los resultados de las series filtradas (eliminando la componente de la oscilación estacional y saltos por sismos) muestran la velocidad de la componente vertical de las estaciones analizadas (rectángulos inferiores en Figs. 21, 22 y 23 y 24). La Tabla 1 muestra los valores de las velocidades verticales de cada estación y los errores asociados a las estimaciones. En general existe un patrón de alzamiento regional (Fig. 24). El único sector que registra hundimiento a una baja tasa es Pucatrihue (PUCA); sin embargo, esta estación tiene periodos largos sin datos y bastante ruido instrumental en comparación con las otras. La estación Mehuín (MHIN) registra la mayor tasa de alzamiento que (15.5 mm/año) a la vez que el resto de las estaciones (con excepción de Pucatrihue) muestran tasas que varían entre 6,81 (Niebla o NIEB) y 9,04 (Valdivia O B914 (Tabla 17).

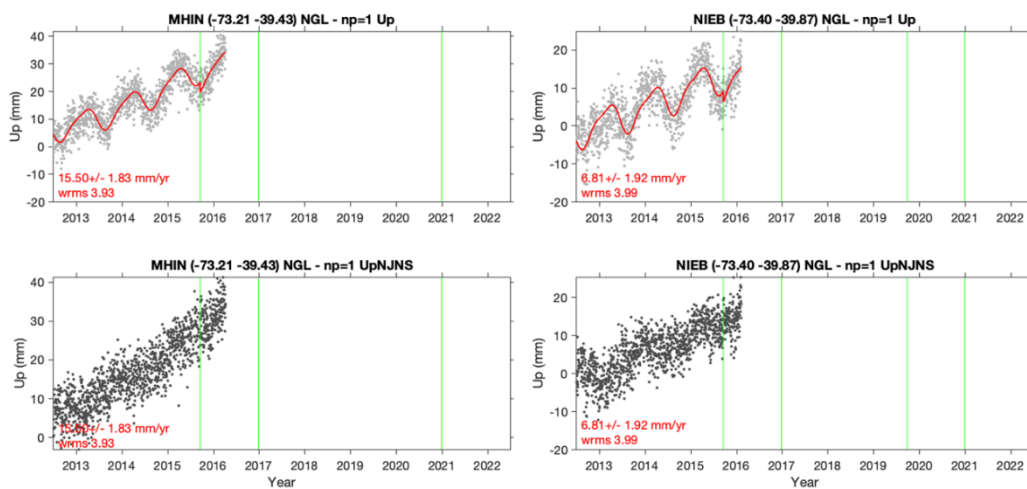


Figura 21. Series de tiempos de movimiento vertical para las estaciones Mehuín (MHIN) y Niebla (NIEB). Los rectángulos superiores muestran las series de tiempo (tiempo vs desplazamiento) de los datos crudos. La línea roja muestra el modelo de trayectoria completo de ajuste al movimiento de cada estación. Las líneas verticales verdes indican el tiempo de ocurrencia de sismos o saltos que fueron incluidos en el análisis. Los rectángulos inferiores muestran las series de tiempo corregidas por el movimiento estacionario y los saltos por sismos. Estas representan las velocidades verticales de cada estación.

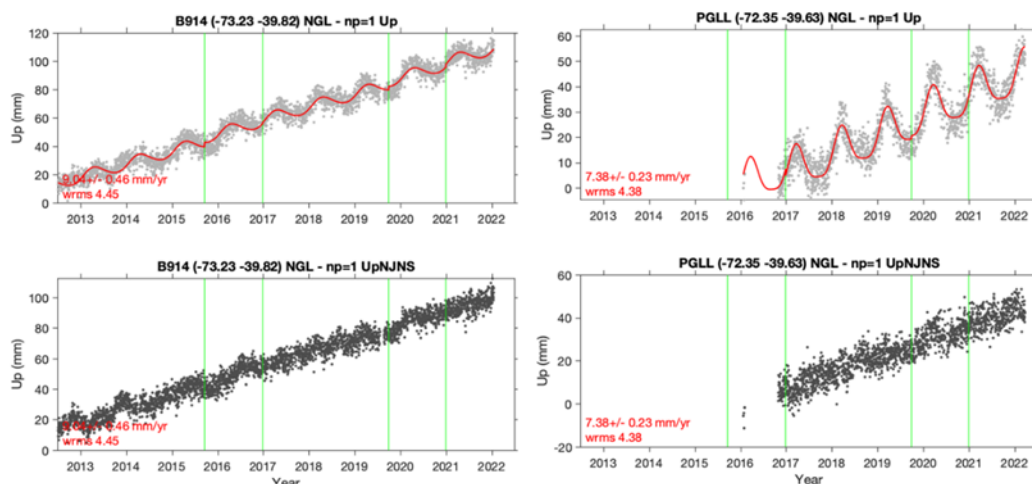


Figura 22. Series de tiempos de movimiento vertical para las estaciones Valdivia (B914) y Panguipulli (PGLL). Resto de leyenda tal como en Figura 21.

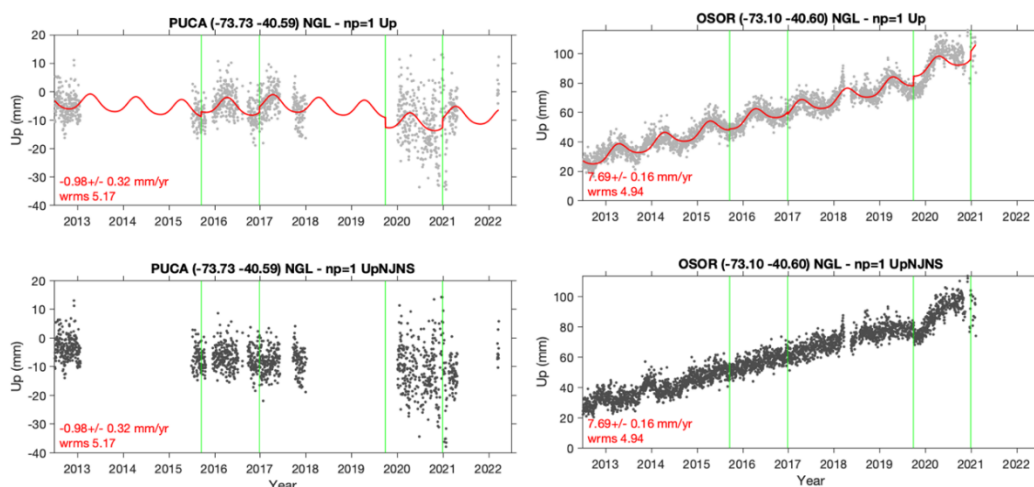


Figura 23. Series de tiempos de movimiento vertical para las estaciones Pucatrihue (PUCA) y Osorno (OSOR). Resto de leyenda tal como en Figura 21.

Tabla 17. Velocidades verticales (V) y errores asociados de las estaciones analizadas.

| Estación | Longitud (°) | Latitud (°) | V vertical (mm/año) | error (mm/año) |
|--------------------|--------------|-------------|---------------------|----------------|
| Mehuín o MHIN | -73,21 | -39,43 | 15,5 | 1,83 |
| Niebla o NIEB | -73,40 | -39,87 | 6,81 | 1,92 |
| Valdivia o B914 | -73,23 | -39,82 | 9,04 | 0,46 |
| Panguipulli o PGLL | -73,35 | -39,63 | 7,38 | 0,23 |
| Pucatrihue o PUCA | -73,73 | -40,59 | -0,98 | 0,32 |
| Osorno u OSOR | -73,10 | -40,60 | 7,69 | 0,16 |

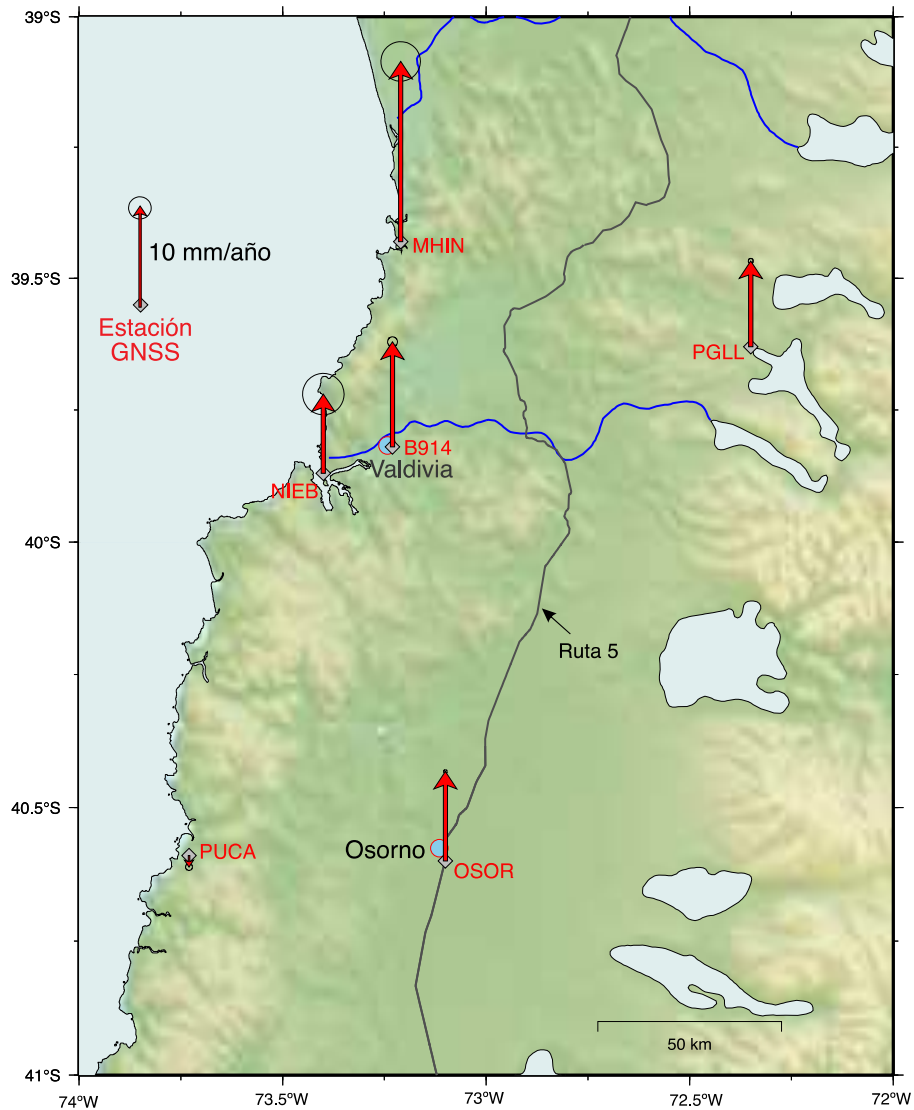


Figura 24. Velocidades verticales en el área de estudio. Los vectores rojos indican la tasa de desplazamiento vertical de las estaciones analizadas.

Conclusiones

- Las señales obtenidas de los resultados GNSS muestran un claro alzamiento de la superficie terrestre en la última década. Si bien, esto está primariamente relacionado al ciclo sísmico, está también probablemente relacionado a una componente estacional, resultante del descenso gradual en la tasa de precipitaciones y caudal de los ríos producto del cambio climático, lo que disminuye las variaciones de la carga en la corteza produciendo un rebote isostático.
- Las regiones de Los Ríos y Los Lagos fueron afectadas por el gran terremoto de 1960. Después de 62 años desde el terremoto, hay indicios claros de que la zona de la falla afectada está nuevamente acoplada y acumulando energía sísmica. Aunque no ha sido analizado en detalle mediante métodos estadísticos, los patrones de alzamiento registrados en este estudio muestran aparentemente una tendencia de movimiento relativamente constante durante el periodo de observación. Asumiendo un

comportamiento constante en las tasas, se puede hipotetizar que, en una ventana de 10, 50 y 100 años, el alzamiento acumulado puede llegar a 15 cm, 75 cm y 150 cm, respectivamente. Esto sin considerar la ocurrencia de terremotos locales o regionales que podrían afectar a la deformación de la superficie, provocando un aumento o disminución en las velocidades, como ha sido documentado en otras zonas (e.g., Weiss et al., 2016; Melnick et al., 2017).

- En base a lo anterior, se recomienda establecer un monitoreo permanente de los patrones de cambios verticales del terreno donde se emplacen los nuevos accesos a Valdivia, mediante un análisis anual de los datos provenientes de las estaciones disponibles. Esto, además de instalar estaciones en lugares propensos a ser afectados por cambios en el ciclo hidrológico producto del cambio climático como son los sectores aledaños al Santuario de la Naturaleza del río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter y al Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla.

Referencias

- Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L., and Collilieux, X., 2016, ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, v. 121, no. 8, p. 6109-6131, doi:<https://doi.org/10.1002/2016JB013098>.
- Baez, J.C.; Leyton, F.; Troncoso, C.; del-Campo, F.; Bevis, M.; Vigny, C.; Moreno, M.; Simons, M.; Kendrick, E.; Brooks, B.; Parra, H.; Blume, F., 2018, the Chilean GNSS network: current status and progress towards early warning applications, SRL, <https://doi.org/10.1785/0220180011>, 2018.
- Bevis, M., and Brown, A., 2014, Trajectory models and reference frames for crustal motion geodesy: *Journal of Geodesy*, v. 88, no. 3, p. 283-311.
- Melnick, D., Moreno, M., Quinteros, J., Baez, J.C., Deng, Z., Li, S. and Oncken, O., 2017. The super-interseismic phase of the megathrust earthquake cycle in Chile. *Geophysical Research Letters*, 44(2), pp.784-791.
- Moreno, M., Melnick, D., Rosenau, M., Bolte, J., Klotz, J., Echtler, H., Baez, J., Bataille, K., Chen, J., Bevis, M., Hase, H., and Oncken, O., 2011, Heterogeneous plate locking in the South-Central Chile subduction zone: Building up the next great earthquake: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 305, no. 3-4, p. 413-424.
- Weiss, J. R., Brooks, B. A., Foster, J. H., Bevis, M., Echalar, A., Caccamise, D., Heck, J., Kendrick, E., Ahlgren, K., and Raleigh, D., 2016, Isolating active orogenic wedge deformation in the southern Subandes of Bolivia: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, v. 121, no. 8, p. 6192-6218.

ii) VARIABILIDAD MAREAL

Introducción

Las mareas de origen astronómico explican las oscilaciones rítmicas que sufre el nivel de los océanos, a partir de la interacción gravitacional entre la Tierra, la Luna y el Sol. La teoría que explica esta interacción y los efectos sobre el nivel del mar, se conoce desde el siglo XVII con el trabajo de Newton (1687), quien, a partir de su teoría de la gravitación, realizó pronósticos precisos al conocer las posiciones relativas de la Tierra, la Luna y el Sol (Doodson & Warburg, 1941; Foreman & Henry, 1989). Pero no solo los océanos son afectados por las mareas, también los humedales estuariales como lo son el Santuario de la Naturaleza río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter y parte del Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla. La propagación mareal en los estuarios ha sido ampliamente estudiada y se sabe que es alterada por la forma y la profundidad del cuerpo de agua (geometría del espejo de agua y batimetría) y por efectos de fricción (Godin, 1972; 1984, 1991, 1999; Dronkers, 1986; Lu & Luo 2018).

Para poder estudiar adecuadamente el desarrollo de la onda de marea astronómica - la cual es semidiurna en el área de estudio (dos mareas altas o pleamar y dos mareas bajas o bajamar en cada día) - se requieren registros horarios de su variación. Además de esta fluctuación semidiurna, las mareas tienen cambios de rango a la escala del mes lunar (28 días): en mareas de sicigia (luna llena o nueva) las mareas tienen cambios de amplitud más drásticos que en mareas de cuadratura (luna creciente y menguante). Es decir, las mareas de sicigia son más altas en pleamar y más bajas en bajamar que durante períodos de cuadratura. Por este motivo, se recomienda que, para estudios de este tipo, los registros mareales sean de al menos 30 días continuos.

Debido a que las posiciones relativas entre la Tierra, la Luna y el Sol se repiten cada 18 años aproximadamente, existe un ciclo inter-decadal - conocido como Ciclo de Metón - que puede alterar hasta 30 cm las mareas en costas abiertas (Peng *et al.*, 2019). Esto se suma a los potenciales cambios que afectan las mareas, debido al cambio climático (Hermans *et al.*, 2021) y los cambios en la elevación del terreno por el ciclo sísmico (ver sección 6.1 letra i). En este punto, es necesario señalar que hay antecedentes no publicados que señalan que, el cambio climático en combinación con la elevación del terreno por el ciclo sísmico, están alterando los planos de marea al interior del Santuario de la Naturaleza río Cruces y Chorocamayo, situación que se estima es relevante tomar en cuenta en el diseño de las nuevas rutas 202 y 206.

Para tener una aproximación de la variabilidad mareal en los puntos de contacto de la futura expansión de las rutas 202 y 206 con los dos santuarios de la naturaleza arriba mencionados, se registraron durante un mes continuo, las fluctuaciones del nivel de las aguas en cuatro sitios emplazados en los ríos Pichoy, Cayumapu, Chorocamayo y Piedra Blanca.

Objetivos

Estimar el comportamiento de la marea en sitios seleccionados de los humedales ubicados en los accesos Norte y Sur de Valdivia.

Metodologías

Se seleccionaron cuatro sitios representativos en los ríos Pichoy, Cayumapu, Chorocamayo y Piedra Blanca, para instalar sensores de presión de la columna de agua (sensores HOB0), a fin de permitir el registro de las variaciones horarias del nivel de las aguas por al menos 30 días continuos, durante el período febrero a abril 2022. La selección de esos sitios, estuvo basada en la cercanía que los mismos presentan a la futura ampliación de los accesos Norte y Sur de Valdivia.

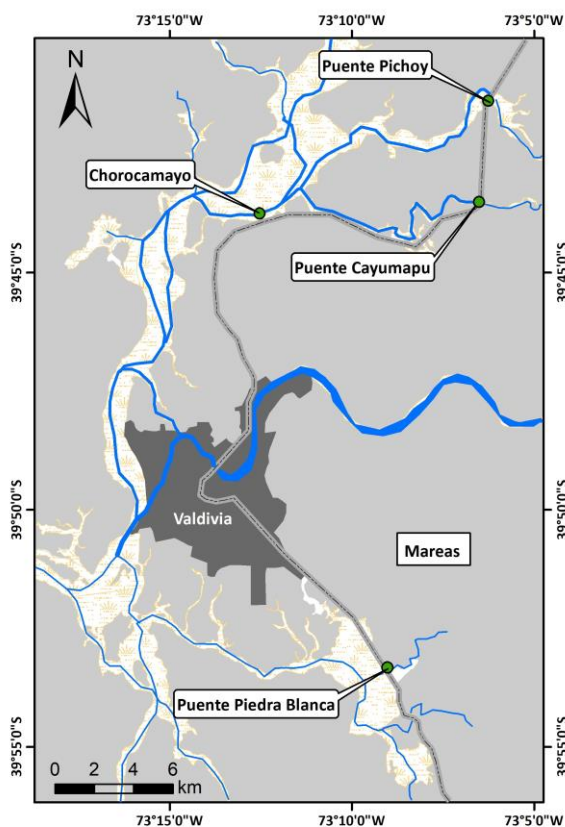


Figura 25. Ubicación de los sitios seleccionados para estudios de variabilidad mareal: puentes Pichoy y Cayumapu en los ríos Pichoy y Cayumapu, Chorocamayo en el río homónimo (acceso Norte de Valdivia) y Puente Piedra Blanca en el río Piedra Blanca (acceso Sur de Valdivia).

Los sensores HOB0 se sumergieron y anclaron en el fondo de los sitios de medición, con un peso suficiente para evitar su desplazamiento (Fig. 26) y asegurar el registro a una misma cota de profundidad.

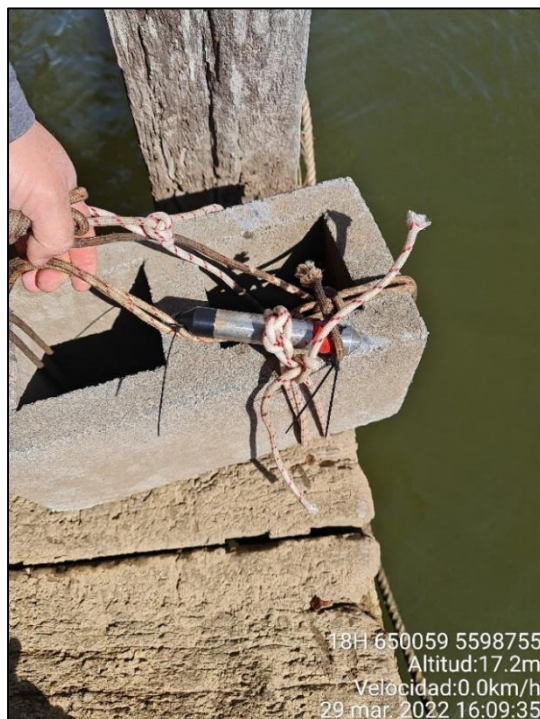


Figura 26. Detalle de la instalación de un sensor Hobo en el sitio Chorocamayo durante marzo y abril 2022. Los datos fueron corregidos con los de un segundo sensor instalado al aire libre y circa 50 m en línea oblicua del punto de instalación del sensor sumergido.

Originalmente se planteó estimar para cada sitio, los planos de marea (alturas de pleamar y bajamar extremas, alturas de pleamar y bajamar promedios y nivel medio de las aguas), siguiendo las instrucciones oceanográficas en “Método oficial para el cálculo de los valores no armónicos de la marea” (SHOA, 1999). Sin embargo y debido a la imposibilidad de realizar la corrección por el efecto del barómetro invertido de la presión atmosférica registrada por tres de los cuatro sensores y a que dichos registros, se llevaron a cabo por 28 días, solo se pudo establecer la frecuencia de ocurrencia de mareas. Consecuentemente, en esos tres sitios (puentes Pichoy, Cayumapu y Piedra Blanca), se pudo resolver la ocurrencia de los constituyentes astronómicos más importantes, pero sin sus amplitudes. No obstante, esto, se recurrió al criterio experto para estimar las amplitudes mareales de los mismos.

En general un aumento (disminución) de 1 hPa¹ en la presión atmosférica, significa una reducción (aumento) de 1 cm en la columna de agua. Esto se conoce como el efecto del barómetro invertido. Para poder corregir el efecto del barómetro invertido ejercido por la presión atmosférica en la columna de agua (cf. Wunsch & Stammer, 1997), se requirió instalar sensores HOBO que registraran en forma simultánea, los cambios de presión en el agua y en el aire (cf. Fig. 27); esto se realizó solo en el sitio Chorocamayo. El sensor instalado al aire libre se ubicó circa de 50 m en línea oblicua del punto de instalación del sensor sumergido. El proceso de corrección consiste en restar la variabilidad de presión registrada en el agua, el efecto del cambio de la presión atmosférica registrada simultáneamente en

¹ hPa es hectoPascal o unidad de medida de la presión barométrica y que equivale a 100 pascales o 1 milibar.

el aire.

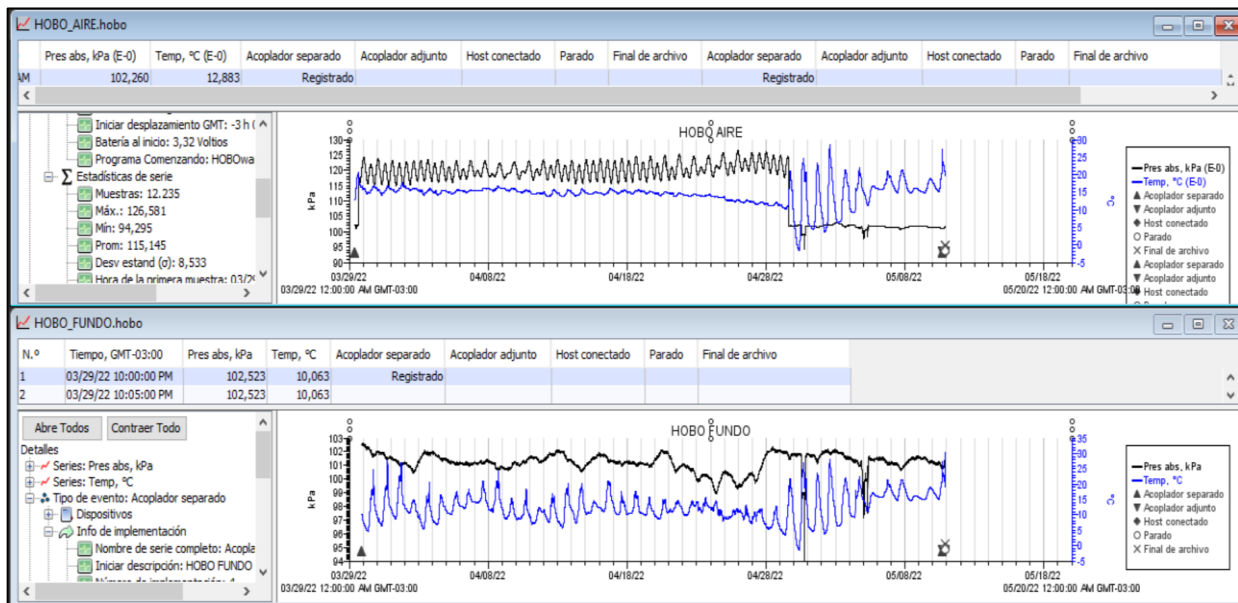


Figura 27. Despliegue gráfico de la variabilidad de presión en el aire y en el agua del sitio Chorocamayo.

El análisis de la variabilidad mareal consistió en la realización de tres etapas para cada uno del conjunto de datos extraído de cada sitio:

- Análisis en el dominio del tiempo y cuyo objetivo fue obtener una gráfica y estadística, que ilustren la variabilidad que experimenta el cambio de nivel de las aguas por la marea;
- Análisis en el dominio de la frecuencia y cuyo objetivo, fue conocer las frecuencias de origen astronómico, que explican la variabilidad que experimenta el cambio de nivel de las aguas;
- Análisis en el dominio del tiempo - frecuencia, que buscó evaluar la persistencia en el tiempo de la marea (*i.e.*, la intensidad con que se altera el nivel de las aguas) y la ocurrencia potencial de otros fenómenos que pueden alterar nivel de las aguas.

Para el análisis en el dominio del tiempo se graficaron las series horarias y se calcularon los estadígrafos de estimación central (Media Aritmética o promedio, Mediana, Media geométrica), varianza (valores Mínimo y Máximo, Varianza, Desviación Estándar, Coeficiente de Variación y percentiles 25 y 75%) y estadígrafos de estimación de formas (Asimetría y Curtosis).

Para el análisis en el dominio de la frecuencia, se realizó un análisis armónico (Pawlowicz *et al.*, 2002), obteniéndose las estimaciones de amplitudes y fases, para las frecuencias asociadas a constituyentes de origen astronómico, posibles de resolver dentro de la ventana de tiempo analizada. Se identificaron las constituyentes significativas con un 95% de confianza. Las mareas pueden ser representadas como la suma de las oscilaciones

armónicas; cada una con un período o frecuencia representativo. Cada oscilación, conocida como constituyente mareal, tiene su amplitud, período y fase, cuyos valores pueden ser extraídos desde observaciones. Se han identificado 396 oscilaciones (Foreman & Henry, 1989), pero la más importante es la denominada M2 (constituyente semidiurna lunar principal) y que corresponde al efecto de la luna sobre las mareas por la rotación de la Tierra sobre su propio eje (Godin, 1972).

Para el análisis en el dominio del tiempo - frecuencia, se realizó un análisis de “wavelet” (ondículas), con la transformación de Morlet (Torrence & Compo, 1998), utilizándose el software Past V3.0 (Hammer *et al.*, 2001). Se obtuvieron gráficos que ilustran el cambio de energía versus tiempo, asociado a cada período de entre 2 y 256 horas, identificándose aquellos fenómenos que se encuentran dentro de un intervalo de confianza del 95%.

En la Tabla 18, se muestran las latitudes y longitudes de los sitios de registros de presiones, las fechas de inicio y fin de los mismos, además de identificarse aquellos donde no fue posible corregir el efecto de la presión atmosférica.

Tabla 18. Coordenadas geográficas, fechas de medición e identificación de la serie de datos corregida y las no corregidas.

| Hobo | Lugar | Latitud | Longitud | Inicio | Término | Observación |
|------|----------------------|------------|------------|--------|---------|---|
| 1 | Puente Piedra Blanca | -39,890275 | -73,150002 | 08-feb | 08-mar | Sin corrección atmosférica, 28 días de registro |
| 2 | Chorocamayo | -39,74848 | -73,248207 | 29-mar | 29-abr | Corregido, 31 días de registro |
| 3 | Puente Cayumapu | -39,725131 | -73,107643 | 08-feb | 08-mar | Sin corrección atmosférica, 28 días de registro |
| 4 | Puente Pichoy | -39,687619 | -73,102726 | 08-feb | 08-mar | Sin corrección atmosférica, 28 días de registro |

Resultados

Puente Piedra Blanca

En la Figura 28 se muestra el registro de 28 días de extensión en el sitio Puente Piedra Blanca. Ya que en el mismo no se pudo corregir el efecto de la presión atmosférica, sus cambios de amplitud verticales son solo referenciales, pero se estima que son centimétricos (amplitudes del orden 10 cm en marea de cuadratura y de 30 cm en marea de sicigia). Se

puede observar que la señal tiene un comportamiento semidiurno mixto con desigualdad diurna en la mayoría del tiempo de registro, pero algunos días (20 - 23 febrero, 5 - 8 de marzo), el registro no mostró la desigualdad diurna.

En la Tabla 19, se muestra la estadística básica del registro logrado en este sitio. Los cambios en la presión de la columna de agua, inducen a establecer que las alturas de marea son platicúrticas (curtosis o apuntalamiento negativo) con asimetría positiva (mayoría de los valores se encuentran bajo la media).

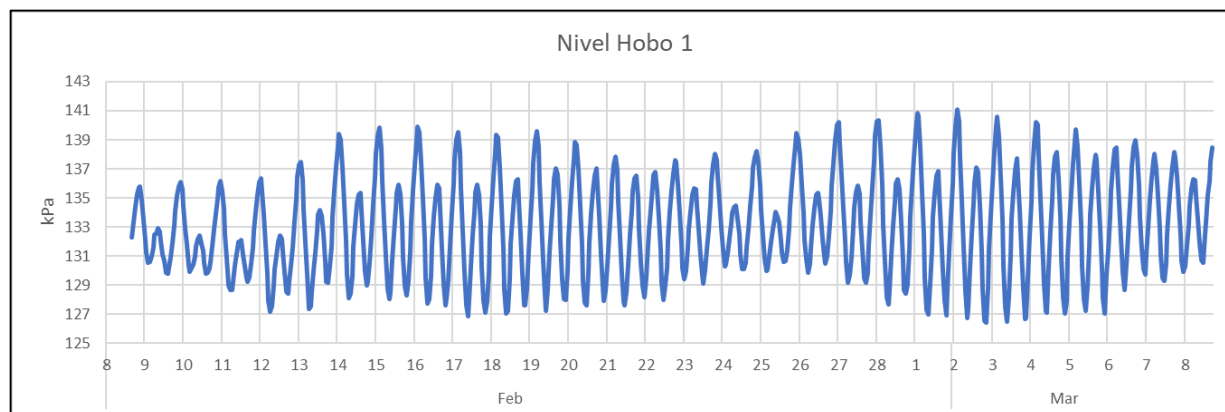


Figura 28. Registro horario de la variabilidad de la presión barométrica en la columna de agua del sitio Puente Piedra Blanca (río Piedra Blanca); período 8 de febrero - 8 de marzo 2022.

Tabla 19. Estadística básica del registro de presiones barométricas en la columna de agua del sitio Puente Piedra Blanca (río Piedra Blanca).

| Parámetro | Valor |
|---------------------------|------------|
| Cantidad de Registros | 674 |
| Registro Mínimo | 126,43 |
| Registro Máximo | 141,059 |
| Media | 133,0956 |
| Error Estándar | 0,1317771 |
| Varianza | 11,70415 |
| Desviación Estándar | 3,421133 |
| Mediana (Percentil 50%) | 132,884 |
| Percentil 25% | 130,3193 |
| Percentil 75% | 135,7842 |
| Asimetría | 0,1440204 |
| Curtosis | -0,8762703 |
| Media Geométrica | 133,0518 |
| Coefficiente de Variación | 2,570433 |

El análisis en el dominio de la frecuencia muestra la existencia de cuatro “peaks” significativos (valores superiores al 95% de confianza, representado este último por la línea roja superior en la Figura 29) en el sitio Puente Piedra Blanca: O1 (constituyente Diurna Lunar Principal, conocido como el efecto del día lunar) de frecuencia 0,038731 CPH (Ciclos

por Hora), K1 (constituyente diurna Declinacional luni-solar, que corresponde al efecto de un día lunar en relación al Sol) de frecuencia 0,041781 CPH, M2 (constituyente semidiurna Lunar Principal conocido como el efecto de medio día lunar) de frecuencia 0,080511 CPH y K2 (constituyente semidiurna Declinación luni-solar, que corresponde al efecto de medio día lunar en relación al Sol) de frecuencia 0,083561 (Fig. 29).

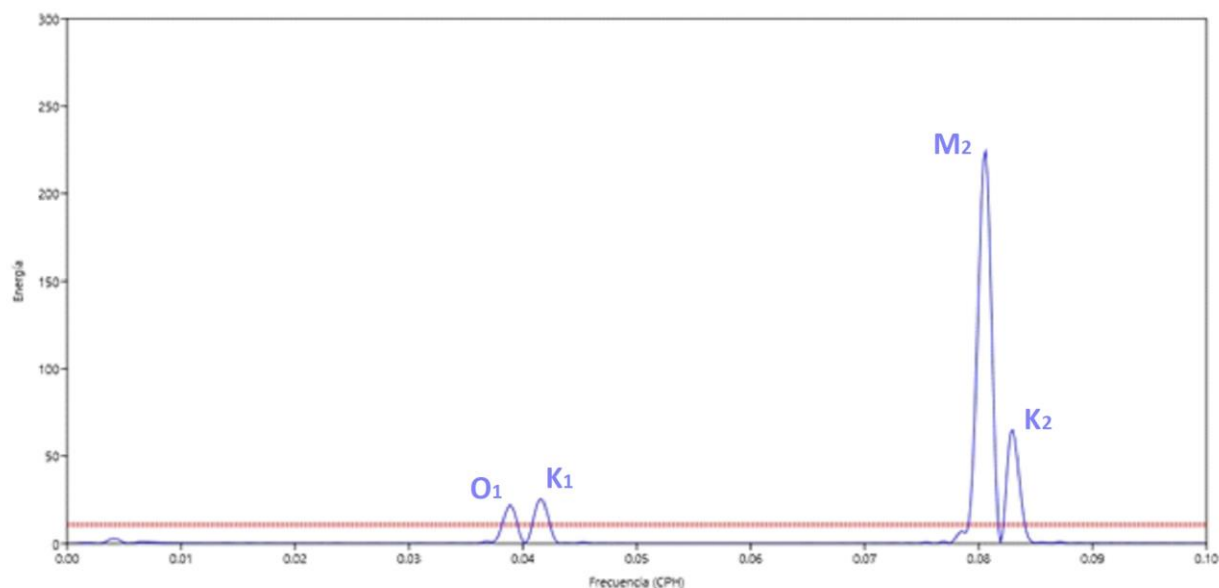


Figura 29. Peridiograma del registro del sitio Puente Piedra Blanca (río Piedra Blanca), entre el 8 de febrero y 8 de marzo 2022. La componente con mayor energía es la M2 (constituyente de marea lunar principal semidiurna). Las líneas rojas representan los umbrales del 90 y 95% de confianza.

El análisis en el dominio del tiempo - frecuencia (Fig. 30) revela que el sitio Piedra Blanca es afectado por un fenómeno cíclico altamente energético (marcado por la franja de colores cálidos que cruza la totalidad de la gráfica) en el periodo semidiurno (12 horas; asociado principalmente al efecto de M2) y durante todo el tiempo de registro de la señal. Pero la componente cíclica diurna (que se asocia mayoritariamente al efecto de K1) pierde energía en dos momentos durante el tiempo de registro (marcado por la ausencia de colores cálidos en días de cuadratura (19 a 23 de febrero) y de sicigia (4 al 8 de marzo), lo que explica el cambio de comportamiento de poseer una desigualdad diurna a no tenerlo.

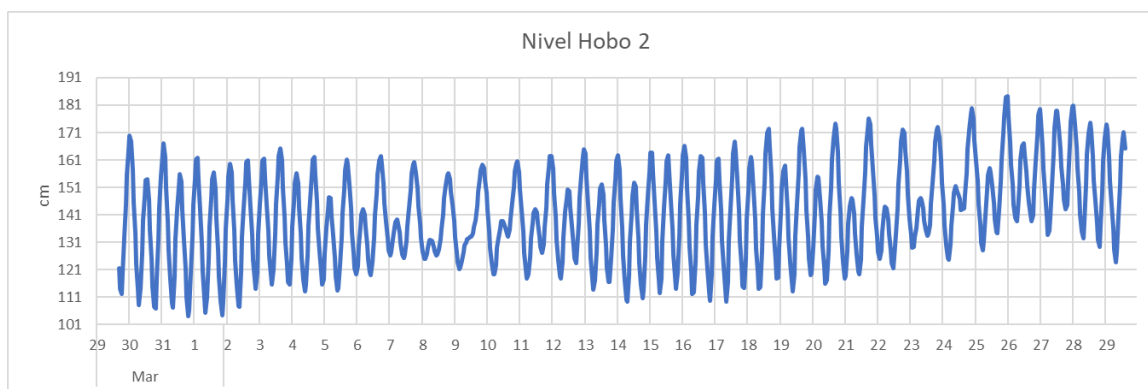


Figura 30. Transformación de “wavelet” con la ondícula de Morlet para el registro del sitio Puente Piedra Blanca, entre el 8 de febrero y el 8 de marzo 2022. Los colores más cálidos (rojos) se asocian a mayor energía, a la vez que los más fríos (azules) se asocian a menor energía en la ocurrencia de fenómenos que alteren el nivel de las aguas. Toda la zona del gráfico ubicada sobre la línea en V, incluye valores dentro del 95% de confianza.

Chorocamayo

En la Figura 31 se muestra el registro de 31 días de extensión en el sitio Chorocamayo. El registro corregido del mismo muestra una amplitud mareal cercana a 70 cm. Al igual que para el sitio Puente Piedra Blanca, se aprecia que la serie tiene un comportamiento semidiurno, pero que altera su estado mixto con desigualdad diurna, alternándose con tres periodos sin desigualdad diurna (días 1 al 4 de abril, 15 al 18 de abril y 26 al 29 de abril). También se destaca un aparente cambio en los planos de marea a partir del día 24 de abril, lo que corresponde a un comportamiento típico en los estuarios debido a cambios de caudal.

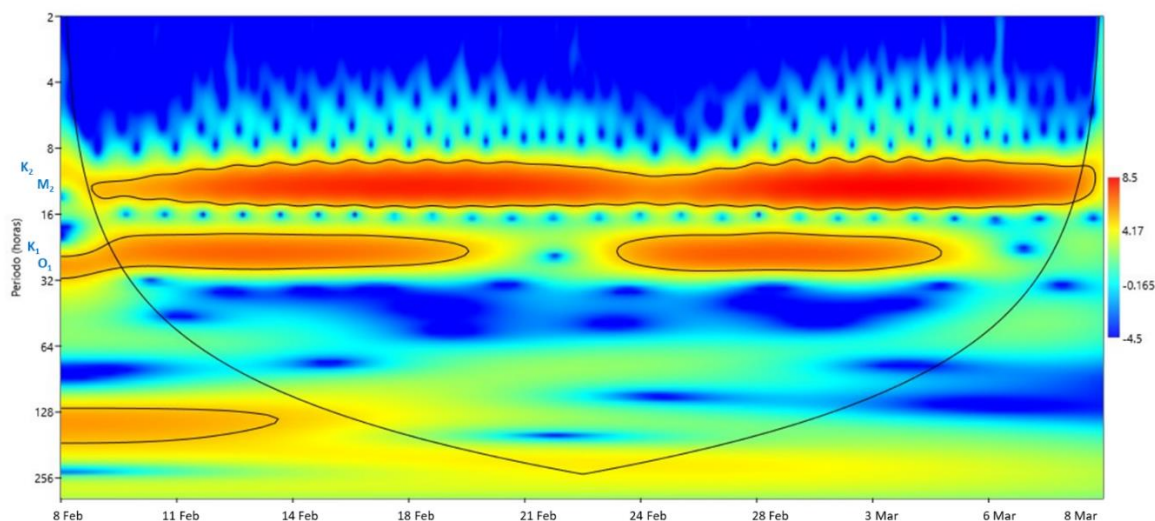


Figura 31. Registro horario de variabilidad mareal (cm) en la columna de agua del sitio Chorocamayo; período 29 de marzo - 29 de abril 2022.

En la Tabla 20 se muestra la estadística básica del registro, de donde se deduce que la marea alcanza un mínimo de 104 cm y un máximo de 184 cm, mientras que el 95% de los casos se encuentra entre la media de 141 cm \pm 34 cm (intervalo de confianza de dos veces

la desviación estándar). Se puede observar que las alturas de marea en este sitio son platicúrticas (curtosis o apuntalamiento negativo) con asimetría positiva (mayoría de los valores se encuentran bajo la media).

Tabla 20. Estadística básica del registro de altura de mareas en la columna de agua del sitio Chorocamayo.

| Parámetro | Valor (cm) |
|---------------------------|------------|
| Cantidad de Registros | 743 |
| Registro Mínimo | 103,95 |
| Registro Máximo | 184,1 |
| Media | 141,3107 |
| Error Estándar | 0,6277902 |
| Varianza | 292,8316 |
| Desviación Estándar | 17,11232 |
| Mediana (Percentil 50%) | 140,98 |
| Percentil 25% | 127,96 |
| Percentil 75% | 154,21 |
| Asimetría | 0,108622 |
| Curtosis | -0,7198548 |
| Media Geométrica | 140,2716 |
| Coefficiente de Variación | 12,10972 |

El análisis en el dominio de la frecuencia muestra la existencia de cinco “peaks” significativos en el sitio Chorocamayo (Fig. 32): O1 (constituyente Diurna Lunar Principal) de frecuencia 0,038731 CPH (Ciclos por Hora), K1 (constituyente diurna Declinacional luni-solar) de frecuencia 0,041781 CPH, n2 (constituyente diurna Elíptica Lunar Mayor) de frecuencia 0,078999 CPH, M2 (constituyente semidiurna Lunar Principal) de frecuencia 0,080511 CPH y K2 (constituyente semidiurna Declinación luni-solar) de frecuencia 0,083561 (Fig. 32).

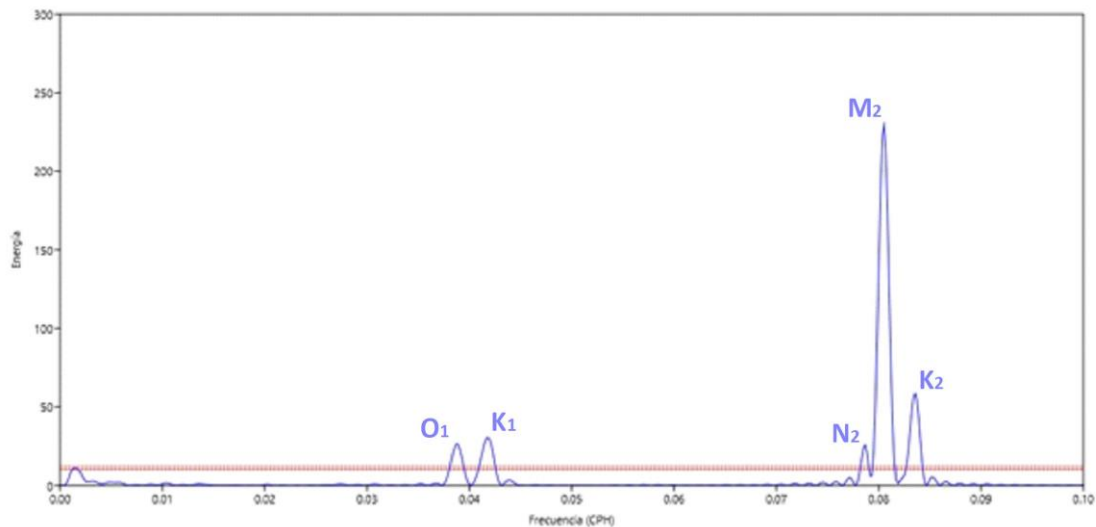


Figura 32. Periograma del registro del sitio Chorocamayo, entre el 29 de marzo y el 29 de abril de 2022. La componente con mayor energía es la M_2 (constituyente de marea lunar principal semidiurna). Las líneas rojas representan los umbrales del 90 y 95% de confianza.

El análisis en el dominio del tiempo - frecuencia (Fig. 33) revela que la estación Chorocamayo es afectada por un fenómeno cíclico altamente energético en el periodo semidiurno (12 horas); este se explica primariamente por el efecto de M_2 (y en menor medida por K_2 y N_2), pero que experimenta dos periodos de relajamiento durante el tiempo de registro de la señal (ambos periodos de cuadratura: 6 al 10 de abril y 22 al 28 de abril). La componente cíclica diurna (explicada por K_1 y O_1) pierde energía en tres momentos durante el tiempo de registro (los dos primeros en período de sicigia: 30 marzo al 3 de abril y 14 al 18 de abril; y el último, en período de cuadratura: 26 al 29 de abril, lo que explica el cambio de comportamiento de poseer una desigualdad diurna a no tenerlo. Al final del registro, se puede apreciar además una señal de baja frecuencia (circa 10 días), que puede haber estado relacionada al cambio de los planos de marea, que se aprecia a partir del día 24 de abril de 2022.

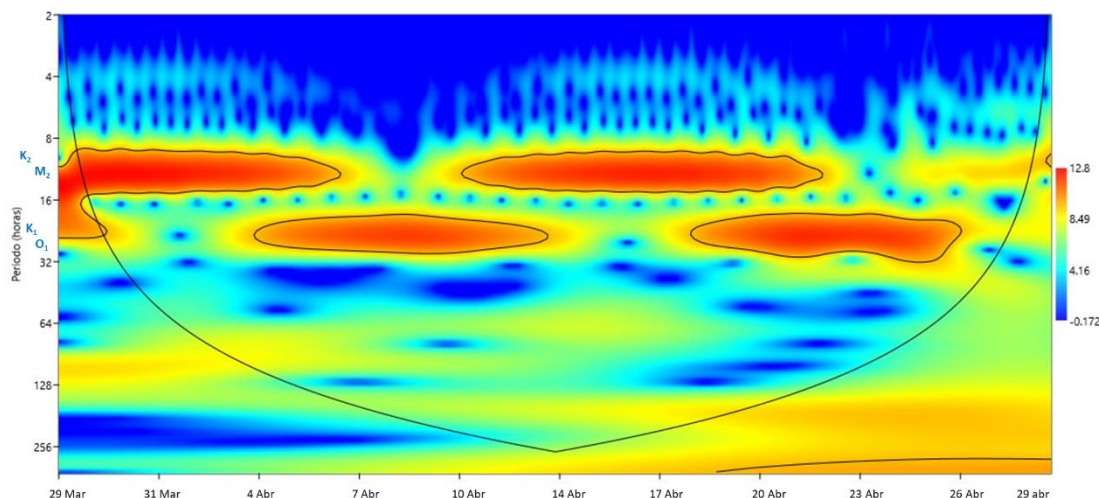


Figura 33. Transformación de “wavelet” con la ondícula de Morlet para el registro del sitio Chorocamayo, entre el 8 de febrero y el 8 de marzo de 2022. Los colores más cálidos (rojos) se asocian a mayor energía, a la vez que los colores más fríos (azules) se asocian a menor energía en la ocurrencia de fenómenos que alteren el nivel de las aguas. Toda la zona del gráfico ubicada sobre la línea en V, incluye valores dentro del 95% de confianza.

Puente Cayumapu

En la Figura 34 se muestra el registro de 28 días de extensión en el sitio Puente Cayumapu. En esta estación no se pudo corregir el efecto de la presión atmosférica, por lo que sus cambios de amplitud verticales son referenciales, pero se estima que son centimétricos (6 a 8 cm en cuadratura 12 a 20 cm en sicigia). Se puede observar que la señal tiene un comportamiento semidiurno mixto con desigualdad diurna en la mayoría del tiempo de registro, pero al igual que en el sitio Puente Piedra Blanca, el registro pierde la desigualdad diurna durante algunos días (20 - 23 febrero, 5 - 8 marzo).

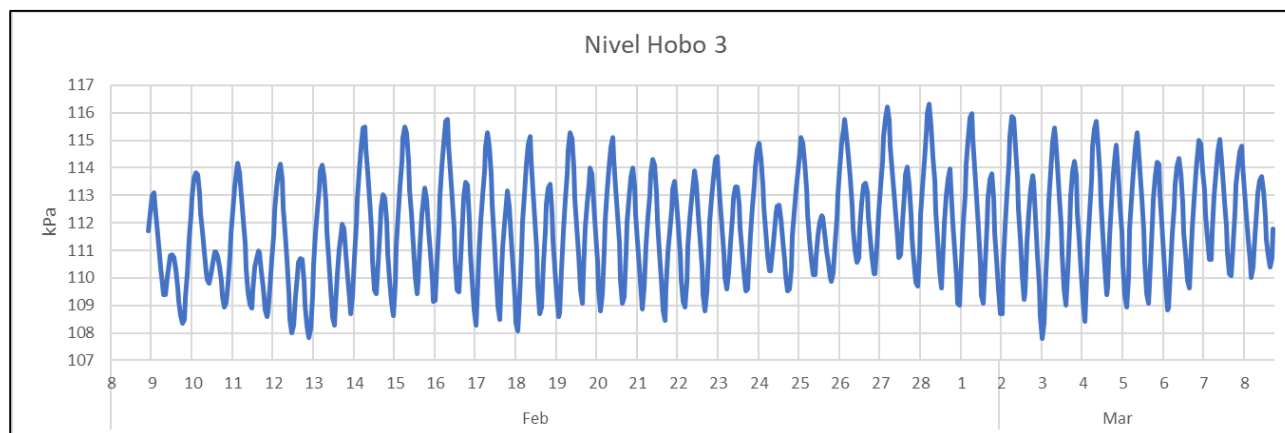


Figura 34. Registro horario de la variabilidad de la presión barométrica en la columna de agua del sitio Puente Cayumapu; período 8 de febrero - 8 de marzo 2022.

En la Tabla 21, se muestra la estadística básica del registro logrado en este sitio. Se puede observar que las alturas de marea en esta estación son platicurticas (curtosis o apuntalamiento negativo) con asimetría positiva (mayoría de los valores se encuentran bajo la media).

Tabla 21. Estadística básica del registro de presiones barométricas en la columna de agua del sitio Puente Cayumapu.

| Parámetro | Valor |
|---------------------------|------------|
| Cantidad de Registros | 673 |
| Registro Mínimo | 107,809 |
| Registro Máximo | 116,323 |
| Media | 111,8736 |
| Error Estándar | 0,07514108 |
| Varianza | 3,799881 |
| Desviación Estándar | 1,949328 |
| Mediana (Percentil 50%) | 111,84 |
| Percentil 25% | 110,3105 |
| Percentil 75% | 113,3685 |
| Asimetría | 0,07637967 |
| Curtosis | -0,9162885 |
| Media Geométrica | 111,8567 |
| Coefficiente de Variación | 1,742438 |

El análisis en el dominio de la frecuencia para el registro del sitio Puente Cayumapu muestra la existencia de cuatro “peaks” significativos (Fig. 35): O1 (constituyente Diurna Lunar Principal) de frecuencia 0,038731 CPH (Ciclos por Hora), K1 (constituyente diurna Declinacional luni-solar) de frecuencia 0,041781 CPH, M2 (constituyente semidiurna Lunar Principal) de frecuencia 0,080511 CPH y K2 (constituyente semidiurna Declinación luni-solar) de frecuencia 0,083561 (Fig. 35).

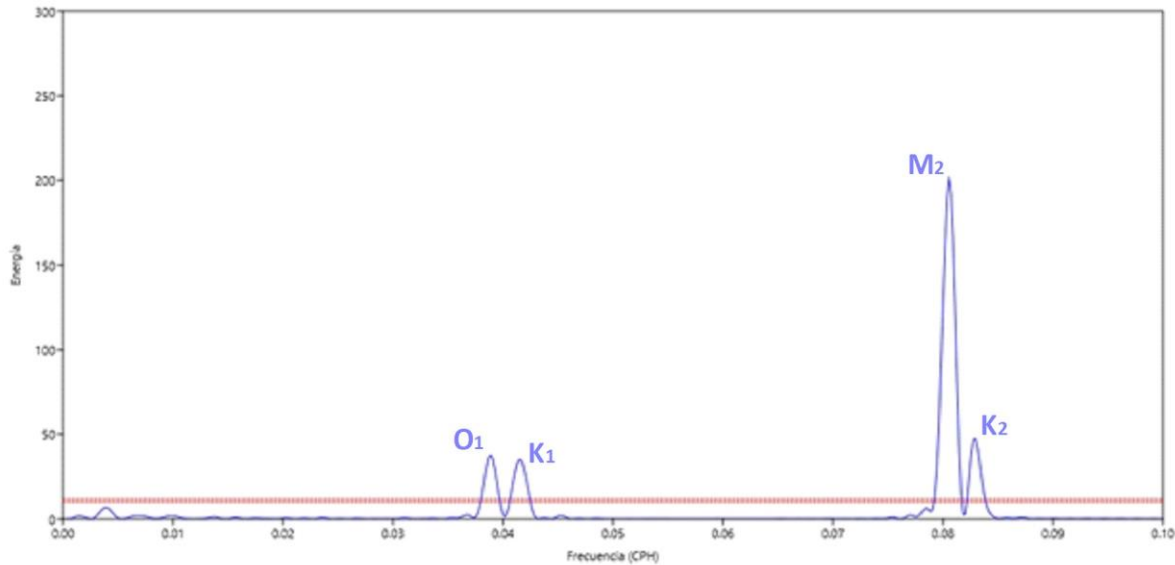


Figura 35. Peridiograma del registro del sitio Puente Cayumapu, entre el 8 de febrero y 8 de marzo de 2022. La componente con mayor energía es la M2 (constituyente de marea lunar principal semidiurna). Las líneas rojas representan los umbrales del 90 y 95% de confianza.

El análisis en el dominio del tiempo - frecuencia (Fig. 36) revela que el sitio Puente Cayumapu es afectado por un fenómeno cíclico altamente energético en el periodo semidiurno (12 horas), lo que es explicado principalmente por M2 y en menor medida por K2, durante todo el tiempo de registro de la señal. Pero la componente cíclica diurna (explicada por O1 y K1) pierde energía en dos momentos durante el tiempo de registro (días de cuadratura entre el 20 y 23 de febrero y días de sicigia entre el 4 al 8 de marzo), lo que explica el cambio de comportamiento de poseer una desigualdad diurna a no tenerlo. En la primera mitad del registro, se observa la presencia de un débil fenómeno interdiario en la frecuencia de los 5 días (Fig. 36).

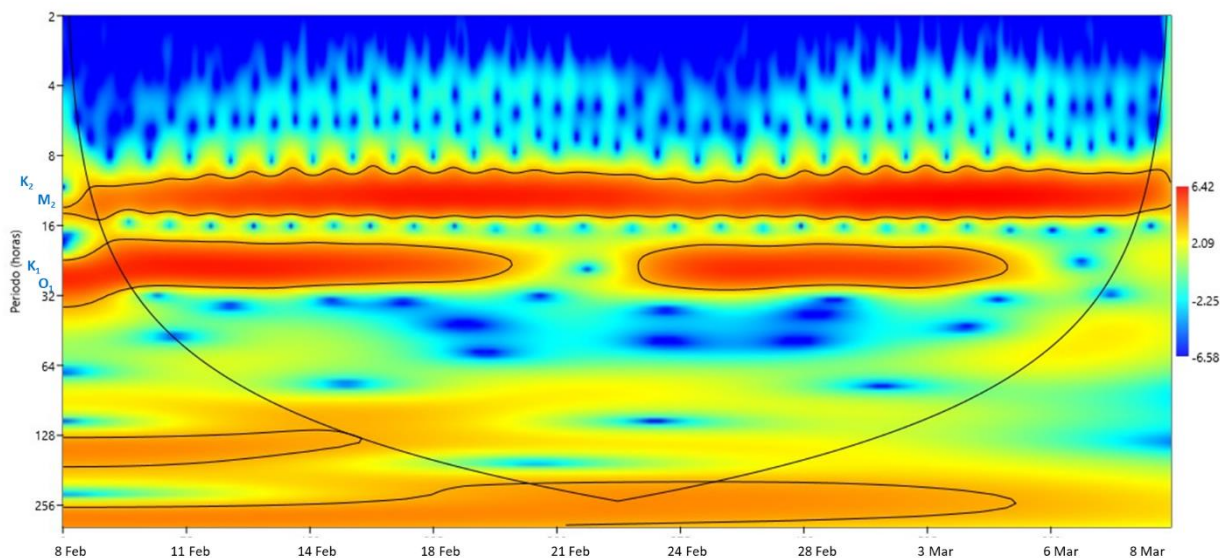


Figura 36. Transformación de “wavelet” con la ondícula de Morlet para el registro del sitio Puente Cayumapu, entre el 8 de febrero y 8 de marzo 2022. Los colores más cálidos (rojos) se asocian a mayor energía, a la vez que los colores más fríos (azules) se asocian a menor energía en la ocurrencia de fenómenos que alteren el nivel de las aguas. Toda la zona del gráfico ubicada sobre la línea en V, incluye valores dentro del 95% de confianza.

Puente Pichoy

En la Figura 37 se muestra el registro de 28 días de extensión en la estación Puente Pichoy. En esta estación no se pudo corregir el efecto de la presión atmosférica, por lo que sus cambios de amplitud verticales son referenciales, pero se estima que son centimétricos (del orden de 5 a 10 cm en cuadratura y de 10 a 20 cm en sicigia). Se puede observar que la señal tiene un comportamiento semidiurno mixto con desigualdad diurna en la mayoría del tiempo de registro, pero al igual que la estación Puente Piedra Blanca, algunos días (20 - 23 febrero, 5 - 8 de marzo), el registro pierde la desigualdad diurna. Además, el registro sugiere cambios en los planos de marea el día 14 de febrero.

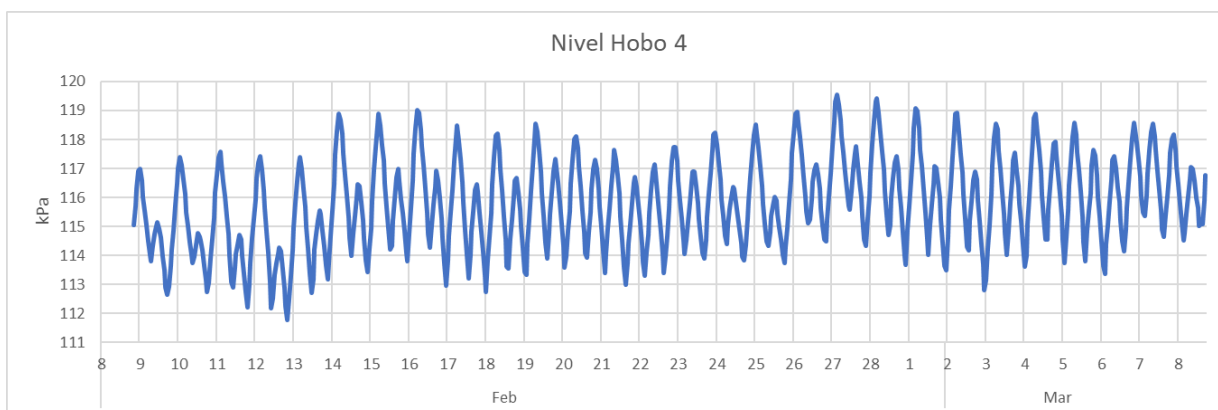


Figura 37. Registro horario de la variabilidad de la presión barométrica en la columna de agua del sitio Puente Pichoy; período 8 de febrero - 8 de marzo de 2022.

En la Tabla 22, se muestra la estadística básica del registro logrado en este sitio. Se puede observar que las alturas de marea en esta estación son platicurticas (curtosis o apuntalamiento negativo) con asimetría positiva (mayoría de los valores se encuentran bajo la media).

Tabla 22. Estadística básica del registro de presiones barométricas en la columna de agua del sitio Puente Pichoy.

| Parámetro | Valor |
|---------------------------|------------|
| Cantidad de Registros | 673 |
| Registro Mínimo | 111,771 |
| Registro Máximo | 119,553 |
| Media | 115,8258 |
| Error Estándar | 0,05983308 |
| Varianza | 2,409338 |
| Desviación Estándar | 1,552204 |
| Mediana (Percentil 50%) | 115,817 |
| Percentil 25% | 114,6065 |
| Percentil 75% | 116,974 |
| Asimetría | 0,06078468 |
| Curtosis | -0,6584052 |
| Media Geométrica | 115,8154 |
| Coefficiente de Variación | 1,34012 |

El análisis en el dominio de la frecuencia para el registro del sitio Puente Pichoy (Fig. 38) muestra, al igual que los registros de Puente Piedra Blanca y Puente Cayumapu, la existencia de cuatro “peaks” significativos: O1 (constituyente Diurna Lunar Principal) de frecuencia 0,038731 CPH (Ciclos por Hora), K1 (constituyente diurna Declinacional luni-solar) de frecuencia 0,041781 CPH, M2 (constituyente semidiurna Lunar Principal) de frecuencia 0,080511 CPH y K2 (constituyente semidiurna Declinación luni-solar) de frecuencia 0,083561 (Fig. 38).

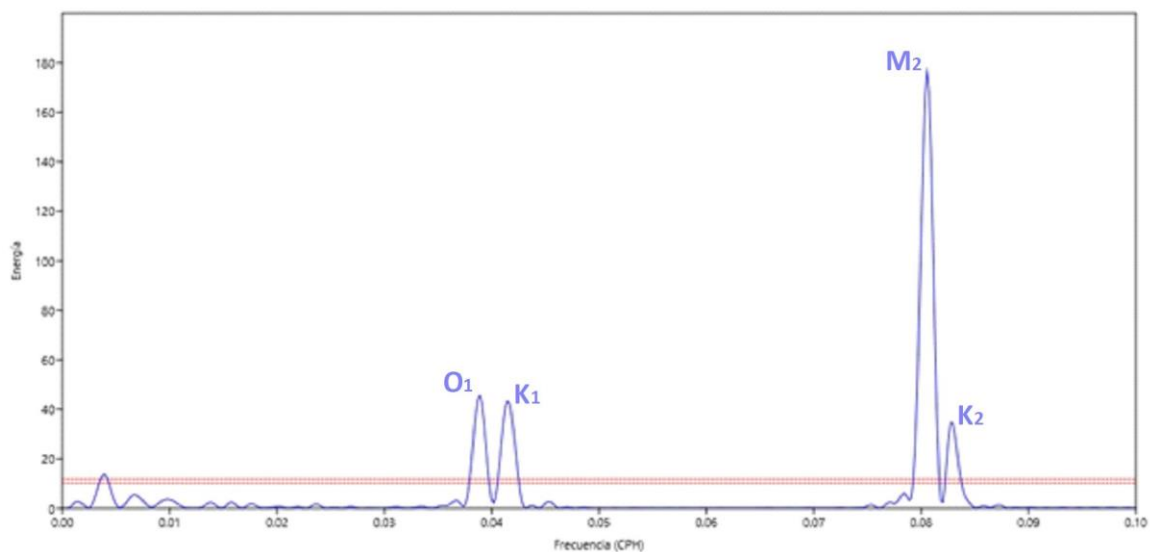


Figura 38. Periograma del registro del sitio Puente Pichoy, entre el 8 de febrero y 8 de marzo 2022. La componente con mayor energía es la M2 (constituyente de marea lunar principal semidiurna). Las líneas rojas representan los umbrales del 90 y 95% de confianza.

El análisis en el dominio del tiempo - frecuencia (Fig. 39) revela que el sitio Puente Pichoy, es afectado por un fenómeno cíclico altamente energético en el periodo semidiurno (12 horas) y durante todo el tiempo de registro de la señal. De acuerdo al análisis en el dominio de la frecuencia (Fig. 38), este fenómeno cíclico correspondería al efecto de la constituyente M2 y en menor medida a K2. Pero al igual que los registros de Puente Piedra Blanca y Puente Cayumapu, la componente cíclica diurna (explicada por O1 y K1) pierde energía en dos momentos durante el tiempo de registro (19 al 23 de febrero y al final del registro, entre los días 4 a 8 de marzo), lo que explica el cambio de comportamiento de poseer una desigualdad diurna a no tenerlo. En la primera mitad del registro, destaca un fenómeno inter-diario en la frecuencia de los cinco días (Fig. 39).

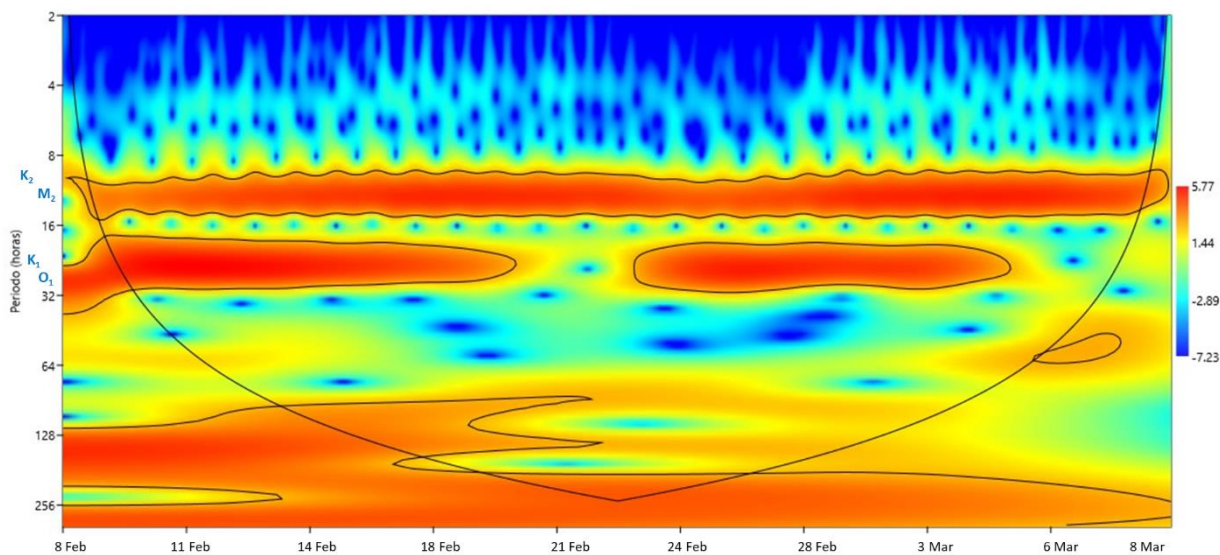


Figura 39. Transformación de “wavelet” con la ondícula de Morlet para el registro del sitio Puente Pichoy, entre el 8 de febrero y 8 de marzo 2022. Los colores más cálidos (rojos) se asocian a mayor energía, a la vez que los colores más fríos (azules) se asocian a menor energía en la ocurrencia de fenómenos que alteren el nivel de las aguas. Toda la zona del gráfico ubicada sobre la línea en V, incluye valores dentro del 95% de confianza.

Conclusiones

Los datos registrados por los sensores de presión barométrica instalados en los cuatro sitios de estudio, evidencian que las aguas de los mismos están afectadas por variabilidad mareal. Aun cuando no fue posible resolver las amplitudes de marea en los cuatro sitios de registro, se puede deducir que en todas estas amplitudes son centimétricas: del orden de 70 cm en Chorocamayo y cercanas a 30 cm en todas las otras estaciones.

Destaca que al menos en dos sitios (Chorocamayo y Pichoy) se observó que los planos de marea cambiaron durante el período de registro, lo que evidencia la ocurrencia de cambios en el nivel de las aguas o caudal del estuario.

Como la propagación de la onda de marea al interior de un estuario sufre diferentes modificaciones por fricción, la profundidad con respecto al nivel medio, es uno de los parámetros más importantes que controlan la forma en que se desarrolla la marea al interior de un estuario (Temmerman *et al.*, 2004). De esta forma, cambios en el nivel del mar pueden producir alteraciones en los rangos de marea al interior de un estuario (Talke & Jay, 2020); *i.e.*, un cambio pequeño pero paulatino del nivel de referencia, puede significar un cambio en los planos de marea en humedales estuariales como los aquí estudiados.

Las aguas de los cuatro sitios estudiados, presentan mareas semidiurnas dominadas por la constituyente M2. Sólo el sitio Chorocamayo, presentó cinco constituyentes de mareas astronómicas significativas (sobre el umbral del 95% de confianza), mientras que el

resto presentó solo cuatro constituyentes significativas. En los cuatro sitios, se observaron interrupciones en la energía asociada a los componentes diurnos, lo que trae como consecuencia una mutación del comportamiento mixto de la marea (con y sin desigualdad diurna). Estas interrupciones ocurrieron, tanto en períodos de cuadratura (cuando las amplitudes de marea son más bajas) como en sicigia (cuando las amplitudes de marea son más importantes) y pueden explicarse, debido a variaciones en el nivel de las aguas, debido a fenómenos diferentes a las mareas; por ejemplo, variaciones de caudal en estos ríos estuariales. Como las constituyentes diurnas son de menor amplitud que las constituyentes semidiurna - en especial la M2 - no es extraño que esto ocurra. Solo la estación de Chorocamayo presentó interrupciones en su componente semidiurno, situación que ocurrió en período de cuadratura afectando a la constituyente M2, lo que es inusual. Esto significa que durante esta época del año (a inicios y fines de abril), las variaciones del nivel de las aguas en esta estación no fueron explicadas por la marea, sino por otro fenómeno; por ejemplo, cambios del nivel de las aguas asociados a incrementos del caudal debido a precipitaciones.

El registro de más de 36 años continuos en la estación mareográfica de Corral (Fig. 40), evidencia una pendiente negativa del nivel del mar (*i.e.*, disminución del nivel del mar con respecto a la costa local), con una tasa de cambio de -1,69 mm/año (UACH, 2022). Esto implica que, en el futuro cercano, los planos de marea (nivel de las mareas más altas y más bajas) al interior de los humedales estudiados, probablemente experimenten cambios en sus niveles de inundación. Esto no es algo trivial, ya que una reducción de los planos de marea, implica pérdida eventual de conectividad hidráulica en obras de ingeniería asociadas a la ampliación de las rutas que a futuro se acerquen a esos humedales. Consecuentemente, se recomienda que las obras de ingeniería que se proyecten para la ampliación de las rutas 202 y 206, contemplen esta situación para evitar cortes en la conectividad hidráulica en sectores que intercepten a las aguas en los humedales estudiados.

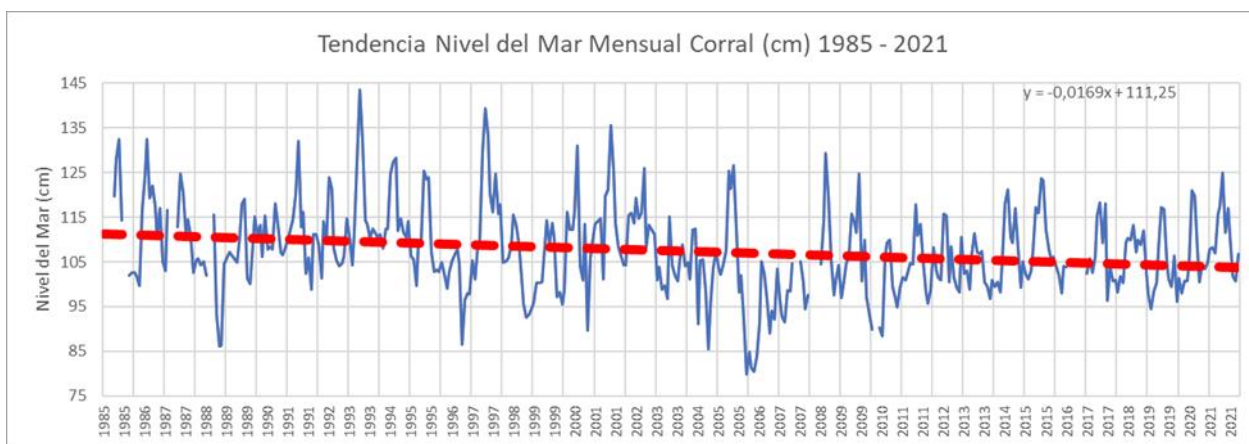


Figura 40. Nivel medio del mar y línea de tendencia interanual registrada en Corral. Fuente: UACH (2022).

Referencias

- Doodson AT & Warburg HD (1941) Admiralty Manual of tides. Hydrographic Department, U.K. Admiralty, 270 pp.
- Dronkers J (1986) Tidal asymmetry and estuarine morphology. *Netherlands Journal of Sea Research*, 20(2-3): 117-131.
- Foreman MGG & Henry RF (1989) The harmonic analysis of tidal model time series. *Advances in water resources*, 12(3): 109-120.
- Godin G (1972) *The Analysis of tides*. Liverpool University Press, 264 pp.
- Godin G (1984) The tide in rivers. *The International Hydrographic Review LXI* (2): 159 – 170.
- Godin G (1991) Frictional effects in river tides. *Tidal hydrodynamics*, 379, 402.
- Godin G (1999) The propagation of tides up rivers with special considerations on the Upper Saint Lawrence River. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48(3): 307-324.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Hermans TH, Gregory JM, Palmer MD, Ringer MA, Katsman CA & Slangen AB (2021) Projecting global mean sea-level change using CMIP6 models. *Geophysical Research Letters*, 48(5), e2020GL092064.
- Lu C & Luo X (2018) The Numerical Simulation of Characteristics of Tidal Wave Propagation in Yangtze Estuary. In *Proceedings 2018 7th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development (ICEESD 2018)* (pp. 1096-1101). Atlantis Press.
- Newton I (1687) *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Reimpresión 1972.
- Pawlowicz *et al.* (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-Tide.
- Peng D, Hill EM, Meltzner AJ & Switzer AD (2019) Tide gauge records show that the 18.61-year nodal tidal cycle can change high water levels by up to 30 cm. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(1): 736-749.
- SHOA (1999) Pub. 3202. Método oficial para el cálculo de los valores no armónicos de la marea. Valparaíso.
- Talke SA & Jay DA (2020) Changing tides: The role of natural and anthropogenic factors. *Annual review of marine science*, 12: 121-151.
- Temmerman S, Govers G, Wartel S & Meire P (2004) Modelling estuarine variations in tidal marsh sedimentation: response to changing sea level and suspended sediment concentrations. *Marine Geology*, 212(1-4), 1-19.
- Torrence C, Compo GP (1998) A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society* 79(1): 61-78.
- UACH (2022) Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del Río Cruces y sus Ríos Tributarios 2021. Informe Final Consolidado, p 817
- Wunsch C & Stammer D (1997) Atmospheric loading and the oceanic “inverted barometer” effect. *Reviews of Geophysics*, 35(1), 79-107.

iii) SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) EN EL AGUA

Introducción

Se denominan sólidos suspendidos totales (SST), al residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, que ha sido retenido en un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca en estufa, hasta peso constante.

La variabilidad en la concentración de los SST en un cuerpo hídrico, puede estar relacionada a causas naturales o antrópicas. Entre las primeras, están entre otras, la escorrentía superficial desde las laderas de las cuencas hídricas resultante debido a lluvias o escurrimiento de aguas subterráneas, las remociones en masa debido a movimientos tectónicos y ocurrencia de aluviones y las erupciones volcánicas que resultan en adiciones significativas de cenizas al agua. Por otra parte, las causas antrópicas incluyen entre otras, vertimiento de residuos industriales líquidos a los cuerpos hídricos receptores, erosión de riberas y cauces por efecto de instalación de infraestructura urbana y vial y rellenos para desarrollo inmobiliario.

Los SST se usan como indicadores de calidad de agua, ya que los mismos son causante directo de la turbidez del agua: en términos generales, a mayor concentración de los mismos, mayor es la turbiedad del agua y viceversa. Los aumentos de turbidez pueden disminuir la transparencia del agua y, por ende, afectar el proceso fotosintético de las macrófitas acuáticas. Más aún, un exceso de SST en el agua puede disminuir el grado de oxigenación de la misma, ya que ese exceso puede ser el resultado de una alta carga orgánica en el medio hídrico.

Todo lo anterior evidencia la necesidad de que todo proyecto de desarrollo y cuya área de influencia incluya cauces hídricos, tenga como uno de los componentes más relevantes el conocimiento del estado de las concentraciones de SST en los mismos.

Objetivos

Evaluar las concentraciones de SST en el agua de los humedales de los accesos Norte y Sur de Valdivia, y realizar comparaciones históricas con datos obtenidos con anterioridad a este estudio, en algunos de los sitios evaluados durante la campaña otoñal 2022.

Metodologías

Para evaluar las concentraciones de SST en el agua superficial de los humedales del área de estudio, se muestreó en las riberas de trece sitios: cinco en los del acceso Norte a Valdivia (Puente Pichoy, Puente Cayumapu, Cayumapu medio, Cayumapu exterior y Chorocamayo) (Fig. 41) y ocho en los del acceso Sur (Laguna Llancahue, Santo Domingo Sur, Río Angachilla, sector Angachilla, Río Angachilla, sector Las Gaviotas, Puente Piedra Blanca

exterior, Puente Piedra Blanca interior, Puente Santo Domingo y Estero Pichi) (Fig. 42).

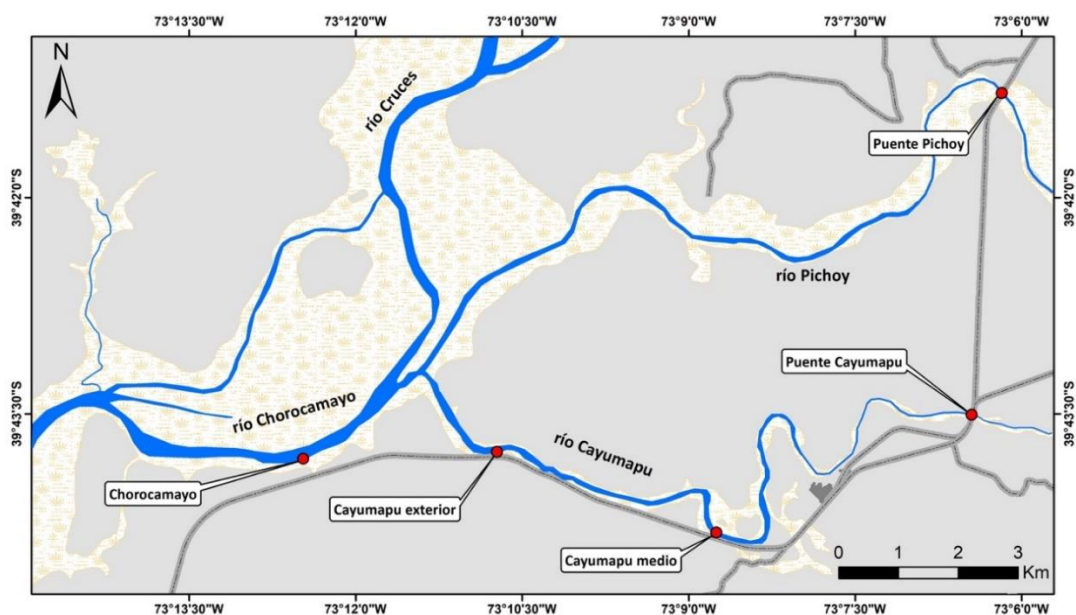


Figura 41. Ubicación de los sitios seleccionados para evaluación de las concentraciones de SST en el agua superficial de los humedales del acceso Norte de Valdivia.

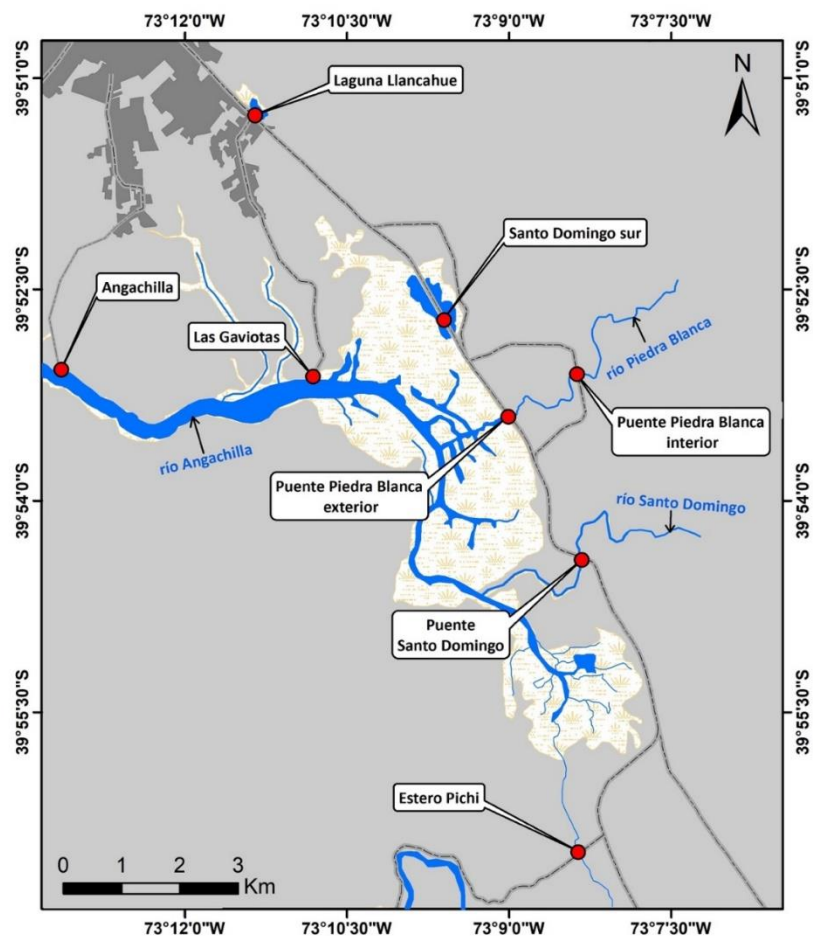


Figura 42. Ubicación de los sitios seleccionados para evaluación de las concentraciones de SST en el agua superficial de los humedales del acceso sur de Valdivia.

Durante el 1 y 2 de mayo 2022, se recolectaron muestras replicadas ($n=3$) de agua superficial (ca. 10 cm de profundidad) en las riberas de cada uno de los sitios de muestreo. Para ello se utilizaron frascos plásticos de 1 litro de capacidad. Para la determinación de SST, se utilizó el método gravimétrico, el cual consiste en filtrar un volumen conocido de una muestra de agua a través de filtros de fibra de vidrio de 47 mm de diámetro y 0,7 μm de apertura de poro (previamente pesados) e instalados en un matraz Kitasato o matraz Büchner. El proceso de filtración fue apoyado con una bomba de vacío. Posterior al proceso de filtrado, se secaron los filtros a 60° C por 24 horas, para luego - por diferencias de peso con los filtros utilizados en el filtrado de las muestras - estimar la cantidad de SST en las mismas.

Resultados

Otoño 2022

La Tabla 23 muestra la variabilidad espacial en las concentraciones de SST en el agua de los 13 sitios estudiados. En términos generales, el promedio general de las concentraciones fue aproximadamente dos veces más alta en el agua de los humedales del acceso Norte, que la estimada para los humedales del acceso Sur a Valdivia (20,1 mg/L vs. 11,1 mg/L, respectivamente). Similarmente, el promedio general de la desviación estándar fue ca. dos veces más alto en los sitios del acceso vial Norte que en los del acceso vial Sur (13,6 mg/L vs. 7,1 mg/L), lo que muestra mayor variabilidad en los primeros, en cuanto a concentraciones de SST y consecuentemente, en transparencia del agua (*i.e.*, a mayor concentración de SST, menor es la transparencia del agua y viceversa).

Las aguas de los sitios ubicados aguas arriba del sector de riberas estudiado en el acceso Norte de Valdivia, fueron las que presentaron las concentraciones de SST más bajas (< 10 mg/L en sitios puentes Pichoy y Cayumapu). Esto puede ser explicado por la mayor velocidad de las corrientes mareales en esos sitios, debido al encauzamiento natural de los ríos en los mismos. Por el contrario, aguas abajo de este sector y donde los cauces hídricos tienen mayor amplitud, las concentraciones de SST fueron superiores a 20 mg/L, con el valor más alto en el agua superficial del sitio Cayumapu medio (37,0 mg/L; Tabla 7). Para el caso del agua superficial de los sitios estudiados en el acceso Sur, las aguas de los sitios ubicados en áreas más abiertas o con mayor circulación de agua, fueron las que presentaron las concentraciones de SST más bajas (< 10 mg/L en río Angachilla, sector Las Gaviotas, Puente Piedra Blanca exterior, Puente Piedra Blanca interior y Puente Santo Domingo), a la vez que las aguas de sitios con menor circulación de agua tuvieron concentraciones más altas de SST (e.g., > 18 mg/L en aguas de los sitios laguna Llancahue y Santo Domingo Sur; Tabla 23).

Tabla 23. Concentraciones promedio (n=3) de SST en el agua superficial en los humedales de los accesos Norte y Sur de la ciudad de Valdivia.

| Zonas | Sitios | Concentración de SST en mg/L |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Acceso vial Norte | Puente Pichoy | 9,1 |
| | Puente Cayumapu | 3,6 |
| | Cayumapu medio | 37,0 |
| | Cayumapu exterior | 27,3 |
| | Chorocamayo | 23,7 |
| | Promedio | 20,1 |
| | Desviación Estándar | 13,6 |
| Acceso vial Sur | Laguna Llancahue | 18,8 |
| | Río Angachilla, sector Las Gaviotas | 3,8 |
| | Río Angachilla, sector Angachilla | 17,7 |
| | Santo Domingo Sur | 20,4 |
| | Puente Piedra Blanca exterior | 3,5 |
| | Puente Piedra Blanca interior | 4,5 |
| | Puente Santo Domingo | 8,0 |
| | Estero Pichi | 12,2 |
| | Promedio | 11,1 |
| | Desviación Estándar | 7,1 |

Años 2018, 2019 y 2022

La Tabla 24 muestra la variabilidad espacio - temporal de las concentraciones de SST durante los años 2018 (mayo y julio), 2019 (enero y abril) y 2022 (abril), en el agua de los sitios Puente Pichoy y Puente Cayumapu (acceso Norte de Valdivia), río Angachilla, sector Las Gaviotas, Santo Domingo Sur, puentes Piedra Blanca exterior y Piedra Blanca interior y Estero Pichi (acceso Sur de Valdivia).

Tales valores no muestran una mayor asociación con sitios y años (Tabla 24). Lo que, sí evidencian, es que en general y durante la ventana de tiempo comparada, las concentraciones de SST estimadas para sitios del acceso Sur de Valdivia, tuvieron valores más altos que las estimadas para sitios del acceso Norte de la ciudad y que esos valores ocurrieron preferentemente en el mes de menor caudal hídrico en la zona de Valdivia (abril) y consecuentemente, cuando ocurre menor dilución de SST en el agua.

Tabla 24. Concentraciones promedio (n=3) de SST en el agua superficial de humedales de los accesos norte y sur de la ciudad de Valdivia, durante mayo y julio 2018, enero y abril 2019 y abril de 2022.

| Zonas | Sitios | Concentración de SST en mg/L | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 2018 mayo | 2018 julio | 2019 enero | 2019 abril | 2022 abril |
| Acceso vial Norte | Puente Pichoy | 3,3 | 2,5 | 9,4 | 2,1 | 9,1 |
| | Puente Cayumapu | 3,6 | 4,2 | 5,2 | 1,3 | 3,6 |
| Acceso vial Sur | Río Angachilla, sector Las Gaviotas | 2,5 | 1,9 | 3,0 | 39,2 | 3,8 |
| | Santo Domingo Sur | 33,3 | 13,5 | 12,3 | 27,2 | 20,4 |
| | Puente Piedra Blanca exterior | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 25,7 | 3,5 |
| | Puente Piedra Blanca interior | 2,2 | 4,2 | 2,7 | 8,5 | 4,5 |
| | Estero Pichi | 9,6 | 2,1 | 7,4 | 6,8 | 12,2 |

Conclusiones

Las concentraciones de SST estimadas durante abril de 2022 en el agua superficial de humedales aledaños al acceso Norte de Valdivia o humedal del río Cruces y sus ríos tributarios (HRC), fueron en general más altas que las estimadas para el agua superficial de aquellos humedales aledaños al acceso Sur de Valdivia.

Tal situación, puede estar relacionada al hecho que, el Luchecillo (*Egeria densa*) - macrófita acuática de amplia distribución en humedales aledaños al acceso Norte de la ciudad - cubría hasta el invierno del año 2020, gran parte del área de los mismos. Durante ese invierno, la cobertura de esta macrófita acuática fue afectada negativamente y consecuentemente su función como especie bioingeniería al actuar como trampa retenedora de SST transportados en la columna de agua. Hasta el día de hoy y debido a que la cobertura del Luchecillo no se ha recuperado totalmente en los humedales del acceso Norte a Valdivia, la cantidad de SST que se mantiene en la columna de agua sigue siendo alta y mayor que la estimada para el agua superficial de las riberas de los humedales del acceso Sur de la ciudad, donde no ha ocurrido un fenómeno como el mencionado más arriba para el HRC, en cuanto a cobertura de una macrófita acuática se refiere.

Por otra parte, las concentraciones más altas de SST estimadas durante los muestreos de los años 2018 y 2019, para el agua superficial de algunos de los humedales aledaños al acceso Sur de Valdivia, pueden ser explicadas por: i) diferencias inter anuales de pluviometría conducentes a concentraciones más bajas de SST por dilución, o ii) retención de SST durante períodos de pluviosidad, en sitios con limitada circulación hídrica (e.g., Santo Domingo Sur).

Lo anterior evidencia la necesidad de que - ante la eventualidad de ampliaciones en las rutas de acceso Norte y Sur de Valdivia - se implemente un adecuado programa de monitoreo, cuya periodicidad dé cuenta de toda la variabilidad espacio temporal de los SST en el agua de los humedales adyacentes a esos accesos. Más aún, los datos a obtenerse en

un monitoreo de tal tipo, debieran contrastarse periódicamente con datos de pluviometría a obtenerse *in situ* en estaciones pluviométricas expresamente instaladas para tal efecto y en zonas aledañas a los humedales de los accesos Norte y Sur de Valdivia.

iv) SEDIMENTOS SUBMAREALES

Introducción

Los sedimentos no consolidados que forman parte del fondo o del lecho natural de los cuerpos hídricos continentales, están constituidos por granos de diferentes tamaños y sujetos a diferentes procesos físicos: granos más gruesos arrastrados primariamente por tracción en el fondo y granos de menor tamaño, que se han originado por depositación desde la columna de agua y que pueden ser resuspendidos por las corrientes y mareas. La proporción natural de diferentes tamaños de grano resulta, en la formación de diferentes facies o conjuntos de sedimentos con características texturales similares y a las que se asocian diferentes concentraciones de materia orgánica depositada.

En cuanto al tamaño de sus componentes básicos, los sedimentos no consolidados de los cuerpos hídricos continentales pueden ser categorizados en grava (partículas de diámetro superior a 2000 micrones), arena (partículas entre 2000 y 63 micrones) y fango (partículas inferiores a 63 micrones; i.e., limo más arcilla) (Folk, 1980). Dependiendo entre otros aspectos de las características geomorfológicas, profundidades y velocidad de las corrientes, esos sedimentos estarán representados por granos más gruesos (donde haya, por ejemplo, corrientes fuertes) o granos más finos (donde la intensidad de las corrientes es menor y haya posibilidad de depositación de las partículas más finas). Y a esa gradación de tamaños - relacionada esta al tipo de ambiente - se asociarán diferentes concentraciones de materia orgánica: mientras más fino sea el sedimento mayor será la concentración de materia orgánica y viceversa. Más aún, a esa gradación de tamaños se asocian diferentes ensambles de macro-organismos, constituyendo complejas asociaciones faunísticas, entidades que han sido utilizadas para evaluar el estado de salud de los fondos sedimentarios (*e.g.*, Gray, 1974; Gray & Elliot, 2009).

En el contexto mencionado anteriormente, se analiza a continuación, la variabilidad espacial de las características sedimentológicas de los fondos sedimentarios de aguas someras y aledaños a las riberas del área de estudio.

Objetivos

Evaluar las características texturales y contenidos de materia orgánica de los fondos sedimentarios de las riberas de los humedales de los accesos Norte y Sur de Valdivia.

Metodologías

Para evaluar las características texturales y contenidos de materia orgánica de los fondos sedimentarios de las riberas de los humedales del área de estudio, se muestreó en los mismos trece sitios donde se recolectó agua superficial para evaluar concentraciones de SST: cinco en los del acceso Norte a Valdivia (Puente Pichoy, Puente Cayumapu, Cayumapu medio, Cayumapu exterior y Chorocamayo) (Fig. 41) y ocho en los del acceso Sur (Laguna Llancahue, Santo Domingo sur, río Angachilla, sector Las Gaviotas, río Angachilla, sector Angachilla, Puente Piedra Blanca exterior, Puente Piedra Blanca interior, Puente Santo Domingo y Estero Pichi) (Fig. 42).

Durante el 1 y 2 de mayo de 2022, se recolectaron muestras replicadas ($n=3$) de sedimentos submareales (ca. 20 cm de profundidad) en las riberas de cada uno de los sitios de muestreo. Para ello se utilizó un cilindro plástico de 3 cm de diámetro enterrado a una profundidad aproximada de 2,5 cm. Las muestras recolectadas se conservaron en congelador hasta los análisis de laboratorio, los que se realizaron siguiendo la metodología de tamizado en húmedo de Anderson *et al.*, (1981). Esta metodología consiste en seleccionar porciones de aproximadamente diez gramos de sedimento para ser tamizadas en húmedo, a través de coladores de 2000 y 63 micrones de abertura de trama. Esto con el objetivo de separar las fracciones grava (partículas de diámetro superior a 2000 micrones), arena y agregados biogénicos (partículas entre 2000 y 63 micrones) y fango o partículas finas (partículas inferiores a 63 micrones, *i.e.*, limo más arcilla). Posteriormente, las fracciones correspondientes a las arenas y agregados biogénicos fueron tratadas con ultrasonido durante 30 minutos para posteriormente ser tamizadas a través de un colador de 63 micrones, con el objetivo de separar la fracción arena de los agregados biogénicos. Estos últimos están representados primariamente por agregados fecales y restos de tubos habitacionales de gusanos anélidos. Posteriormente, las fracciones fueron secadas (60°C por 24 horas) e incineradas (550° C por 4 horas) para a partir de cálculos de diferencia de peso, determinar el porcentaje de materia orgánica carbonosa o combustible total, para cada una de las muestras (Byers *et al.*, 1978).

Resultados

- La Tabla 25 muestra la variabilidad espacial en los valores porcentuales de los contenidos de arena, fango, agregados biogénicos y materia orgánica total en los sedimentos de las riberas de los sitios estudiados durante mayo de 2022.
- Destaca la gran variabilidad intra zona de cada uno de los parámetros sedimentarios estudiados, lo que se evidencia por los altos valores de desviación estándar, en torno a los valores promedio estimados para el grupo de humedales de los accesos Norte y Sur de Valdivia. No se detectó la presencia de grava (partículas de diámetro superior a 2000 micrones) en

ninguno de los sedimentos analizados.

- La arena (partículas comprendidas entre 63 y 2000 micrones) fue en general, la fracción dominante en los sedimentos de las riberas estudiadas: promedios de 47,1 y 66,0% (desviaciones estándar de 36,9 y 13,3%, respectivamente) en los humedales de los accesos Norte y Sur de Valdivia, respectivamente (Tabla 25). Los valores porcentuales más bajos de esta fracción (< 15%) se estimaron para los sedimentos de los sitios Puente Cayumapu y Cayumapu medio; en esos mismos sedimentos, se detectaron las concentraciones más altas de la fracción fango (partículas <63 micrones; > 75%) y materia orgánica (> 25%) (Tabla 9).
- Las concentraciones más altas de agregados biogénicos (> 10%) se detectaron en los sedimentos de los sitios Cayumapu medio, Cayumapu exterior, Chorocamayo, laguna Llancahue y Santo Domingo Sur (Tabla 25).

Tabla 25. Valores porcentuales promedio (n=3) de las fracciones texturales arena, fango y agregados biogénicos y materia orgánica total en los sedimentos de las riberas de los humedales de los accesos Norte y Sur de la ciudad de Valdivia.

| Zonas | Sitios | Arena | Fango | Agregados biogénicos | Materia orgánica |
|-------------------|-------------------------------------|-------|-------|----------------------|------------------|
| Acceso vial Norte | Puente Pichoy | 94,4 | 1,9 | 3,7 | 3,2 |
| | Puente Cayumapu | 11,2 | 80,4 | 8,4 | 26,1 |
| | Cayumapu medio | 10,3 | 78,7 | 11,0 | 49,6 |
| | Cayumapu exterior | 70,5 | 13,8 | 15,7 | 17,5 |
| | Chorocamayo | 49,3 | 39,8 | 10,9 | 26,7 |
| | Promedio | 47,1 | 42,9 | 9,9 | 24,6 |
| | Desviación Estándar | 36,9 | 36,1 | 4,4 | 16,9 |
| Acceso vial Sur | Laguna Llancahue | 63,3 | 23,0 | 13,8 | 18,2 |
| | Río Angachilla, sector Las Gaviotas | 75,2 | 15,9 | 8,9 | 5,3 |
| | Río Angachilla, sector Angachilla | 65,1 | 28,5 | 6,4 | 18,0 |
| | Santo Domingo Sur | 50,2 | 38,1 | 11,7 | 20,1 |
| | Puente Piedra Blanca exterior | 69,9 | 25,2 | 5,0 | 9,9 |
| | Puente Piedra Blanca interior | 49,7 | 44,8 | 5,6 | 26,9 |
| | Puente Santo Domingo | 63,7 | 30,8 | 5,5 | 26,9 |
| | Estero Pichi | 90,7 | 4,5 | 4,8 | 4,2 |
| | Promedio | 66,0 | 26,4 | 7,7 | 16,2 |
| | Desviación Estándar | 13,3 | 12,5 | 3,4 | 8,9 |

Conclusiones

- Durante abril de 2022, la fracción textural dominante en los sedimentos de las riberas de los humedales estudiados en los accesos Norte y Sur de Valdivia, fue la arena, seguida del fango. No se detectó grava en ninguno de esos sedimentos.
- Interesa destacar los altos porcentajes de agregados biogénicos en los sedimentos

estudiados. Eso da cuenta, de que, en los fondos sedimentarios estudiados, ocurren macro-invertebrados cuyas abundancias podrían ser relevantes, como bio-indicadores de cambios ambientales en este tipo de hábitat.

Referencias

- Anderson, F., L. Black, L. Mayer & L. Watling 1981. A temporal and spatial study of mudflat texture. *North Eastern Geology* 3: 184-196.
- Byers, S., Mills, E. & P. Steward. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestion for a standard method. *Hydrobiologia* 58: 43-47.
- Folk, R. L. 1980. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas: 182 pp.
- Gray JS. 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review* 12, 223-261.
- Gray, J.S., Elliott, M. 2009. *Ecology of marine sediments. From science to management*. Oxford University Press: 225 pp.

6.2. COMPONENTE BIÓTICO

i) MACRÓFITAS ACUÁTICAS

Introducción

La vegetación acuática o macrófitas, corresponde al conjunto de plantas que dependen fisiológicamente del agua y que, a diferencia de las algas, poseen un sistema vascular conformado por raíz, tallo y hojas. Además, se reproducen sexualmente mediante semillas y también poseen reproducción vegetativa a través de vástagos (Rodríguez & Fica, 2020).

De acuerdo con su forma de vida, las macrófitas acuáticas pueden clasificarse en sumergidas arraigadas, sumergidas libres, natantes, flotantes libres y emergidas. Las plantas sumergidas arraigadas están fijadas al fondo acuático y no poseen estructuras que salgan hacia la superficie. Las plantas sumergidas libres también viven bajo la superficie, pero pueden ser arrastradas por las corrientes de agua. Las plantas natantes están arraigadas al sustrato, sin embargo, poseen hojas que flotan sobre la superficie y son capaces de realizar fotosíntesis obteniendo el dióxido de carbono directamente del aire. Por otro lado, las plantas flotantes libres migran a la deriva por la superficie y son impulsadas por las corrientes de agua y tienden a cubrir ciertas zonas del espejo del agua y a acumularse asociadas a otras macrófitas, rocas u otros sustratos, fotosintetizando como lo hacen las plantas terrestres. Finalmente, las macrófitas emergidas, también conocidas como plantas palustres o helófitos, se distinguen por poseer sus raíces en sedimentos fangosos, pero la

mayor parte de su estructura se encuentra fuera del agua formando grandes extensiones (e.g., pajonales o totorales) (Ramírez & Álvarez, 2012).

La importancia de la vegetación acuática y palustre en los humedales, radica en ser la fuente de producción primaria de estos ambientes, aportando oxígeno a través del proceso de fotosíntesis (Ramírez & Álvarez, 2012). Las macrófitas acuáticas otorgan hábitat y refugio para peces, anfibios, aves y mamíferos (Mitsch & Gosselink, 1993) y son fuente primaria de alimentación para aves acuáticas herbívoras como cisnes y taguas (Velásquez *et al.*, 2019 a, 2019 b). Por lo anterior, son bioindicadores relevantes que reflejan el estado de salud y las condiciones del cuerpo de agua en el que se encuentran (ver, por ejemplo, Velásquez *et al.*, 2019 a). La disponibilidad de nutrientes en el sistema (especialmente nitratos y fosfatos), el nivel del agua, la cantidad de luz, la acumulación de sedimentos y una serie de parámetros físico-químicos, sumados al grado de intervención antropogénica, influyen en el crecimiento y desarrollo de las macrófitas acuáticas y pueden ser signos de contaminación o perturbaciones en el ecosistema.

Objetivos

Evaluar la riqueza específica de las macrófitas acuáticas presentes en las riberas de los humedales ubicados en los accesos norte y sur de Valdivia.

Metodologías

Para evaluar la presencia de macrófitas acuáticas en los humedales del área de estudio, se muestreó en las riberas de doce sitios: cinco en los del acceso Norte a Valdivia (Puente Pichoy, Puente Cayumapu, Cayumapu medio, Cayumapu exterior y Chorocamayo) (Fig. 43) y siete en los del acceso Sur (Laguna Llancahue, Santo Domingo Norte, Santo Domingo Sur, río Angachilla, sector Las Gaviotas, Puente Piedra Blanca exterior, Puente Piedra Blanca interior y Estero Pichi) (Fig. 44).

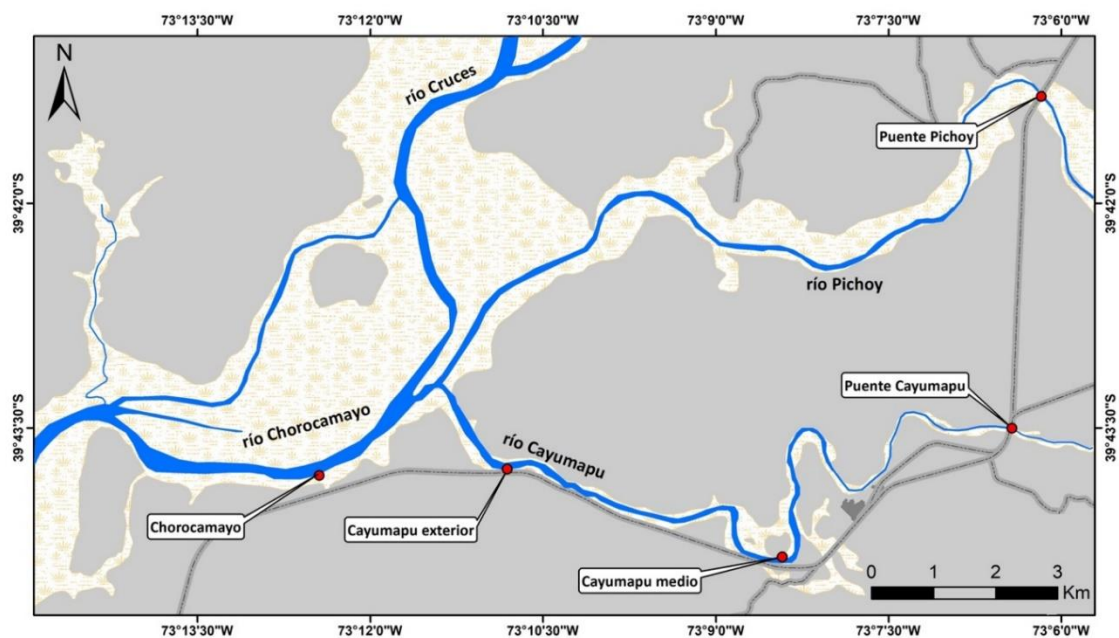


Figura 43. Ubicación de los sitios seleccionados para observación de macrófitas acuáticas en los humedales del acceso norte de Valdivia.

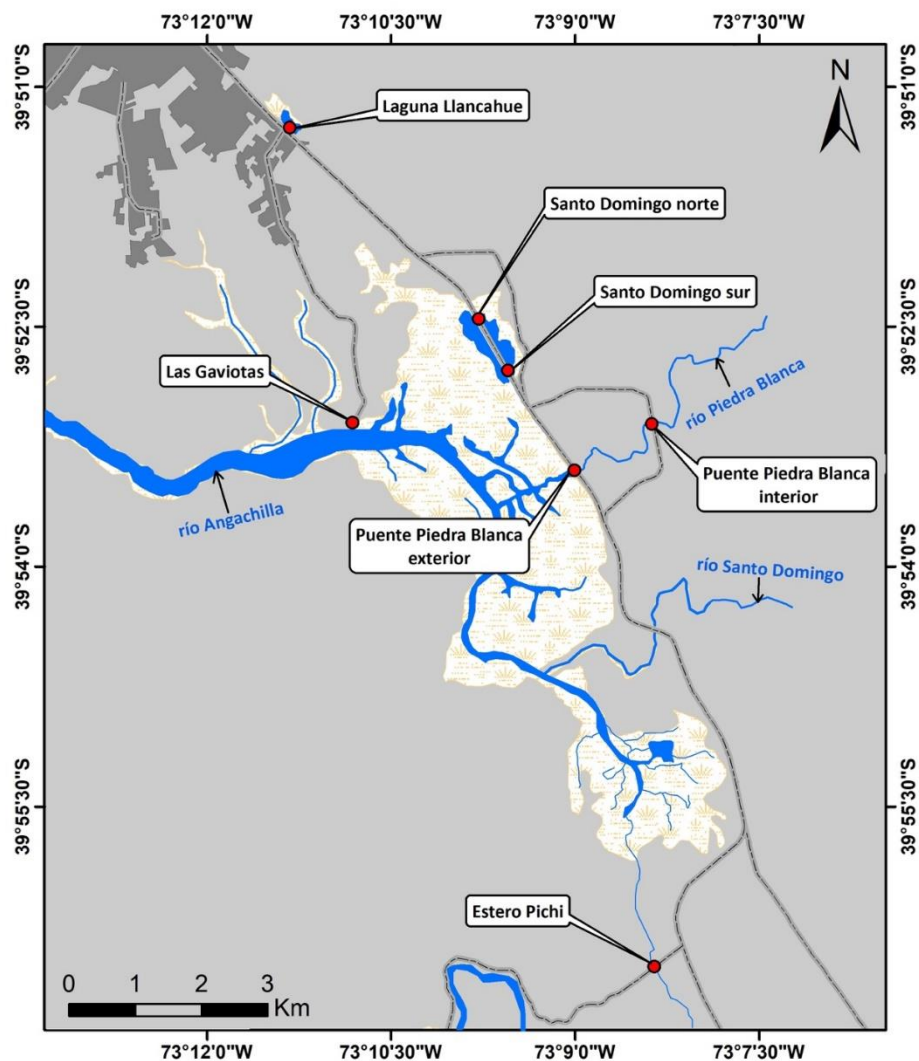


Figura 44. Ubicación de los sitios seleccionados para observación de macrófitas acuáticas en los humedales del acceso sur de Valdivia.

Resultados

Se registró un total de 17 especies de macrófitas acuáticas en los doce sitios del área de estudio (Tabla 26); aproximadamente, el 50% (9 taxa) de estas especies son introducidas. Once de estas especies son de hábito emergente, cuatro sumergidas, una de hábito flotante y otra natante (Tabla 26). La Totora (*Schoenoplectus californicus*) es la planta con mayor cantidad de observaciones, siendo registrada en todos los sitios de muestreo.

Tabla 26. Especies de macrófitas acuáticas presentes en los humedales de los accesos Norte y Sur de la ciudad de Valdivia. Origen Fitogeográfico tomado de Rodríguez, R. & Fica, B. (2020).

| Nombre científico | Nombre común | Familia | Origen | hábito |
|------------------------------------|--------------------|------------------|-------------|-----------|
| <i>Alisma plantago aquatica</i> | Llantén de agua | Alismataceae | Introducida | Emergente |
| <i>Blechnum chilense</i> | Costilla de vaca | Blechnaceae | Nativa | Emergente |
| <i>Cyperus eragrostis</i> | Cortadera | Cyperaceae | Nativa | Emergente |
| <i>Egeria densa</i> | Luchecillo | Hydrocharitaceae | Introducida | Sumergida |
| <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> | Hierba de la plata | Apiacea | Nativa | Emergente |
| <i>Juncus procerus</i> | Junquillo | Juncaceae | Nativa | Emergente |
| <i>Limnobiium loevigatum</i> | Hierba guatona | Hydrocharitaceae | Introducida | Flotante |
| <i>Ludwigia peploides</i> | Clavito de agua | Onagraceae | Nativa | Emergente |
| <i>Lycopus europeus</i> | Menta de lobo | Lamiaceae | Introducida | Emergente |
| <i>Myriophyllum aquaticum</i> | Pinito de agua | Haloragaceae | Nativa | Sumergida |
| <i>Nymphaea alba</i> | Loto | Nymphaeaceae | Introducida | Natante |
| <i>Potamogeton lucens</i> | Huiro verde | Potamogetonaceae | Introducida | Sumergida |
| <i>Potamogeton pusillus</i> | Huiro café | Potamogetonaceae | Introducida | Sumergida |
| <i>Ranunculus repens</i> | Botón de oro | Ranunculaceae | Introducida | Emergente |
| <i>Sagittaria montevidensis</i> | Flecha de agua | Alismataceae | Endémica | Emergente |
| <i>Schoenoplectus californicus</i> | Totora | Cyperaceae | Nativa | Emergente |
| <i>Typha angustifolia</i> | Vatro | Typhaceae | Introducida | Emergente |

En los humedales del acceso Norte de Valdivia se observaron 14 especies de macrófitas acuáticas (Tabla 27). Las riberas de los sitios Chorocamayo y Puente Cayumapu fueron las que tuvieron el complemento de especies más bajo (6-7) y las del sitio Puente Pichoy, las con mayor número de taxa (11) (Fig. 45). Las especies con mayor presencia en las observaciones fueron la Totora y el Loto, presentes en los cinco sitios del acceso norte de Valdivia (Tabla 11).

Tabla 27. Especies de macrófitas observadas en las riberas de los sitios de estudio de los humedales del acceso Norte de Valdivia.

| Nombre científico | Puente Pichoy | Puente Cayumapu | Cayumapu medio | Cayumapu exterior | Chorocamayo |
|------------------------------------|---------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------|
| <i>Blechnum chilense</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Cyperus eragrostis</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Egeria densa</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Juncus procerus</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Limnobiium loevigatum</i> | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Ludwigia peploides</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Lycopus europeus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nymphaea alba</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Potamogeton lucens</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Potamogeton pusillus</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Ranunculus repens</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Sagittaria montevidensis</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Schoenoplectus californicus</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Typha angustifolia</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

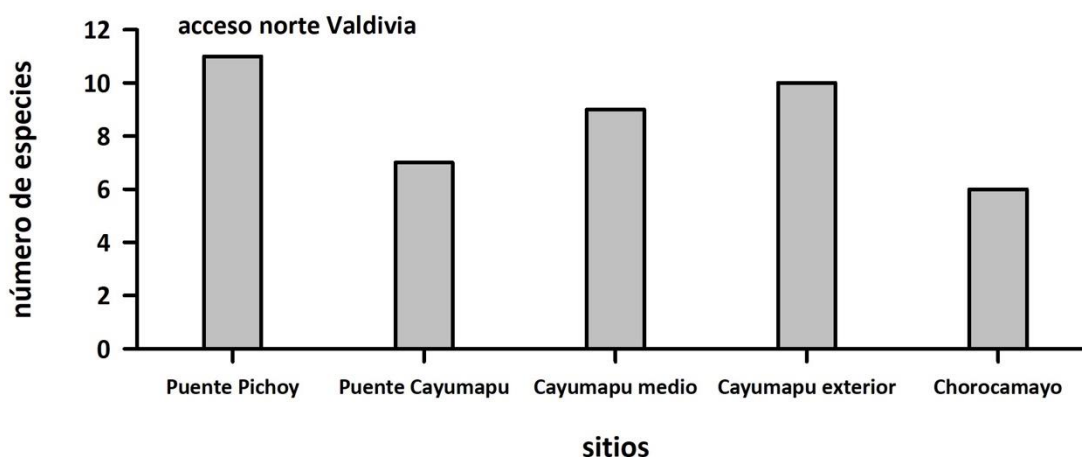


Figura 45. Número de especies de macrófitas acuáticas observadas en las riberas de los sitios de estudio de los humedales del acceso norte de Valdivia.

En los humedales del acceso Sur de Valdivia se observaron 13 especies de macrófitas acuáticas (Tabla 28). Las riberas de los sitios Santo Domingo Norte y Piedra Blanca Exterior, fueron las que tuvieron el complemento de especies más bajo (2) y las del sitio Santo Domingo Sur y Piedra Blanca Interior, las con mayor número de *taxa* 8 y 7 respectivamente (Fig. 46). La especie con mayor presencia en las observaciones fue la Totora, presente en los siete sitios del acceso sur de Valdivia (Tabla 28).

Tabla 28. Especies de macrófitas observadas en las riberas de los sitios de estudio de los humedales del acceso Sur de Valdivia.

| Nombre científico | Laguna Llancahue | Santo Domingo norte | Santo Domingo sur | Las Gaviotas | Piedra Blanca Exterior | Piedra Blanca Interior | Estero Pichi |
|------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------|------------------------|------------------------|--------------|
| <i>Alisma plantago aquatica</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Blechnum chilense</i> | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Cyperus eragrostis</i> | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Juncus procerus</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Lycopus europeus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Myriophyllum aquaticum</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nymphaea alba</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Potamogeton lucens</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Ranunculus repens</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Sagittaria montevidensis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Schoenoplectus californicus</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Typha angustifolia</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

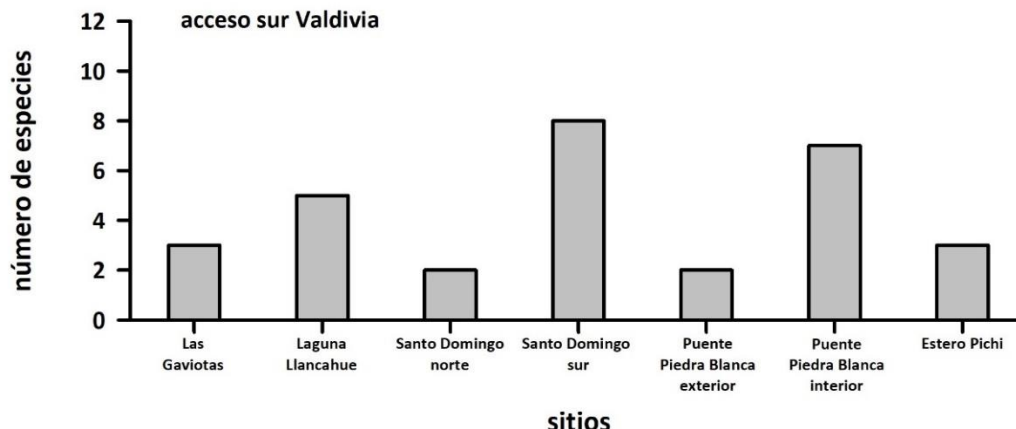


Figura 46. Número de especies de macrófitas acuáticas observadas en las riberas de los sitios de estudio de los humedales del acceso sur de Valdivia.

Conclusiones

- Si bien el número de especies de macrófitas acuáticas, fue similar en los humedales de los accesos Norte y Sur de Valdivia (14 y 13 especies, respectivamente), las riberas de los sitios muestreados en el acceso Norte, mostraron un promedio de especies más alto (8,6) y una mayor homogeneidad en cuanto a este parámetro biológico se refiere (desviación estándar=2,1); en otras palabras, esos sitios no mostraron mayores diferencias entre los valores más bajos y más altos en cuanto a riqueza de especies, se refiere. Por el contrario, en las riberas de los sitios estudiados en el acceso Sur de Valdivia, el valor promedio de especies fue más bajo (4,3) y la diferencia entre los valores más bajos y altos fue mayor (desviación estándar = 2,4) (cf. Fig. 45 Y 46).
- Las riberas de los sitios muestreados en ambos accesos viales a Valdivia, fueron similares en cuanto a que en todos ellos estuvo presente la Totora (*Schoenoplectus californicus*). No obstante, la gran diferencia entre ambos grupos de sitios, es que, en aquellos del acceso Norte, el Luchecillo (alimento primario de cisnes y taguas) estuvo presente en el 80% de los sitios, a la vez que, en aquellos del acceso Sur, estuvo ausente. Más aún, en los sitios del acceso Norte, ocurrieron otras dos macrófitas acuáticas que también son consumidas por los cisnes (*Potamogeton lucens* y *Potamogeton pusillus*), situación observada con solo una de estas especies (*Potamogeton pusillus*) y en un solo sitio de los humedales del acceso Sur a Valdivia (Llancahue sur) (cf. Tablas 27 y 28).

Referencias

- Mitsch, W.J., & Gosselink, J.G. 2007. Wetlands. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Ramírez, C. & Álvarez, M. 2012. Flora y vegetación hidrófila de los humedales costeros de Chile. En: J.M. Fariña & A. Camaño (eds.), Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 101-145.
- Rodríguez, R. & Fica, B. 2020. Guía de Campo Plantas Vasculares Acuáticas en Chile. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile. 216 pp.
- Velásquez, C., Jaramillo, E., Camus, P., Labra, F., San Martín, C. 2019 a. Dietary habits of the black-necked swan *Cygnus melancoryphus* (Birds: Anatidae) and variability of the aquatic macrophyte cover in the Rio Cruces wetland, southern Chile. PLOS ONE; <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226331>.
- Velásquez, C., Jaramillo, E., Camus, P., San Martín, C. 2019 b. Consumption of aquatic macrophytes by the Red-gartered Coot *Fulica armillata* (Birds: Rallidae) in a coastal wetland of north central Chile. Gayana 83: 68.72.

ii) ICTIOFAUNA

Introducción

Los humedales albergan aproximadamente el 50 % de la totalidad de especies de peces del mundo (Zhongming *et al.*, 2021). La presencia y abundancias específicas de los peces de hábitats de aguas continentales, son un buen bioindicador de la salud ambiental de los mismos. En otras palabras, si los ecosistemas de agua dulce se encuentran en un avanzado estado de deterioro ambiental, la riqueza de especies y abundancia de la ictiofauna será baja y los servicios ecosistémicos de las mismas estarán afectados (Aguilar, 2005).

Según Möller (2008), la ictiofauna nativa de aguas continentales en Chile se encuentra conformada por 43 especies distribuidas en las familias Characidae, Diplomystidae, Trichomycteridae, Galaxiidae, Aplochitonidae, Cyprinodontidae, Atherinopsidae, Percichthyidae, Perciliidae y Geotriidae; dentro de las mismas, un 81% corresponde a especies endémicas.

En Chile, la mayor ocurrencia de especies de peces de aguas continentales se encuentra en la zona Centro-sur del país, disminuyendo hacia los sectores Norte y Sur del mismo. Estas y otras características (*e.g.*, origen, distribución, endemismo) confieren a este grupo faunístico un alto valor biogeográfico y de conservación; no obstante, aún existe un alto desconocimiento en relación a sus ciclos de vida, ocurrencia espacial, abundancias, dinámicas poblacionales e interacciones ecológicas (*cf.* Vila *et al.*, 2006). A esto se debe

sumar también, el desconocimiento de las respuestas de los peces a múltiples presiones ambientales sobre los ecosistemas acuáticos continentales, incluyendo entre otras, la expansión urbana y la ocurrencia de especies exóticas.

Como dicho más arriba, la ocurrencia y abundancia de peces ha sido utilizada comúnmente como indicador de la calidad del agua (*e.g.*, Aguilar, 2005; Velázquez-Velázquez & Vega - Candejas, 2004). Más aún, estos vertebrados acuáticos han sido considerados como un vector útil de comunicación para sensibilizar al público y a las autoridades, sobre la necesidad de preservar la calidad de diferentes tipos de humedales, incluyendo ríos y lagos (Filipe, Cowx & Collares Pereira, 2002). Debido a lo anterior, la caracterización de la ictiofauna de cualquier cuerpo acuático es importante, porque la misma es una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (Boulton, 1999) y puede ser utilizada en la confección de índices de la calidad del medio acuático (*e.g.*, Soto Galera *et al.*, 1998; McDowall & Taylor, 2000; Oberdorff *et al.*, 2002), para identificar diversos niveles de degradación ambiental (Scott & Hall, 1997; Wichert & Rapport, 1998), así como para definir también el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos intervenidos (Paller *et al.*, 2000).

Objetivos

Evaluar el estado actual de conservación, riqueza específica y abundancias de la fauna íctica presente en las riberas de los humedales de los accesos Norte y Sur de Valdivia, y realizar comparaciones históricas con datos obtenidos con anterioridad a este estudio, en algunos de los sitios evaluados durante la campaña otoñal 2022.

Metodologías

Para estudiar la ictiofauna de las riberas de los humedales del área de estudio, se muestreó en las riberas de nueve sitios: cuatro en los del acceso Norte a Valdivia (Puente Pichoy, Puente Cayumapu, Cayumapu exterior y Chorocamayo) (Fig. 47) y cinco en los del acceso Sur (laguna Llancahue, Santo Domingo Sur, Puente Piedra Blanca exterior, Puente Piedra Blanca interior y Estero Pichi) (Fig. 48).

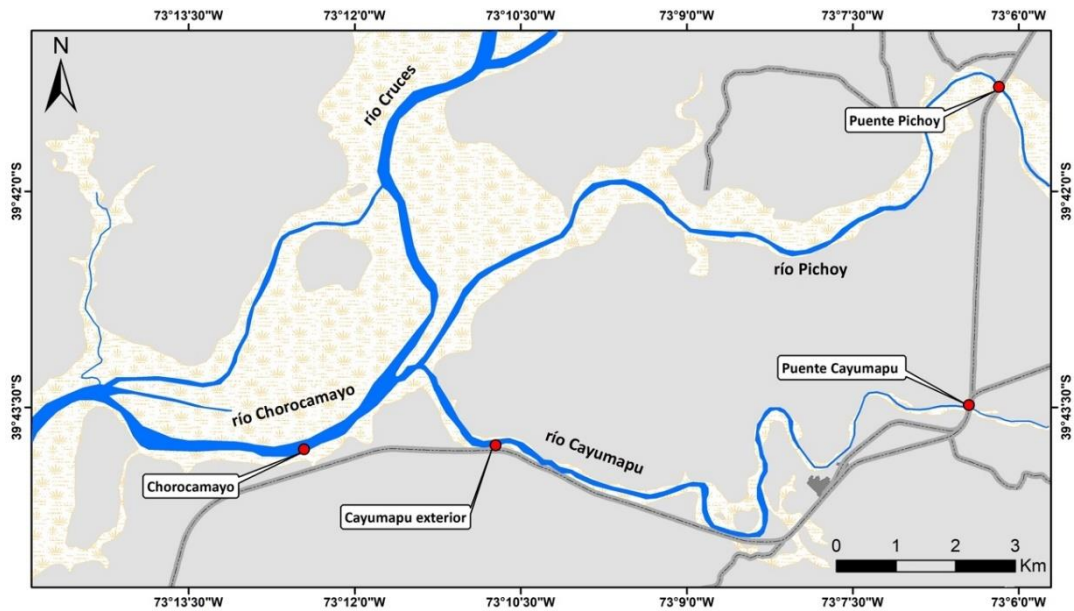


Figura 47. Ubicación de los sitios seleccionados para el estudio de la ictiofauna de riberas, en los humedales del acceso Norte a la ciudad de Valdivia.

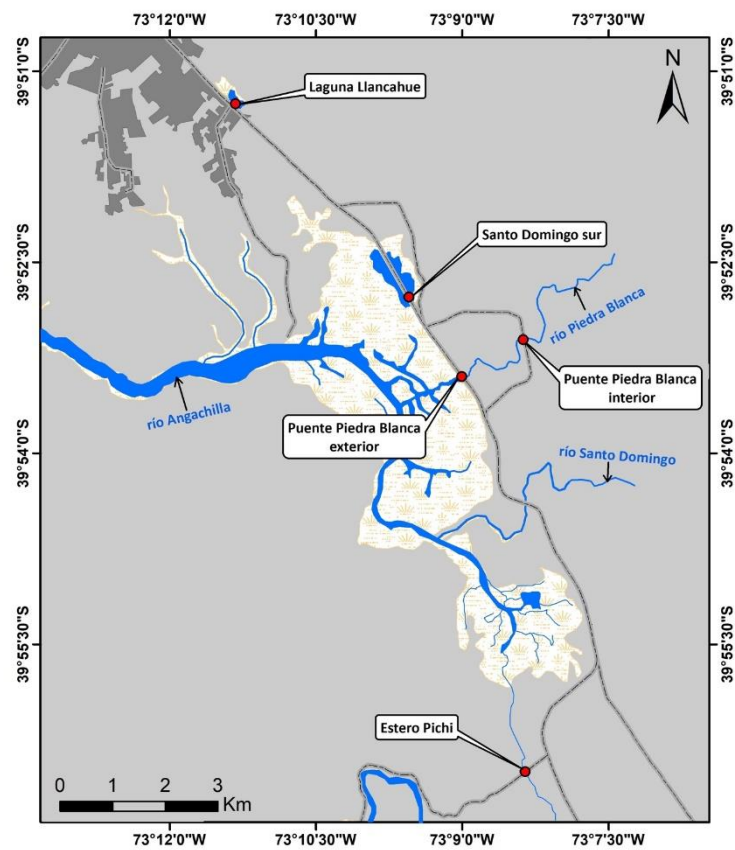


Figura 48. Ubicación de los sitios seleccionados para el estudio de la ictiofauna de riberas, en los humedales del acceso Sur a la ciudad de Valdivia.

Identificación de estados de conservación

Para el análisis del estado de conservación de las especies estudiadas en el área de estudio, se utilizó la información contenida en el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE) Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2022; <https://www.clasificacionespecies.mma.gob.cl>) e información de la Lista Roja generada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2022; <https://www.iucnredlist.org>).

Parámetros Comunitarios

Para caracterizar la ictiofauna de las riberas del área de estudio, se utilizó el número de especies presentes, las abundancias de las mismas y la Captura por Unidad de Esfuerzo (en adelante, CPUE) o abundancia relativa. Para estimar las CPUE, se utilizó la metodología propuesta por la UNE-EN 14011 (2003), donde la abundancia de cada individuo por especie o taxón, dentro del área de muestreo (*i.e.*, largo y ancho) se estima como el número total de ejemplares por esfuerzo de muestreo (captura por área) - para cada uno de las taxa – expresándose este como individuos/m² (*cf.*, Specziár *et al.*, 2012).

Metodología de muestreo

Durante el 29 y 30 de abril 2022, se utilizó un equipo de pesca eléctrica EFKO-Elektrofischfanggeräte GMBH, Typ FEG 1500, con voltajes y frecuencias que variaron entre 200 - 450 V y 40 y 60 Hz, acorde la conductividad del agua y tallas de los peces, respectivamente. Los muestreos se realizaron en riberas con profundidades someras (< 1 m) a fin de permitir muestreos a pie. El equipo de trabajo de terreno estuvo constituido por un pescador y un asistente encargado de la manipulación complementaria de chinguillos o redes para la recolección de los peces. El tiempo promedio de pesca por sitio fue de 30 minutos y el área de muestreo 90 m² (*i.e.*, 3 transectos de 10 x 3 m); esto permitió cubrir toda la diversidad de mesohábitats presentes y condiciones hidráulicas (*e.g.*, rápidos y pozas) en cada sitio de muestreo. Las capturas de peces fueron ejecutadas por desplazamiento aguas arriba de cada sitio y utilizando el método de un único pase de pesca sin reposición (*cf.*, Lobón & Cervía, 1991).

Posterior a su captura, los peces fueron rápidamente depositados dentro de baldes con agua en constante aireación y a la sombra. Luego de ser identificados (*e.g.*, Arratia *et al.*, 1981; Pollard *et al.*, 1997) y contados, los peces devueltos al medio acuático en el mismo sitio de captura, cumpliendo lo estipulado en el Decreto 878/2011 de Subsecretaría de Pesca, que establece veda extractiva para especies de peces nativos.








Resultados

Otoño 2022

Caracterización general y estados de conservación de la ictiofauna

En total, se registró la ocurrencia de siete especies agrupadas dentro de seis familias y con una abundancia total de 540 individuos. Cuatro de estas especies son nativas (*Galaxias maculatus* o Puye, *Percichthys trucha* o Perca trucha, *Cheirodon australe* o Pocha y *Geotria australis* o Lamprea de bolsa) y tres introducidas (*Oncorhynchus mykiss* o Trucha Arco iris, *Salmo trutta* o Trucha café y *Gambusia affinis* o Pez mosquito) (Tabla 29).

Tabla 29. Resumen informativo de las especies registradas en el área de estudio durante muestreos realizados los días 29 y 30 de abril de 2022.

| NATIVAS | | | | |
|-----------------|---|----------------------------------|---|-----------------------|
| Familia | Especie | Nombre común | Morfología | Distribución en Chile |
| Galaxidae | <i>Galaxias maculatus</i> (Jenyns, 1842) | Puye, Puyi, Puyen |  | Entre los 32° y 54°S |
| Percichthyidae | <i>Percichthys trucha</i> (Valenciennes, 1833) | Perca trucha |  | Entre los 33° y 54°S |
| Characidae | <i>Cheirodon australe</i> (Eigenmann, 1928) | Pocha, Pocha del sur |  | Entre los 39° y 43°S |
| Petromyzontidae | <i>Geotria australis</i> (Gray, 1851) | Lamprea de bolsa, Anguila blanca |  | Entre los 33° y 54°S |
| INTRODUCIDAS | | | | |
| Familia | Especie | Nombre común | Morfología | Distribución en Chile |
| Salmonidae | <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Smith & Stearley, 1989) | Trucha arco iris |  | Entre los 32° y 54°S |
| Salmonidae | <i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758) | Trucha café |  | Entre los 32° y 54°S |
| Poeciliidae | <i>Gambusia affinis</i> (Girard, 1859) | Gambusia, Pez mosquito |  | No evaluada |

La representación porcentual de especies nativas e introducidas, muestra una clara diferenciación entre los humedales del acceso Norte y Sur de Valdivia: peces introducidos tuvieron en general mayor representación porcentual que peces nativos en los primeros humedales, a la vez que, en aquellos del acceso Sur, dominaron los peces nativos (Fig. 49).

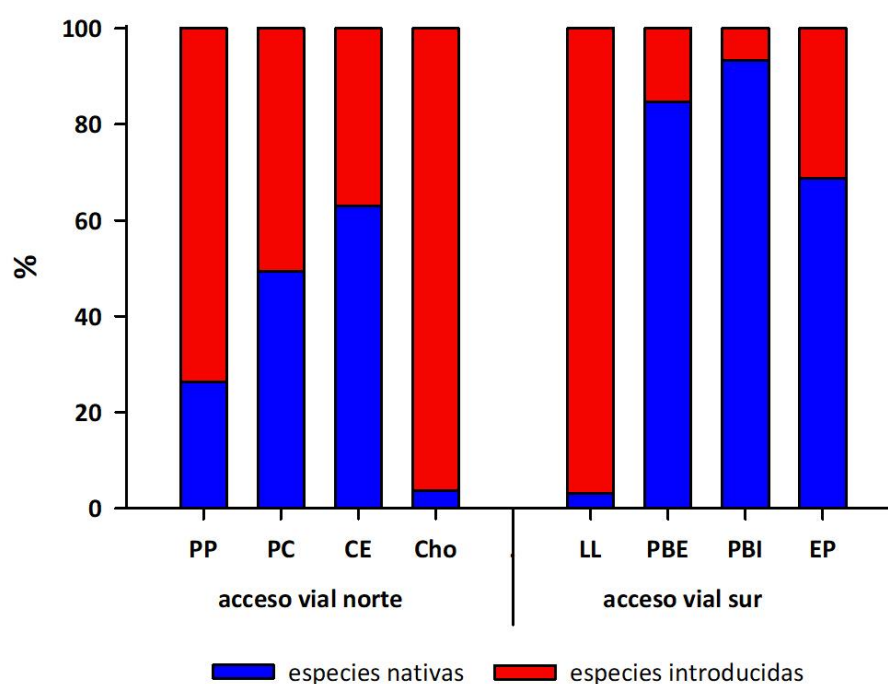


Figura 49. Valores porcentuales o proporción relativa de las capturas de especies nativas versus introducidas por sitios de muestreo en ambos accesos de Valdivia.

No hay evaluación en el RCE del MMA para las tres especies introducidas (*Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta* y *Gambusia affinis*), a la vez que la UICN las encasilla como especies invasoras (dañinas) o de preocupación menor (Tabla 30).

Tabla 30. Estados de conservación de la ictiofauna de riberas del área de estudio.

| Especies nativas | Estados de conservación según: | | |
|---|--|--|---|
| | Registro de Conservación de Especies Silvestres (RCE) – MMA, Chile | Libro Rojo de los Vertebrados de Chile (CONAF) | International Union for Conservation of Nature (IUCN) |
| <i>Galaxias maculatus</i> (Jenyns, 1842) | Fuera de Peligro | Vulnerable | No incluida |
| <i>Percichthys trucha</i> (Valenciennes, 1833) | Vulnerable | Vulnerable | Datos insuficientes |
| <i>Cheirodon australe</i> (Eigenmann, 1928) | Vulnerable | Vulnerable | Datos insuficientes |
| <i>Geotria australis</i> (Gray, 1851) | Fuera de peligro | Amenazada | No evaluada |
| Especies introducidas | | | |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Smith & Stearley, 1989) | No evaluada | No evaluada | Especie invasora - dañina |
| <i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758) | No evaluada | No evaluada | Especie invasora - dañina |
| <i>Gambusia affinis</i> (Girard, 1859) | No evaluada | No evaluada | Preocupación menor |

Riqueza de especies y abundancia total de la ictiofauna

En términos generales, la riqueza promedio fue mayor en el sitio Cayumapu exterior (3 especies); en el resto de los sitios, tal riqueza fluctuó en torno a dos *taxa*, con excepción del sitio laguna de Llancahue (una especie) y Santo Domingo Sur donde no se constató la presencia de peces con la técnica utilizada (Fig. 50).

Las abundancias totales promedio fueron notablemente más altas en las riberas de los sitios del acceso Norte de Valdivia, estimándose los valores promedios más altos en los sitios Puente Pichoy y Cayumapu exterior (circa 60 y 40 individuos por área de muestreo). Las abundancias totales promedio en los sitios del acceso Sur de Valdivia fluctuaron entre aproximadamente 5 y 10 individuos por área de muestreo (Fig. 50).

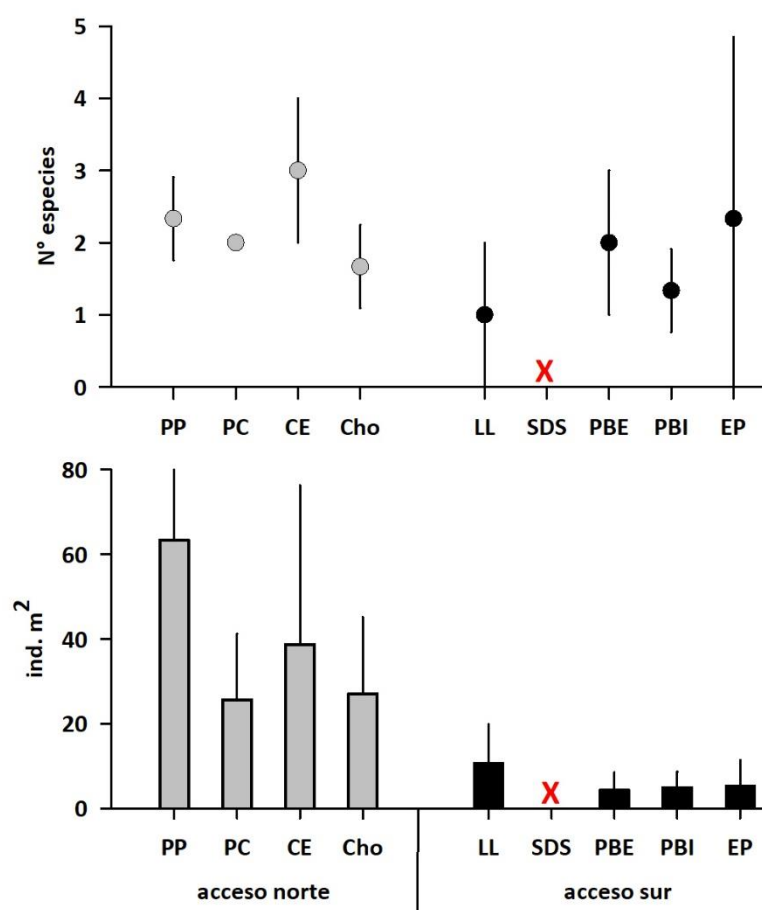


Figura 50. Valores promedio del número de especies y abundancias totales de la ictiofauna en los humedales del área de estudio. Los valores son promedios + 1 error estándar. Los sitios de muestreo son **PP**=Puente Pichoy; **PC**=Puente Cayumapu; **CE**= Cayumapu exterior y **Cho**= Chorocamayo en los humedales del acceso Norte de Valdivia y **LL**=Laguna Llancahue; **SDS**= Domingo Sur; **PBE**=Puente Piedra Blanca exterior; **PBI**=Puente Piedra Blanca interior y **EP**= Estero Pichi en los humedales del acceso Sur de Valdivia. La equis de color roja sobre la estación Santo Domingo Sur (SDS) representa la ausencia de ictiofauna durante el muestreo realizado.

Abundancia de especies

La Tabla 31 muestra el número total de individuos por especie, recolectado en cada uno de los sitios de muestreo, durante abril de 2022. Los valores entregados en esta tabla evidencian especies con mayores abundancias y distribución espacial. Las especies más abundantes y de mayor distribución espacial fueron el pez nativo *Galaxias maculatus* y la especie introducida *Gambusia affinis* (Tabla 31). A estos peces le sigue en abundancia la especie nativa *Cheirodon astraule* (Tabla 31).

Tabla 31. Número total de individuos por especie capturados en cada una de los sitios de muestreo del acceso norte (PP, PC, CE y Cho) y sur de Valdivia (LL, SDS, PBE, PBI y EP). Estos números no deben ser considerados estrictamente como abundancias, ya que deben ser corregidos por el esfuerzo de captura (ver más adelante análisis basados en CPUE).

| Especies nativas | acceso norte | | | | acceso sur | | | | |
|------------------------------|--------------|----|----|-----|------------|-----|-----|-----|----|
| | PP | PC | CE | Cho | LL | SDS | PBE | PBI | EP |
| <i>Galaxias maculatus</i> | 29 | 38 | 14 | 3 | | | 10 | 14 | 2 |
| <i>Cheirodon australe</i> | 20 | | 58 | | | | 1 | | 2 |
| <i>Percichthys trucha</i> | | | 1 | | | | | | |
| <i>Geotria australis</i> | 1 | | | | 1 | | | | 7 |
| Especies introducidas | | | | | | | | | |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> | | | | | | | | 1 | |
| <i>Salmo trutta</i> | | | | | | | 1 | | 4 |
| <i>Gambusia affinis</i> | 140 | 39 | 43 | 78 | 31 | | 1 | | 1 |

Al estandarizar los valores de cada una de las especies capturadas en valores porcentuales, en relación al total de individuos capturados por sitio de muestreo, se aprecia que, para los humedales del acceso Norte de Valdivia, la especie introducida *Gambusia affinis* presenta altos valores porcentuales para los cuatro sitios de muestreo (Fig. 51). Las especies nativas *Galaxias maculatus* y *Cheirodon australe* presentan sus valores máximos en los sitios Puente Cayumapu y Cayumapu exterior (49 y 50% respectivamente) (Fig. 51). En cuanto a representatividad, las especies *Galaxias maculatus* y *Gambusia affinis* se encuentran en toda el área muestreada (Fig. 51).

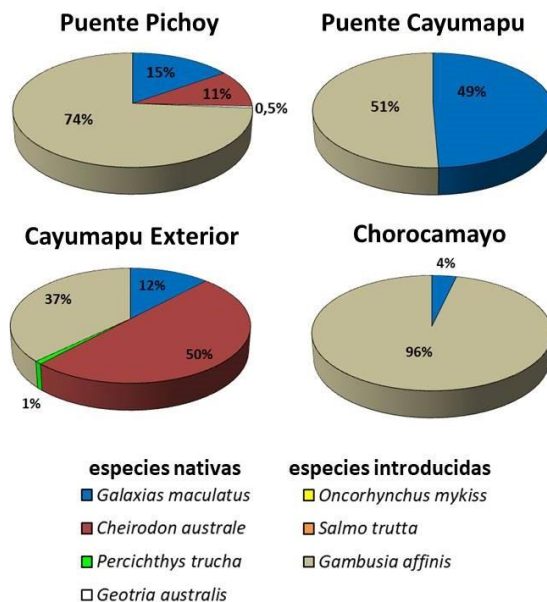


Figura 51. Proporción relativa de capturas por especie, en los sitios de muestreo del acceso norte de Valdivia.

La estandarización de los valores de cada una de las especies capturadas, muestra que, en los humedales del acceso Sur de Valdivia, la especie introducida *Gambusia affinis* evidencia una alta ocurrencia porcentual solo en el sitio laguna Llancahue (Fig. 52). A su vez, la especie nativa *Galaxias maculatus* presenta valores sobre el 70% de ocurrencia en ambos sitios del río Piedra Blanca (*i.e.*, Puente Piedra Blanca exterior y Puente Piedra Blanca interior) (Fig. 52). Destaca en este grupo de humedales, la alta representación porcentual de la especie nativa *Geotria australis* (*ca.* 44%) en el sitio Estero Pichi (Fig. 52).

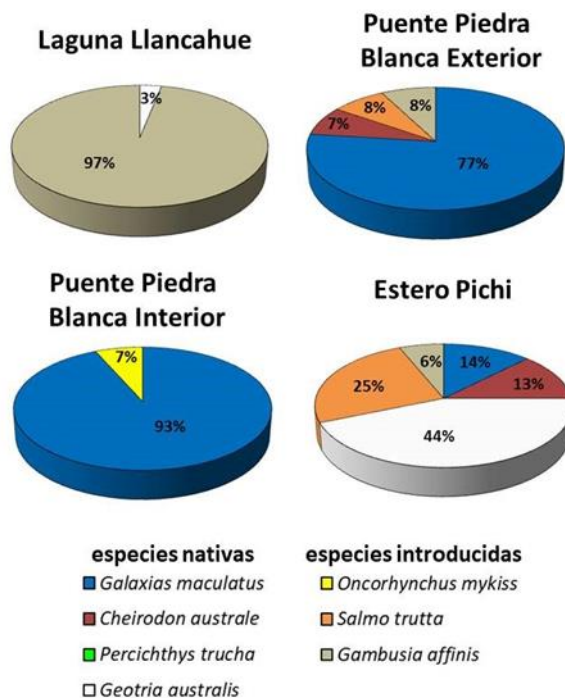


Figura 52. Proporción relativa de capturas por especie, en los sitios de muestreo del acceso sur de Valdivia.

Abundancia relativa estandarizada por CPUE

Para los análisis de abundancias de las poblaciones ictiofaunísticas y su comparación, los datos de captura por especie fueron transformados a Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE). Esta corrección se estimó mediante la siguiente formula: N/At donde N corresponde al número de individuos, A al área utilizada en el muestreo en m^2 y t al tiempo de pesca en horas.

Las abundancias de cada una de las siete especies encontradas y su distribución dentro de cada una de las estaciones se presentan en la Tabla 32. Las especies con mayor distribución espacial en el área de estudio fueron *Galaxias maculatus* y *Gambusia affinis*, peces que tuvieron sus abundancias más altas en los humedales del acceso Norte de Valdivia. Lo anterior concuerda con los resultados presentados en la Tabla 32.

Tabla 32. Variabilidad espacial de las abundancias expresadas en Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE = individuos/m²*h) por especies dentro del área de estudio reportadas en este informe.

| Especies nativas | acceso vial sector norte | | | | CC | acceso vial sector sur | | | P |
|------------------------------|--------------------------|------|--------|------|------|------------------------|------|--------|------|
| | Pi | Ca | Ca (e) | Ch | | Lla | PB | PB (i) | |
| <i>Galaxias maculatus</i> | 0,21 | 0,28 | 0,10 | 0,02 | | | 0,07 | 0,10 | 0,02 |
| <i>Cheirodon australe</i> | 0,15 | | 0,43 | | | | 0,01 | | 0,02 |
| <i>Percichthys trucha</i> | | | 0,01 | | | | | | |
| <i>Geotria australis</i> | 0,01 | | | | 0,01 | | | | 0,05 |
| Especies introducidas | | | | | | | | | |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> | | | | | | | | 0,01 | |
| <i>Salmo trutta</i> | | | | | | | 0,01 | | 0,03 |
| <i>Gambusia affinis</i> | 1,04 | 0,29 | 0,32 | 0,58 | 0,23 | | 0,01 | | 0,01 |

El análisis gráfico de los patrones de abundancia de las distintas especies – corregidos por el esfuerzo de captura – no presenta ninguna caracterización espacial, evidenciando así una alta heterogeneidad espacial dentro del área analizada (Fig. 53).

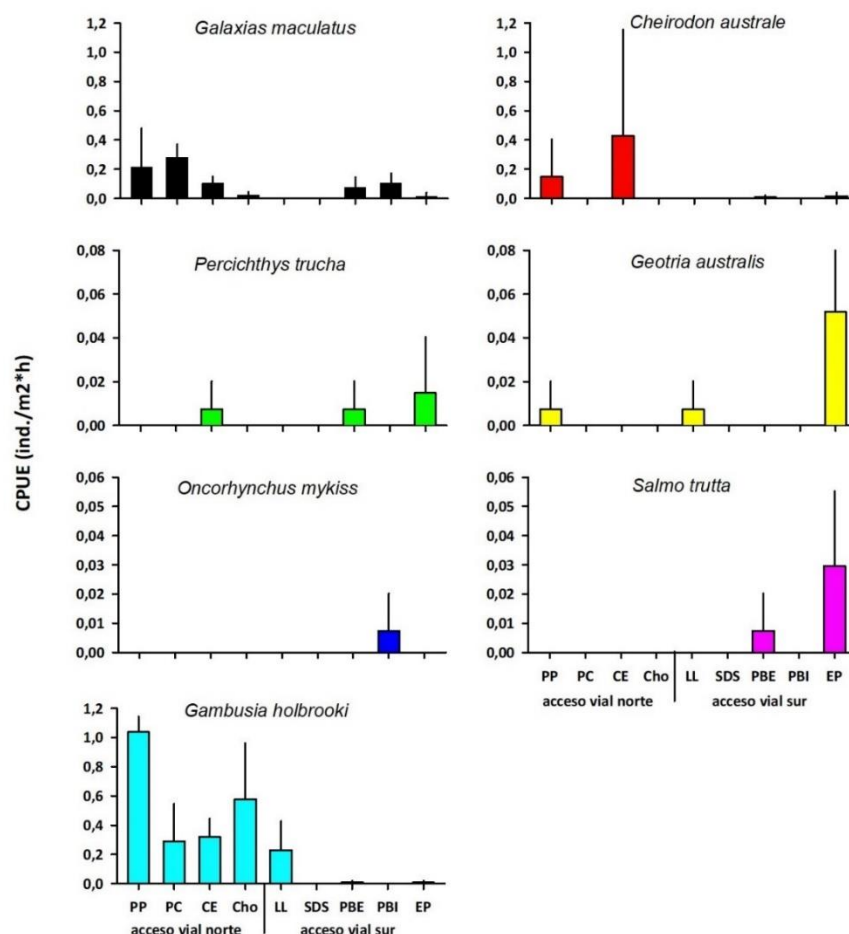


Figura 53. Abundancias (en CPUE) individualizadas por especies capturadas durante abril de 2022.

La caracterización ictiofaunística en relación con las abundancias (CPUE) proporcionales dentro de las estaciones estudiadas, ratifica de manera visual la alta heterogeneidad de las abundancias específicas dentro del área de estudio (Fig. 54).

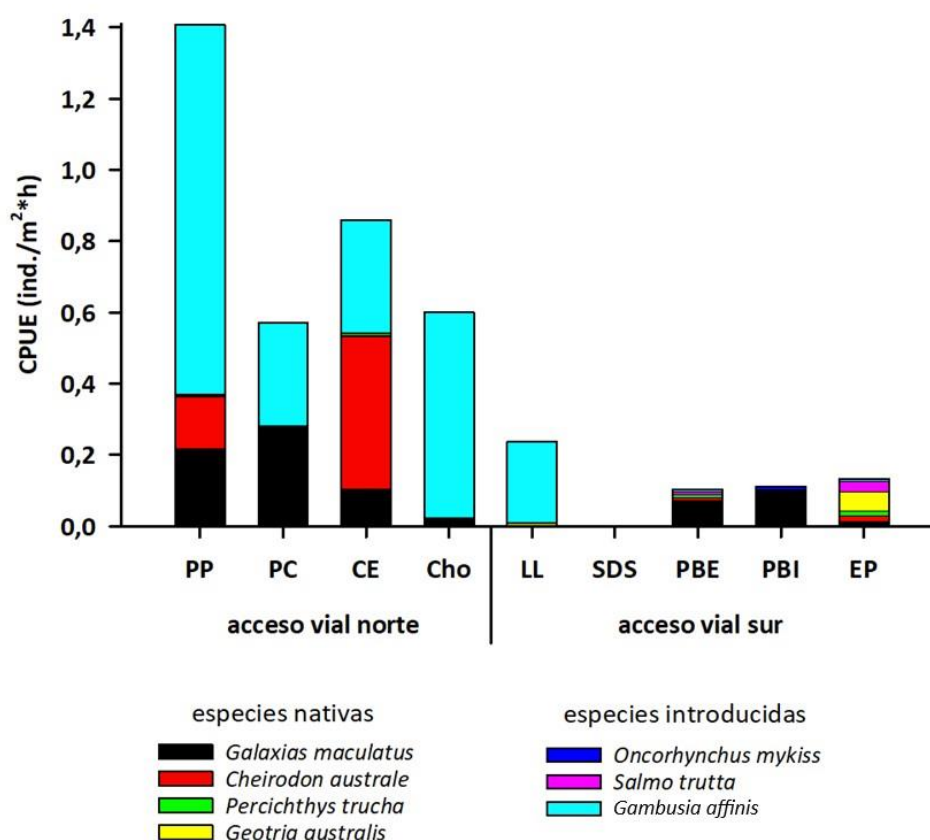


Figura 54. Resumen de abundancias (en CPUE) totales por especies y sitios de muestreo.

Años 2018 y 2022

La Figura 55 compara datos de la abundancia de especies de la ictiofauna de riberas (expresada en CPU), obtenidos durante el otoño y la primavera del año 2018 con los obtenidos durante este estudio (otoño de 2022). Para este análisis, se usan datos obtenidos durante el año 2018 en dos sitios de los humedales del acceso Norte de Valdivia (Puente Pichoy y Puente Cayumapu) y dos del acceso Sur (Puente Piedra Blanca exterior y Estero Pichi). Estos datos fueron extraídos del Informe Anual del Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del río Cruces y sus ríos Tributarios (2020) y del Informe Final del Catastro de Humedales Urbanos de Valdivia (2019).

Los registros de los años 2018 y 2022, muestran una totalidad de cinco especies para los sitios del acceso Norte de la ciudad de Valdivia (cuatro especies nativas y una

introducida) y ocho, para los sitios del acceso Sur (seis especies nativas y dos introducidas (Tabla 33).

Las especies nativas *Galaxias maculatus* y *Cheirodon australe* y el pez introducido *Gambusia affinis*, fueron los *taxa* más representados en los humedales del acceso Norte a Valdivia, destacando la dominancia de la tercera de estas especies en el sitio Puente Pichoy (Fig. 55 y Tabla 33). Al igual que en estos dos sitios, *Galaxias maculatus* también estuvo representada en los sitios del acceso Sur de Valdivia, pero solo dominó en Puente Piedra Blanca exterior, a la vez que en Estero Pichi estuvo ausente durante el otoño 2018 (*cf.* Fig. 55 y Tabla 33).

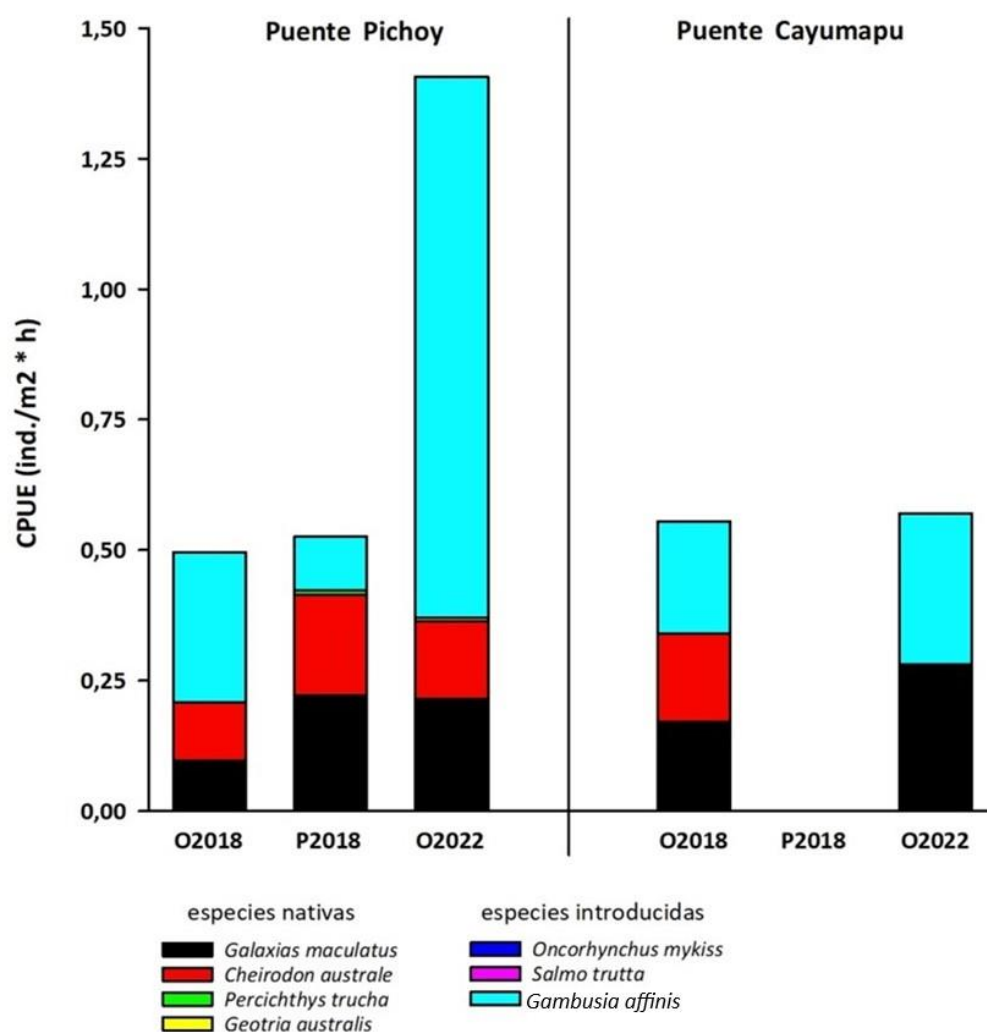


Figura 55. Resumen gráfico de abundancias específicas totales (en CPUE) registradas durante el otoño y la primavera 2018 y el otoño 2022, en los sitios Puente Pichoy y Puente Cayumapu, humedales del acceso Norte de Valdivia. O= Otoño, P= Primavera.

Tabla 33. Variabilidad espacial e interanual de las abundancias expresadas en Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE = individuos/m²*h) por especies dentro del área de estudio reportadas para los años 2018 y 2022.

| Especies nativas | Acceso Norte | | | | | | Acceso Sur | | | | | |
|-------------------------------|---------------|-----------|-------|-----------------|-----------|-------|-------------------------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| | Puente Pichoy | | | Puente Cayumapu | | | Puente Piedra Blanca exterior | | | Estero Pichi | | |
| | 2018 | | 2022 | 2018 | | 2022 | 2018 | | 2022 | 2018 | | 2022 |
| | otoño | primavera | otoño | otoño | primavera | otoño | otoño | primavera | otoño | otoño | primavera | otoño |
| <i>Galaxias maculatus</i> | 0,096 | 0,222 | 0,215 | 0,170 | | 0,282 | 0,044 | 0,074 | 0,074 | | 0,044 | 0,015 |
| <i>Cheirodon australe</i> | 0,111 | 0,193 | 0,148 | 0,170 | | | | | 0,007 | | | 0,015 |
| <i>Percichthys trucha</i> | | 0,007 | | | | | 0,029 | 0,022 | | | | |
| <i>Geotria australis</i> | | | 0,007 | | | | | | | 0,022 | | |
| <i>Basilichthys australis</i> | | | | | | | | | | | 0,148 | |
| <i>Aplochiton taeniatus</i> | | | | | | | | | | | 0,007 | |
| Especies introducidas | | | | | | | | | | | | |
| <i>Oncorhynchus mykiss</i> | | | | | | | 0,037 | | | | | |
| <i>Salmo trutta</i> | | | | | | | | | 0,007 | | | 0,029 |
| <i>Gambusia affinis</i> | 0,289 | 0,104 | 1,037 | 0,215 | | 0,289 | 0,007 | | 0,007 | | | 0,007 |

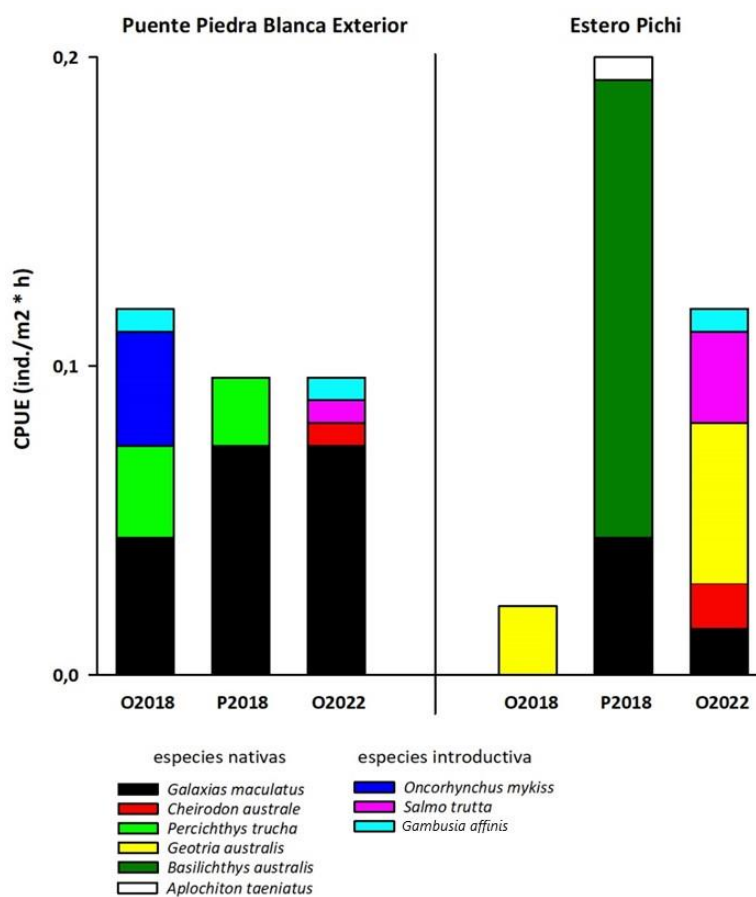


Figura 56. Resumen gráfico de abundancias específicas totales (en CPUE) registradas durante el otoño y la primavera 2018 y el otoño 2022, en los sitios Piedra Blanca exterior y Estero Pichi, humedales del acceso Sur de Valdivia. **O**= Otoño, **P**= Primavera.

Conclusiones

- Durante la campaña de abril 2022, se detectó la ocurrencia de siete peces en las riberas del área de estudio: cuatro son nativos (*Galaxias maculatus* o Puye, *Percichthys trucha* o Perca trucha, *Cheirodon australe* o Pocha y *Geotria australis* o Lamprea de bolsa) y tres introducidas (*Oncorhynchus mykiss* o Trucha Arco iris, *Salmo trutta* o Trucha café y *Gambusia affinis* o Gambusia). En términos generales, la riqueza promedio de especies fue mayor en el sitio Cayumapu exterior (3 *taxa*); en el resto de los sitios, tal riqueza fluctuó en torno a dos especies, con excepción del sitio laguna de Llancahue (una especie) y Santo Domingo Sur, donde no se constató la presencia de peces con la técnica utilizada.
- Las abundancias totales promedio fueron notablemente más altas en las riberas de los sitios del acceso Norte de Valdivia, estimándose los valores promedios más altos en los sitios Puente Pichoy y Cayumapu exterior (circa 60 y 40 individuos por área de muestreo). Las especies más abundantes y de mayor distribución espacial fueron *Galaxias maculatus* y *Gambusia affinis*. A estas especies, le sigue en abundancia *Cheirodon australe*.
- La comparación de los registros de ictiofauna en el área de estudio, correspondientes a los años 2018 y 2022, muestran que las especies nativas *Galaxias maculatus* y *Cheirodon*

australe y el pez introducido *Gambusia affinis*, fueron los *taxa* más representados en los humedales del acceso Norte a Valdivia, destacando la dominancia de la tercera de estas especies en el sitio Puente Pichoy. Al igual que en estos dos sitios, *Galaxias maculatus* también estuvo representada en los sitios del acceso Sur de Valdivia, pero solo dominó en Puente Piedra Blanca exterior, a la vez que en Estero Pichi estuvo ausente durante el otoño 2018, fue sobrepasada en abundancia por una especie nativa (*Basilichthys australis* o pejerrey chileno) en la primavera 2018 y tuvo abundancias similares a las de otros peces, como *Geotria australis* y *Salmo trutta*. Todo lo anterior evidencia la alta variabilidad espacio temporal de la ictiofauna en el área de estudio.

Referencias

- Aguilar, I. 2005. Estimación y monitoreo de los peces como indicadores del uso sostenible del agua en cuencas hidrológicas. Revista Digital Universitaria UNAM, México DF, vol 6, p 14.
- Arratia G. 1981. Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Publicación ocasional Nº34 del Museo Nacional de Historia Natural 34:3-108.
- Boulton, A. 1999. An overview of river health assessment: philosophies, practice, problems and prognosis. Freshwater Biology 41(2):469-479.
- Filipe, A. F., Cowx, I. G., & Collares-Pereira, M. J. 2002. Spatial modelling of freshwater fish in semi-arid river systems: a tool for conservation. River Research and Applications, 18(2), 123-136.
- Moller, P. 2008. Bibliografía Sobre Peces de Aguas Continentales de Chile. Gestión Ambiental 16: 67-92.
- Mcdowall RM, Taylor MJ. 2000. Environmental indicators of habitat quality in a migratory freshwater fish fauna. Environmental Management 25(4):357-374.
- Lobón-Cerviá, J. 1991. Dinámica de poblaciones de peces en ríos: pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estima de abundancias (Vol. 3). Editorial CSIC-CSIC Press.
- Oberdorff T, Pont D, Hugueny B, Porcher JP. 2002. Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France. Freshwater Biology 47(9):1720-1734.
- Paller M, Reichert M, Dean J, Seigle J. 2000. Use of fish community data to evaluate restoration success of a riparian stream. Ecological Engineering 15: S171-S187.
- Pollard, W., Hartman, G. & Groot, P. 1997. Field identification of coastal juvenile salmonid. Canadian cataloguing in publications data. 32 pp.
- Scott MC, Hall Jr LW. 1997. Fish assemblages as indicators of environmental degradation in Maryland coastal plain streams. Transactions of the American Fisheries Society 126(3):349-360.
- Soto-Galera E, Díaz-Pardo E, López-López E, Lyons J. 1998. Fish as indicators of environmental quality in the Río Lerma Basin, México. Aquatic Ecosystem Health & Management 1(3-4):267-276.

- Specziár, A., Takács, P., Czeglédi, I., & Erős, T. 2012. The role of the electrofishing equipment type and the operator in assessing fish assemblages in a non-wadeable lowland river. *Fisheries Research*, 125, 99-107.
- UACH, 2019. Estudio Línea Base Catastro Humedales Urbanos de Valdivia. I. Municipalidad de Valdivia.
- UACH, 2020. Informe Anual. Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del Río Cruces y sus Ríos Tributarios: 2020-2023.
- Velázquez-Velázquez E, Vega-Cendejas, ME. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas* 57:12-15.
- Vila, M., Bacher, S., Hulme, P., Kenis, M., Kobelt, M., Nentwig, W., & Solarz, W. 2006. Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. *Ecosistemas*, 15(2).
- Wichert G, Rapport D. 1998. Fish community structure as a measure of degradation and rehabilitation of riparian systems in an agricultural drainage basin. *Environmental Management* 22(3):425-443.
- Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., & Wei, L. 2021. World's forgotten fishes vital for hundreds of millions of people but one-third face extinction, warns new report.

iii) HERPETOFAUNA

Introducción

La herpetología es una rama de la zoología, relacionada con el estudio de anfibios y reptiles. El concepto proviene del griego *herpeton* que significa "animal reptante" y logos, que significa estudio o ciencia. De esta manera, se entiende como herpetofauna al conjunto de anfibios y reptiles de una región determinada. El grupo de los anfibios actuales incluyen a salamandras, cecilias y a ranas y sapos, estos dos últimos conocidos taxonómicamente como anuros. Todos los anuros son denominados indistintamente como ranas; sin embargo, hay un grupo particular de ranas, aquellas de la familia Bufonidae, que se caracterizan por tener unas estructuras verrucosas detrás de los ojos denominadas glándulas parotoideas. A estos animales se les denomina sapos o sapos verdaderos.

La diversidad de anfibios anuros de Chile está representada por 59 especies nativas pertenecientes a las familias: Alsodidae, Batrachylidae, Bufonidae, Calyptocephalellidae, Leptodactylidae, Rhinodermatidae, Telmatobiidae y Pipidae (Frost, 2021). De los 14 géneros reconocidos, seis son endémicos y tres de ellos monotípicos (*Calyptocephalella*, *Hylorina* e *Insuetophrynus*). Además, y al día de hoy, el catálogo de especies de anfibios de Chile, incluye una especie de anfibio introducida y asilvestrada, *Xenopus laevis* (Lobos et al., 2013).

Por su parte, los reptiles de Chile (serpientes, lagartos y tortugas) incluyen

aproximadamente 123 especies de serpientes y lagartos, más dos especies introducidas de tortugas (Demangel, 2016). La mayor riqueza específica de estos animales se concentra en el Norte y centro del país; entre las regiones de Antofagasta y del Bío Bío. En este rango latitudinal, es posible encontrar especies de distribución exclusiva para el Norte de Chile (e.g., *Liolaemus atacamensis* y *Microlophus quadrivittatus*) o el Sur de nuestro país (e.g., *Diplolaemus darwinii* y *Liolaemus magellanicus*), y otras con rangos de distribución muy extensas (e.g., *Liolaemus lemniscatus* y *Liolaemus tenuis*). Además, se encuentran cuatro especies de tortugas marinas (*Dermochelys coriacea*, *Lepidochelys olivacea*, *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*), más dos tortugas introducidas: una terrestre desde Argentina, *Chelonoidis chilensis* y una dulceacuícola proveniente de Estados Unidos, *Trachemys scripta* (González *et al.*, 2018).

Los anfibios y reptiles son de especial interés debido a su gran sensibilidad a pequeños cambios ambientales, particularidad que los convierte en una herramienta de primer orden a la hora de valorar la dimensión de tales cambios. En efecto, la contaminación ambiental, la destrucción de hábitats, la introducción de especies exóticas y enfermedades emergentes asociadas al cambio global, están dando cuenta de una gran regresión poblacional a nivel mundial de estos animales (Baillie *et al.*, 2004; Grant *et al.*, 2016; Kueneman *et al.*, 2019). Las evidencias de lo nocivo que para estos grupos animales representan las perturbaciones antrópicas, justifican su uso como herramienta de gran utilidad para monitorear el medio ambiente (Heyer *et al.*, 2001) y sensibilizar a la ciudadanía en general, sobre problemáticas ambientales (Simón *et al.*, 2011).

La región de Los Ríos es una de las áreas relevantes para la fauna de anfibios nativos debido a la diversidad de especies existentes (algunas de ellas endémicas de esta zona). Otro aspecto relevante, es que cerca del 30% de las especies que aquí habitan han sido catalogadas bajo estados de conservación que van desde, Casi Amenazado hasta En Peligro Crítico (Tabla 34; UICN, 2021).

Tabla 34. Especies de anfibios y reptiles que habitan en la región de los Ríos y su estado de conservación. Los estados de conservación se indican según la categoría de la Lista Roja de Especies Amenazadas (UICN, 2021) y Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres del Ministerio del Medio Ambiente (RCE, mayo de 2022) y son: **LC**= Preocupación Menor, **R**= Rara, **NT**= Casi amenazado, **VU**= Vulnerable, **DD**= Datos insuficientes, **EN**= En Peligro, **CR**= En Peligro Crítico.

| Familia | Especie | EC-IUCN | EC-RCE |
|----------------------|---------------------------------|---------|--------|
| Bufonidae | <i>Rhinella rubropunctata</i> | LC | VU |
| Calyptocephalellidae | <i>Calyptocephalella gayi</i> | VU | VU |
| Calyptocephalellidae | <i>Telmatobufo australis</i> | VU | VU |
| Batrachylidae | <i>Batrachyla antartandica</i> | LC | LC |
| Batrachylidae | <i>Batrachyla leptopus</i> | LC | LC |
| Batrachylidae | <i>Batrachyla taeniata</i> | LC | NT |
| Alsodidae | <i>Alsodes norae</i> | EN | NT |
| Alsodidae | <i>Alsodes valdiviensis</i> | EN | EN |
| Alsodidae | <i>Alsodes verrucosus</i> | LC | EN |
| Alsodidae | <i>Eupsophus altor</i> | EN | EN-R |
| Alsodidae | <i>Eupsophus calcaratus</i> | LC | LC |
| Alsodidae | <i>Eupsophus migueli</i> | EN | EN-R |
| Alsodidae | <i>Eupsophus roseus</i> | NT | VU |
| Alsodidae | <i>Eupsophus vertebralis</i> | NT | VU |
| Alsodidae | <i>Eupsophus emiliopugini</i> | NT | LC |
| Batrachylidae | <i>Hylorina sylvatica</i> | LC | LC |
| Rhinodermatidae | <i>Insuetophrymus acarpicus</i> | CR | EN-R |
| Rhinodermatidae | <i>Rhinoderma darwinii</i> | VU | EN |
| Leptodactylidae | <i>Pleurodema thaul</i> | LC | NT |
| Liolaemidae | <i>Liolaemus pictus</i> | VU | LC |
| Liolaemidae | <i>Liolaemus cyanogaster</i> | VU | LC |
| Colubridae | <i>Tachymenis chilensis</i> | LC | LC |

Objetivos

Evaluar la riqueza específica y abundancias de la fauna de anfibios y reptiles, en zonas de humedales aledañas a los accesos Norte y Sur de Valdivia, y realizar comparaciones históricas con datos obtenidos con anterioridad a este estudio, en algunos de los sitios evaluados durante la campaña otoñal 2022.

Metodologías

Los métodos de prospección de los anfibios anuros siguieron los protocolos señalados por Heyer *et al.*, (2001) para estos vertebrados. Los recorridos de prospección se realizaron al azar en diversos puntos del área de estudio, buscando en forma minuciosa en todos los lugares posibles de encontrar a estos animales. El reconocimiento de estos, fue

realizado a través de tres aproximaciones no excluyentes entre sí: i) encuentros visuales, ii) identificación cualitativa y cuantificación de larvas, y iii) evidencias auditivas.

Los individuos encontrados fueron clasificados en cuatro categorías: larvas, postmetamorfos, juveniles y adultos. La manipulación de estos se realizó utilizando los protocolos entregados por la Red Chilena de Herpetología, RECH (www.herpetologiadechile.cl) con el fin de evitar la contaminación y propagación de potenciales agentes infecciosos entre individuos de diferentes poblaciones y desde el personal científico hacia estos, ya que se ha descrito la presencia de patógenos en la piel de anuros. A su vez, la manipulación fue realizada por el especialista a cargo, con el fin de evitar el estrés innecesario de los individuos.

Para cada lugar prospectado en los humedales aledaños a los accesos Norte y Sur de Valdivia (Fig. 57 y 58, respectivamente), se realizó un catastro de la herpetofauna, estimándose riqueza y abundancia relativa obtenida a partir del esfuerzo de muestreo realizado. Esas prospecciones se realizaron entre los días 28 y 29 de abril de 2022 (sectores acceso Norte) y 6 de mayo (sectores acceso Sur).

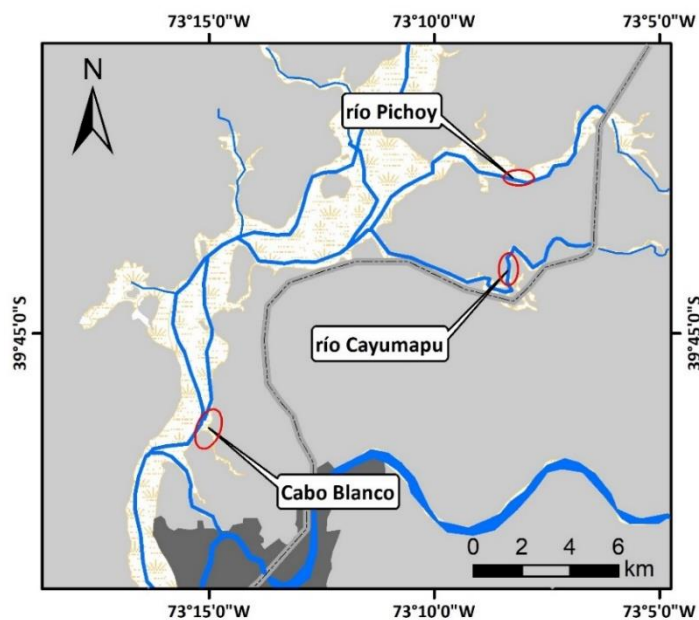


Figura 57. Sectores de prospección para evaluar riqueza de especies y abundancias de la herpetofauna en humedales del acceso Norte de Valdivia.

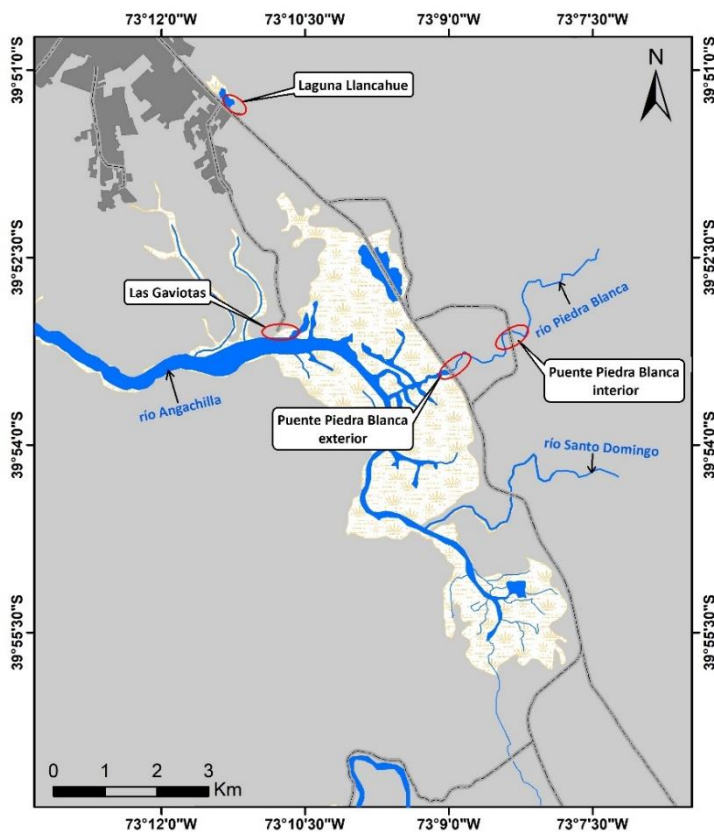


Figura 58. Sectores de prospección para evaluar riqueza de especies y abundancias de la herpetofauna en humedales del acceso Sur de Valdivia.

Resultados

Otoño 2022

En términos generales, las riberas de los humedales aledaños al acceso Norte de Valdivia, tuvieron mayor riqueza de especies y abundancias de anfibios anuros, que aquellas de humedales aledaños al acceso Sur de la ciudad (Fig. 59). Todas las especies de anuros son ranas y la única especie observada de reptil, fue la lagartija *Liolaemus cyanogaster*, representada por dos especímenes recolectados en el sector río Pichoy (Fig. 59).

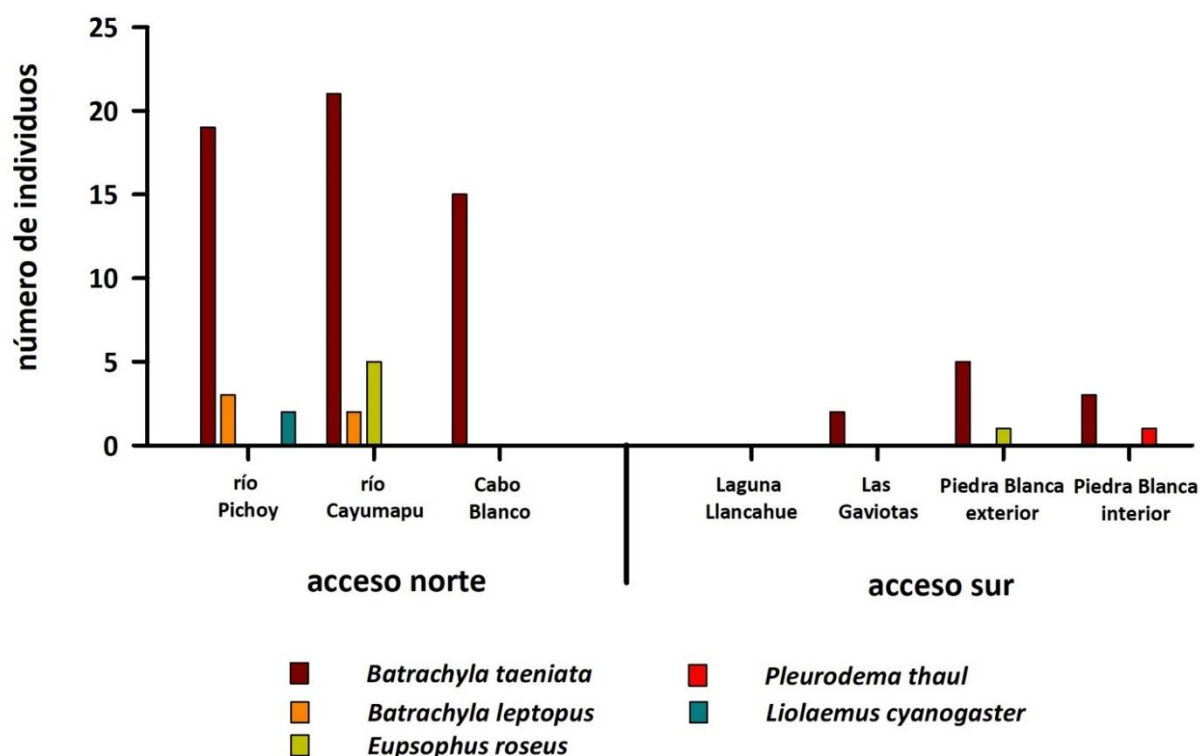


Figura 59. Riqueza de especies y abundancia de la herpetofauna en los humedales aledaños a los accesos Norte y Sur de Valdivia. Las ranas *Batrachyla taeniata*, *Batrachyla leptopus*, *Eupsophus roseus* y *Pleurodema thaul*, son anfibios anuros, a la vez que la lagartija *Liolaemus cyanogaster* es un reptil.

En los sectores aledaños a los humedales del acceso Norte de Valdivia, se registró un total de 67 individuos, correspondientes a tres especies de anfibios anuros y una de reptil (Tabla 35). En los sectores ríos Pichoy y Cayumapu se registraron dos y tres especies de anfibios, a la vez que en el sector Cabo Blanco, se detectó solo una especie de anfibio. La rana *Batrachyla taeniata* fue la especie con mayor abundancia en cada uno de los tres sectores evaluados (Tabla 35).

Tabla 35. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles, en áreas aledañas a los humedales del acceso Norte de Valdivia.

| Sector | Clase | Especie | Total de individuos |
|--------------|----------|------------------------------|---------------------|
| Río Pichoy | Amphibia | <i>Batrachyla taeniata</i> | 19 |
| | Amphibia | <i>Batrachyla leptopus</i> | 3 |
| | Reptilia | <i>Liolaemus cyanogaster</i> | 2 |
| Río Cayumapu | Amphibia | <i>Batrachyla taeniata</i> | 21 |
| | Amphibia | <i>Batrachyla leptopus</i> | 2 |
| | Amphibia | <i>Eupsophus roseus</i> | 5 |
| Cabo Blanco | Amphibia | <i>Batrachyla taeniata</i> | 15 |
| total | | | 67 |

En los sectores aledaños a los humedales del acceso Sur de Valdivia, se registró un total de 12 individuos, correspondientes a tres especies de anfibios; no se recolectaron reptiles en estos sectores (Tabla 36). Mientras que no se encontraron anfibios en las riberas de la laguna Llancahue (sin embargo, ver párrafo siguiente), aquellas del sitio Piedra Blanca exterior fueron las que presentaron los valores más altos de abundancia en cuanto a este tipo de vertebrados se refiere (Tabla 36).

No obstante que no se encontraron anfibios anuros en las riberas de la laguna Llancahue, hay que señalar que *Calyptocephalella gayi* (Rana grande chilena) e *Hylorina sylvatica* (Rana esmeralda), son habitantes comunes en los fondos de este sitio, lo que es evidenciado por los cantos que ambas especies emiten durante la primavera (entre los meses de octubre y noviembre) (J. Nuñez, observaciones personales).

Tabla 36. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles, en áreas aledañas a los humedales del acceso Sur de Valdivia.

| Sector | Clase | Especie | Total de individuos |
|-------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| Laguna Llancahue | - | - | - |
| Río Angachilla, sector Las Gaviotas | Amphibia | <i>Batrachyla taeniata</i> | 2 |
| Puente Piedra Blanca exterior | Amphibia | <i>Batrachyla taeniata</i> | 5 |
| | Amphibia | <i>Eupsophus roseus</i> | 1 |
| Puente Piedra Blanca interior | Amphibia | <i>Batrachyla taeniata</i> | 3 |
| | Amphibia | <i>Pleurodema thaul</i> | 1 |
| Total | | | 12 |

Comparaciones históricas

Se compararon los resultados de las campañas del año 2022 con campañas previas de monitoreo en el área de estudio (Programa de Diagnóstico Ambiental y Programa de Monitoreo del Humedal del río Cruces y Estudio Línea Base Catastro Humedales de la comuna de Valdivia). Las estimaciones comparativas en relación a zonas aledañas a los humedales del acceso Norte y Sur de Valdivia se muestran en las Tablas 37 y 38, respectivamente. Para los sectores del acceso Sur de Valdivia, no hay mayor información sistematizada con respecto a monitoreos de años anteriores al 2022, dado que la data existente corresponde, ya sea a otras estaciones del año (principalmente primavera y verano) o a otros sectores no considerados en la presente campaña.

El análisis de la data, obtenida para los humedales del acceso Norte de Valdivia durante el período 2014-2022, muestra que los valores más altos de riqueza de especies y abundancia total de herpetofauna, se estimaron para los humedales de los sectores ríos Pichoy y Cayumapu (Tabla 37). En general, la variabilidad interanual de las abundancias, estuvo relacionada a la de los anfibios anuros *Batrachyla leptopus* y *Batrachyla taeniata* (cf. Tabla 37 y Fig. 60). La diversidad de reptiles en estos humedales ha sido baja (1-2 especies de lagartijas; Tabla 37), lo que probablemente es el resultado de fechas de muestreo (i.e., abundancias más altas durante meses de primavera).

Tabla 37. Variabilidad interanual en la riqueza de especies y abundancia de la herpetofauna estimada durante el período otoñal en áreas aledañas a los humedales del acceso Norte de Valdivia. No se realizaron muestreos durante los otoños de los años 2015, 2018 y 2020.

| Sectores | Especie | 2014 | 2016 | 2017 | 2019 | 2021 | 2022 | Total |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Río Pichoy | <i>B. leptopus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 6 |
| | <i>B. taeniata</i> | 5 | 9 | 3 | 0 | 4 | 19 | 40 |
| | <i>E. roseus</i> | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | <i>L. cyanogaster</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | <i>L. pictus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | Total | 8 | 9 | 5 | 0 | 6 | 24 | 52 |
| Río Cayumapu | <i>B. leptopus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| | <i>B. taeniata</i> | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 21 | 30 |
| | <i>E. roseus</i> | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 9 |
| | <i>P. thaul</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | <i>L. cyanogaster</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | <i>L. pictus</i> | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | Total | 7 | 10 | 2 | 4 | 2 | 28 | 53 |
| Cabo Blanco | <i>B. leptopus</i> | 2 | 0 | 1 | 0 | 9 | 0 | 12 |
| | <i>B. taeniata</i> | 12 | 5 | 16 | 11 | 10 | 15 | 69 |
| | <i>P. thaul</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| | Total | 16 | 5 | 17 | 11 | 20 | 15 | 84 |

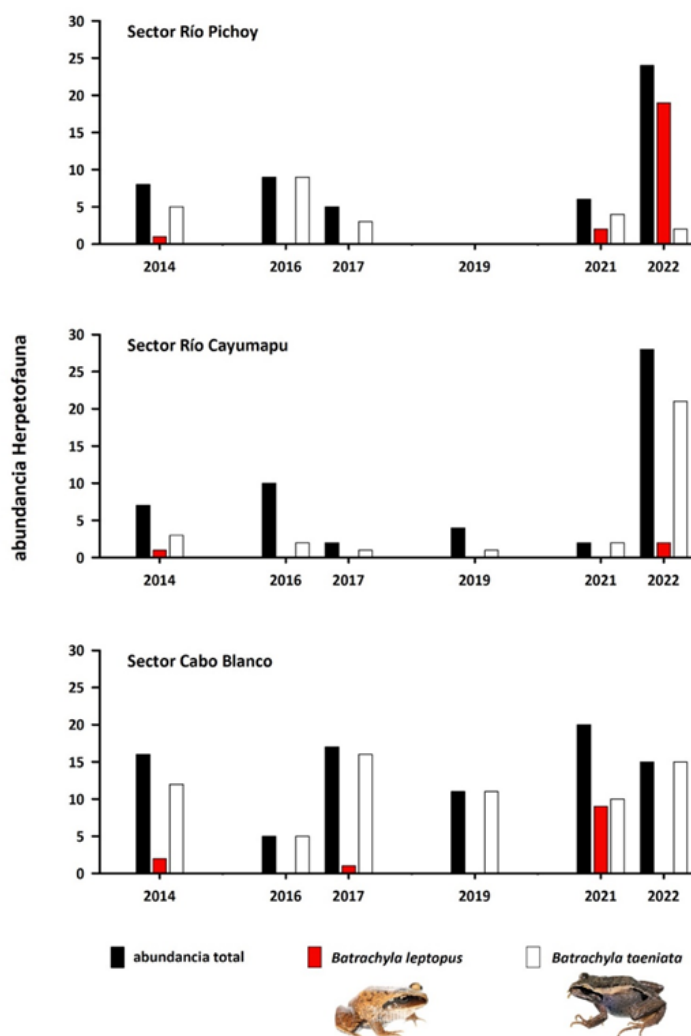


Figura 60. Variabilidad interanual en la abundancia total de la herpetofauna, *Batrachyla leptopus* y *Batrachyla taeniata*, en los humedales del acceso Norte Valdivia.

La comparación de la data interanual de la riqueza de especies y abundancia de la herpetofauna de los humedales del acceso Sur de Valdivia (2018 vs. 2022), muestra valores más bajos de riqueza específica y abundancias, que los estimados para aquellos del acceso Norte (cf. Tabla 38 vs. Tabla 37). En los tres sectores de humedales estudiados en el acceso Sur, la especie dominante en abundancia fue *Batrachyla taeniata* (Tabla 38).

Tabla 38. Variabilidad interanual en la riqueza de especies y abundancia de la herpetofauna estimada durante el período otoñal en áreas aledañas a los humedales del acceso Norte de Valdivia. No se detectó herpetofauna en los muestreos de laguna Llancahue.

| Sectores | Especie | 2018 | 2022 | Total |
|-------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|
| Las Gaviotas | <i>B. taeniata</i> | 1 | 2 | 3 |
| | <i>E. roseus</i> | 0 | 0 | 0 |
| | <i>P. thaul</i> | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 1 | 2 | 3 |
| Puente Piedra Blanca interior | <i>B. taeniata</i> | 0 | 3 | 3 |
| | <i>E. roseus</i> | 0 | 1 | 1 |
| | <i>P. thaul</i> | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 0 | 4 | 4 |
| Puente Piedra Blanca exterior | <i>B. taeniata</i> | 0 | 5 | 5 |
| | <i>E. roseus</i> | 0 | 0 | 0 |
| | <i>P. thaul</i> | 0 | 1 | 1 |
| | Total | 0 | 6 | 6 |

Conclusiones

- Los resultados de los muestreos realizados durante el otoño 2022, muestran una mayor riqueza específica y abundancia de herpetofauna en los humedales aledaños al acceso Norte de Valdivia. Las especies dominantes en abundancia, fueron las ranas *Batrachyla leptopus* y *Batrachyla taeniata*; aun cuando no se la detectó en forma directa, se conoce de la presencia de la Rana grande chilena (*Calyptocephalella gayi*) en los fondos de algunos de los humedales estudiados, como es el caso de la laguna Llancahue.
- Las bajas abundancias de las lagartijas del género *Liolaemus*, estuvieron probablemente relacionadas a sesgos de muestreo, ya que en general, en el área de estudio son más abundantes durante la primavera.

Referencias

- Baillie JEM, Hilton-Taylor C, Stuart SN (2004) IUCN Red List of Threatened Species. A

- Global Species Assessment. IUCN, Cambridge, p 217.
- Demangel D (2016) Reptiles en Chile. Verlag, p 604.
 - Frost DR (2021) Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6. Electronic Database. American Museum of Natural History, New York, USA. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> (Última consulta: 27 nov 2018).
 - González N, Ruiz J, Puente S, Nuñez JJ (2018) On the status of red-eared slider, *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1838) (Testudines, Emydidae) with evidences of its reproduction in the wild, Chile. *Biodiversity International Journal* 2(3):292-295.
 - Grant EHC, Miller DA, Schmidt BR, Adams MJ, Amburgey SM, Chambert T, Cruickshank SS, Fisher RN, Green DM, Hossack BR, Johnson PT, Joseph MW, Rittenhouse TAG, Ryan ME, Waddle JH, Walls SC, Bailey LL, Fellers GM, Gorman TA, Ray AM, Pilliod DS, Price SJ, Saenz D, Sadinski W, Muths E (2016) Quantitative evidence for the effects of multiple drivers on continental-scale amphibian declines. *Scientific Report* 6(1):1-9. DOI: 10.1038/srep25625.
 - Heyer RW, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayek LC, Foster MS (2001) *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos estandarizados para Anfibios*, (ed. original 1994, traducido de Lavilla, Esteban O), Editorial Universitaria de la Patagonia, Chubut.
 - IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. <https://www.iucnredlist.org>
 - Kueneman JG, Bletz MC, McKenzie VJ, Becker CG, Joseph MB, Abarca JG, Archer H, Arellano AL, Bataille A, Becker M, Belden LK, Crottini A, Geffers R, Haddad CFB, Harris RN, Holden WM, Hughey M, Jarek M, Kearns PJ, Kerby JL, Kielgast J, Kurabayashi A, Longo AV, Loudon A, Medina D, Nuñez, Bina Perl RG, Pinto-Tomás A, Rabemamananjara FCE, Rebollar EA, Rodríguez A, Rollins-Smith L, Stevenson R, Tebbe CC, Vargas Asensio G, Waldman B, Walke JB, Whitfield SM, Zamudio KR, Zúñiga Chaves I, Woodhams DC, Vences M (2019) Community richness of amphibian skin bacteria correlates with bioclimate at the global scale. *Nature Ecology and Evolution* 3(3):381-389. doi: 10.1038/s41559-019-0798-1.
 - Lobos G, Vidal M, Correa C, Labra A, Díaz-Páez H, Charrier A, Rabanal F, Díaz S, Tala C (2013) *Anfibios de Chile, un desafío para la conservación*. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología, Santiago, p 104.
 - Red Chilena de Herpetología, RECH. <https://www.herpetologiadechile.cl>
 - Simon E, Puky M, Braun M, Tóthmérész B (2011) Frogs and toads as biological indicators in environmental assessment. In: Murray JL (ed) *Frogs: Biology, Ecology and Uses*. Nova Science Publisher, New York, p 141-150.

iv) AVES DE PAJONALES

Introducción

Los proyectos viales se consideran obras que ofrecen un beneficio socioeconómico para los territorios y la calidad de vida de las personas que los utilizan. No obstante, la construcción o ampliación de rutas presenta impactos en el ambiente (Bank *et al.*, 2002), tales como la fragmentación del hábitat, el efecto borde y la contaminación acústica, entre otros (Forman & Alexander, 1998). En general, un componente clave de la biodiversidad son las aves, las cuales son el grupo de vertebrados más estudiados, están presentes en todos los ambientes y proveen importantes servicios ecosistémicos (Sekercioglu, 2006). Por ejemplo, las aves de pajonales o palustres y que tienen hábitos crípticos desempeñan servicios de soporte (dispersión de semillas), regulación como el consumo de insectos e invertebrados y servicios ecosistémicos culturales (oportunidades para recreación) (Wenny *et al.*, 2011). Por este motivo, es importante determinar su presencia y abundancia poblacional, en ambientes que, de un modo u otro, pueden ser afectados por acción antrópica, como lo son los proyectos viales.

Objetivos

Caracterizar la comunidad de aves de pajonales presentes en los humedales de los accesos Norte y Sur de Valdivia.

Metodologías

Para caracterizar las comunidades de aves diurnas, se definieron nueve sitios de muestreo en humedales adyacentes a los accesos Norte y Sur de Valdivia. La selección de los sitios fue por la cercanía al lugar a intervenir y la posibilidad de llevar a cabo la metodología de muestreo que se detalla más adelante. Cuatro de esos sitios se ubicaron en el acceso Norte de Valdivia (Puente Pichoy, Puente Cayumapu, Cayumapu medio y Chorocamayo) (Fig. 61) y cinco en los del acceso sur (río Angachilla, sector Las Gaviotas, Santo Domingo Norte, Santo Domingo Sur, Puente Piedra Blanca interior y Puente Pichi) (Fig. 62).

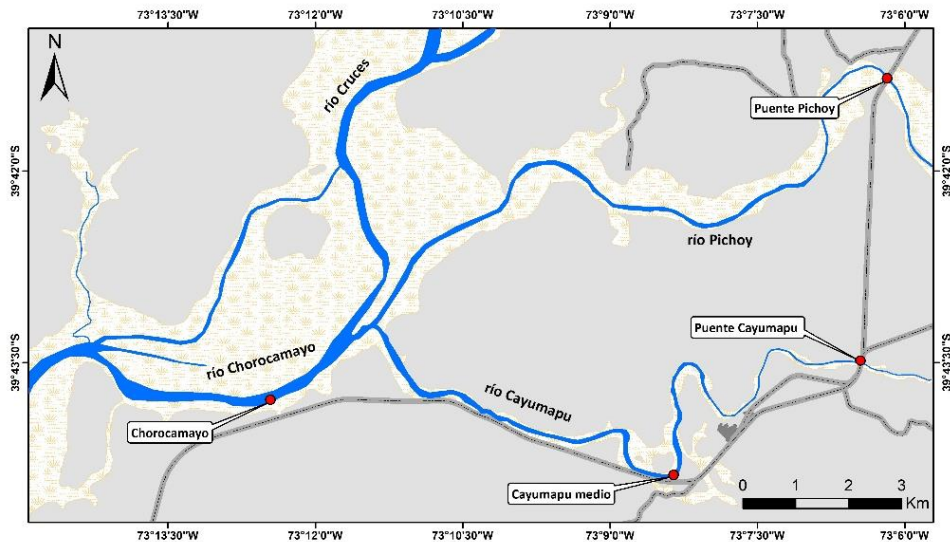


Figura 61. Ubicación de los sitios de muestreos de aves de pajonales en los humedales del acceso norte de Valdivia.

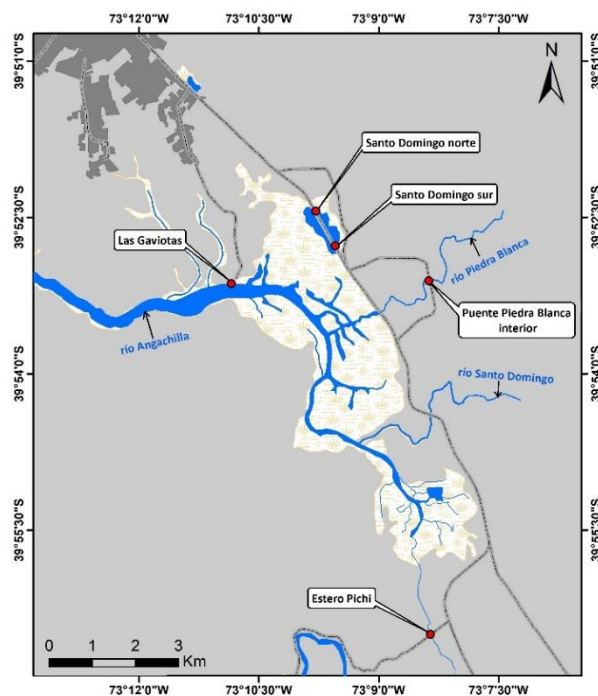


Figura 62. Ubicación de los sitios de muestreos de aves de pajonales en los humedales del acceso Sur a la ciudad de Valdivia.

Todos los sitios de muestreo fueron humedales palustres (ver, por ejemplo, fotografías en Fig. 63), con excepción del correspondiente al Puente Pichoy que se caracterizó por ser un humedal de ribera con parches de vegetación palustre (Fig. 63 d). Los sectores Puente Cayumapu, Cayumapu medio, Santo Domingo Norte, Santo Domingo Sur y Estero Pichi, presentaron parches de bosque nativo cercanos a los mismos.

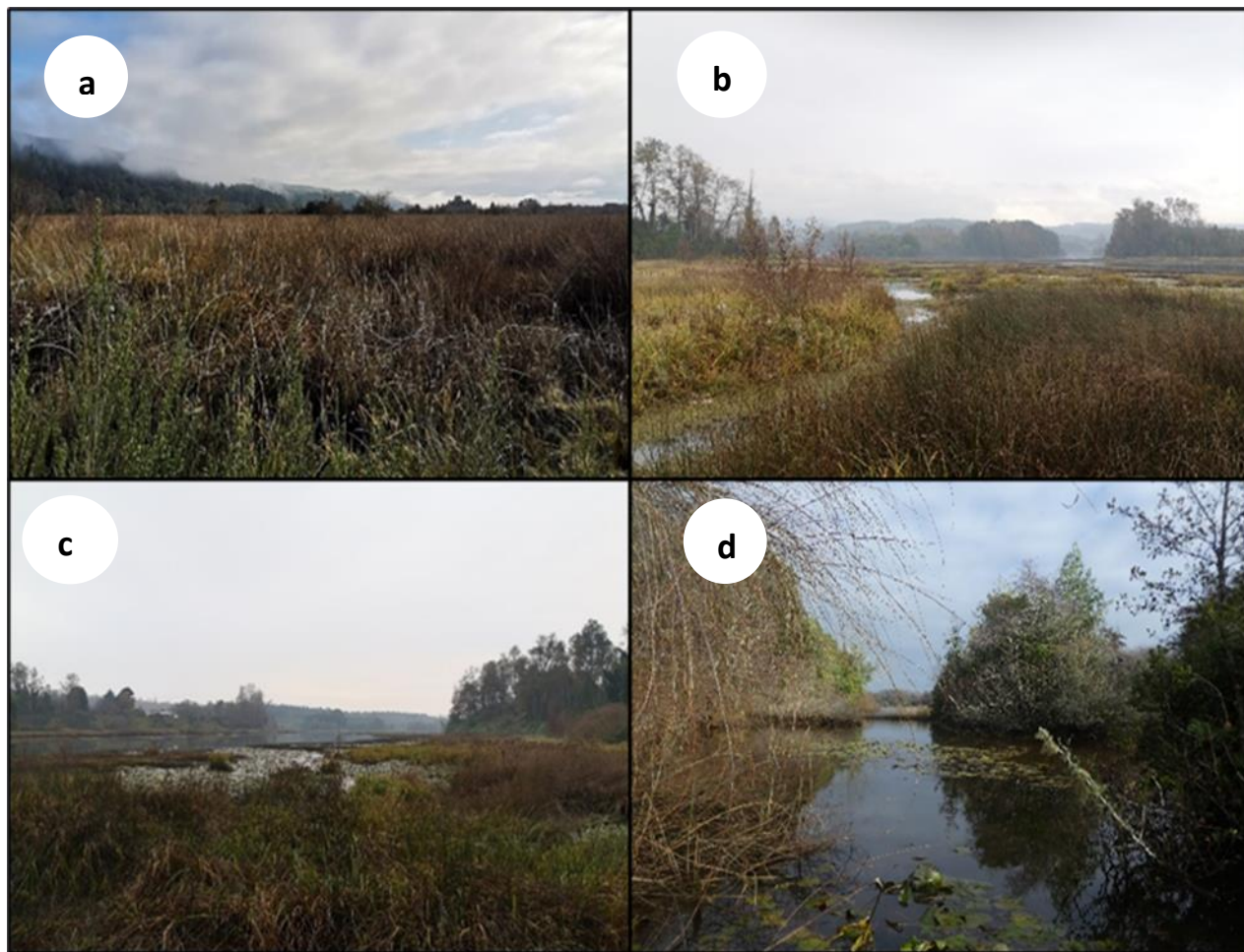


Figura 63. Imágenes de algunos de los sitios donde se llevaron a cabo los muestreos de aves de pajonales. a) Estero Pichi, b) Cayumapu medio, c) Puente Cayumapu y d) sitio Puente Pichoy.

Se realizaron censos de radio fijo donde se registraron todas las especies de aves vistas y oídas dentro y fuera de un radio de 30 m, estimándose el número de individuos por especie (Bibby *et al.*, 1992, Sutherland, 2006). Cada sitio fue visitado en tres oportunidades (*cf.*, Ibarra *et al.*, 2009). Los muestreos se llevaron a cabo durante los meses de mayo y junio de 2022 y dentro de las primeras cuatro horas después del amanecer (*cf.*, Vergara *et al.*, 2010). Cada muestreo consistió en comenzar con cinco minutos de aclimatación para las aves ante la presencia humana, para luego realizar dos censos de seis minutos de duración cada uno, con una pausa de cinco minutos entre estos (*cf.*, Sutherland, 2006). De este modo, el esfuerzo total de muestreo fue de 36 minutos por sitio (12 minutos por día x tres visitas). Los censos se ejecutaron en condiciones climáticas similares y diferentes horarios dentro del esfuerzo de muestreo (cuatro horas). Además, se descartaron días cuyas condiciones climáticas afectasen la metodología de muestreo, tales como la lluvia, neblina densa o viento (*cf.*, Bibby *et al.*, 1992).

Para la revisión del estado de conservación de las aves registradas en el área de estudio, se utilizó la información y categorías de conservación del Registro de Conservación de Especies Silvestres (RCE) & Ministerio de Medio Ambiente, Libro Rojo de los Vertebrados

de Chile (CONAF) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Resultados

Riqueza de especies

Considerando el rango de observación < 30 m, el promedio de la riqueza específica de aves de pajonales fue más bajo en los humedales del acceso Norte de Valdivia (promedio = 10,8; desviación estándar= 2,5), que en los del acceso Sur (promedio = 15,0; desviación estándar= 1,6). Por el contrario, en el rango de observación > 30 m, el promedio de riqueza de especies en los humedales del acceso Norte (24,5; desviación estándar= 6,4) fue superior al estimado para el grupo de humedales del acceso Sur (promedio= 20,8; desviación estándar= 3,2).

En los humedales del acceso Norte de Valdivia y considerando ambos rangos de observación, el humedal del sitio Puente Pichoy fue el que tuvo la menor cantidad de especies (8 y 16 *taxa*) (Tabla 39), a la vez que en general, los valores más altos de riqueza específica se detectaron en los sitios Chorocamayo y Cayumapu medio (14 - 27 y 10 - 31 *taxa* para los rangos de observación < 30 m y > 30 m, respectivamente) (Tabla 39).

Tabla 39. Caracterización de las comunidades de aves (1 = presencia, 0 = ausencia) en los sitios de muestreo de los humedales del acceso Norte de Valdivia. **Columna gris claro**= rango de detección <30 m; **Columna gris oscuro**= rango de detección >30 m. * = Especie reportada en el lugar, pero fuera del tiempo del censo y no agregada a estimaciones de riqueza específica.

| Nombre científico | Nombre común | Chorocamayo | | Cayumapu Medio | | Puente Cayumapu | | Puente Pichoy | |
|------------------------------------|-----------------------|-------------|---|----------------|---|-----------------|---|---------------|---|
| | | | | | | | | | |
| <i>Agelasticus thilius</i> | Trile | | | 0 | 1 | 1 | 1 | | |
| <i>Anairetes parulus</i> | Cachudito | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Anas flavirostris</i> | Pato jergón chico | | | 0 | 1 | | | | |
| <i>Anas georgica</i> | Pato jergón grande | | | 0 | 1 | | | | |
| <i>Aphrastura spinicauda</i> | Rayadito | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Ardea alba</i> | Garza grande | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Ardea cocoi</i> | Garza cuca | 0 | 1 | | | | | | |
| <i>Caracara plancus</i> | Traro | 0 | 1 | 1 | 1 | | | 0 | 1 |
| <i>Cinclodes patagonicus</i> | Churrete | | | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Cistothorus platensis</i> | Chercán de las vegas | | | 1 | 0 | 1 | 0 | | |
| <i>Colaptes pitius</i> | Pitío | | | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| <i>Colorhamphus parvirostris</i> | Viudita | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Coragyps atratus</i> | Jote cabeza negra | 0 | 1 | 1 | 1 | | | 0 | 1 |
| <i>Curaeus curaeus</i> | Tordo | | | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Cygnus melancoryphus</i> | Cisne de cuello negro | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| <i>Egretta thula</i> | Garza chica | | | 0 | 1 | | | | |
| <i>Elanus leucurus</i> | Bailarín | 0 | 1 | | | | | | |
| <i>Eugralla paradoxa</i> | Churrín de la mocha | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | | |
| <i>Enicognatus ferrugineus</i> | Cachaña | | | | | | | | |
| <i>Enicognatus sp.</i> | Cachaña/Choroy | 0 | 1 | | | | | | |
| <i>Leistes loyca</i> | Loica | | | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| <i>Leptasthenura aegithaloides</i> | Tijeral | | | | | 0 | 1 | | |
| <i>Mareca sibilatrix</i> | Pato real | | | 0 | 1 | | | | |
| <i>Megaceryle torquata</i> | Martín pescador | 1 | 0 | | | | | 0 | 1 |
| <i>Milvago chimango</i> | Tiuque | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Mimus thenca</i> | Tenca | | | | * | | | | |
| <i>Molothrus bonariensis</i> | Mirlo | | | | * | | | | |
| <i>Passer domesticus</i> | Gorrión | 1 | 0 | | | 0 | 1 | | |
| <i>Patagioenas araucana</i> | Torcaza | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |

Continuación Tabla 39:

| Nombre científico | Nombre común | Chorocamayo | | Cayumapu Medio | | Puente Cayumapu | | Puente Pichoy | |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|-----------|----------------|-----------|-----------------|-----------|---------------|-----------|
| | | | | | | | | | |
| <i>Phleocryptes melanops</i> | Trabajador | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | | |
| <i>Phrygilus patagonicus</i> | Cometocino | 0 | 1 | | | | | | |
| <i>Phytotoma rara</i> | Rara | | | * | * | | | | |
| <i>Podiceps major</i> | Huala | 0 | 1 | | * | | | 0 | 1 |
| <i>Pygarrhichas albogularis</i> | Comesebo | | | 0 | 1 | | | | |
| <i>Pyrope pyrope</i> | Diucón | 1 | 1 | 0 | 1 | | | 1 | 1 |
| <i>Scelorchilus rubecula</i> | Chuca | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| <i>Scytalopus magellanicus</i> | Churrín del sur | 0 | 1 | | | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Sephanoides sephaniodes</i> | Picaflor chico | 1 | 1 | | | | | 1 | 0 |
| <i>Sicalis luteola</i> | Chirihue | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | |
| <i>Spinus barbatus</i> | Jilguero | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Sylviorthorhynchus desmursii</i> | Colilarga | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| <i>Tachuris rubrigastra</i> | Sietecolores | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | |
| <i>Theristicus melanopis</i> | Bandurria | | | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| <i>Troglodytes aedon</i> | Chercán | 0 | 1 | 0 | 1 | | | | |
| <i>Turdus falcklandii</i> | Zorzal | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Nannopterum brasilianum</i> | Yeco | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| <i>Vanellus chilensis</i> | Queltehue | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Zenaida auriculata</i> | Tórtola | | | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| <i>Zonotrichia capensis</i> | Chincol | | | * | * | | | | |
| Riqueza de especies | | 14 | 27 | 10 | 31 | 11 | 24 | 8 | 16 |

En los humedales del acceso Sur de Valdivia y considerando ambos rangos de observación, se observa que los valores más bajos de riqueza específica tuvieron escasa variabilidad entre sitios (13 - 17 *taxa*), a la vez que los valores más altos de esta variable se detectaron en los humedales de los sitios río Angachilla, sector Las Gaviotas y Puente Pichi (23 y 25 *taxa*, respectivamente) (Tabla 40).

Tabla 40. Caracterización de las comunidades de aves (1 = presencia, 0 = ausencia) en los sitios de muestreo de los humedales del acceso Sur de Valdivia. **Columna gris claro**= rango de detección <30 m; **Columna gris oscuro**= rango de detección >30 m. * = Especie reportada en el lugar, pero fuera del tiempo del censo y no agregada a estimaciones de riqueza específica.

| Nombre científico | Nombre común | Las | | Santo | | Santo | | Pte. Piedra | | Puente | |
|------------------------------------|--------------------|----------|---|-----------|---|-----------|---|-----------------|---|--------|---|
| | | Gaviotas | | Domingo N | | Domingo S | | Blanca interior | | Pichi | |
| <i>Agelasticus thilius</i> | Trile | 0 | 1 | | | | | | | 0 | 1 |
| <i>Anairetes parulus</i> | Cachudito | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| <i>Anas flavirostris</i> | Pato jergón chico | 1 | 1 | | | | | | | | |
| <i>Aphrastura spinicauda</i> | Rayadito | | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Ardea alba</i> | Garza grande | | | | | | | | | 0 | 1 |
| <i>Caracara plancus</i> | Traro | 0 | 1 | | | | * | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Cistothorus platensis</i> | C. de las vegas | | | 1 | 0 | | | 1 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Colaptes pitius</i> | Pitío | | | | * | 0 | 1 | | | 0 | 1 |
| <i>Colorhamphus parvirostris</i> | Viudita | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Coragyps atratus</i> | Jote cabeza negra | 0 | 1 | | | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Curaeus curaeus</i> | Tordo | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Cygnus melancoryphus</i> | C. de cuello negro | 1 | 1 | | | | | | | 0 | 1 |
| <i>Elanus leucurus</i> | Bailarín | | | | | | | | | | * |
| <i>Eugralla paradoxa</i> | C. de la mocha | 1 | 0 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 |
| <i>Enicognatus ferrugineus</i> | Cachaña | | | | | 0 | 1 | | | 0 | 1 |
| <i>Enicognatus leptorhynchus</i> | Choroy | | | 0 | 1 | | | | | | |
| <i>Enicognatus sp.</i> | Cachaña/Choroy | | | 0 | 1 | | | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Falco sparverius</i> | Cernícalo | | | | | | * | | | 0 | 1 |
| <i>Glaucidium nana</i> | Chuncho | | | | * | | | | | 1 | 0 |
| <i>Leptasthenura aegithaloides</i> | Tijeral | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Megaceryle torquata</i> | Martín pescador | | | | | | | | * | | * |
| <i>Milvago chimango</i> | Tiuque | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Mimus thenca</i> | Tenca | | * | | | | | | | | |
| <i>Pardirallus sanguinolentus</i> | Pidén | | | | | 1 | 0 | | | | * |
| <i>Patagioenas araucana</i> | Torcaza | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Phleocryptes melanops</i> | Trabajador | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 |
| <i>Phrygilus patagonicus</i> | Cometocino | | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | |
| <i>Phytotoma rara</i> | Rara | 1 | 1 | | | | | | | | |
| <i>Pterotochos tarnii</i> | Huet-Huet | | | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Estado de conservación

La Tabla 41 da cuenta del estado de conservación de la avifauna censada en los pajonales de los humedales del área de estudio, según el Ministerio de Medio Ambiente (MMA); Libro Rojo de Especies Amenazadas (CONAF) y Unión Internacional para la Conservación de La Naturaleza International (UICN). De las especies reportadas ninguna se encuentra actualmente en una categoría de conservación de preocupación según la UICN y el MMA. No obstante, en el Libro Rojo de Especies Amenazadas de CONAF, dos especies registran categorías de conservación “vulnerable”, como el Choroy (*E. leptorhynchus*) y la Torcaza (*Patagioenas araucana*).

Tabla 41. Estado de conservación de la avifauna de pajonales del área de estudio. Categorías de conservación: **F** (Fuera de peligro); **LC** (Preocupación menor); **R** (Rara); **V** (Vulnerable).

| Nombre científico | Nombre común | Estado de conservación según: | | |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|------|
| | | MMA | Libro Rojo CONAF | UICN |
| <i>Agelasticus thilius</i> | Trile | | | LC |
| <i>Anairetes parulus</i> | Cachudito | | | LC |
| <i>Anas flavirostris</i> | Pato jergón chico | | | LC |
| <i>Anas georgica</i> | Pato jergón grande | | | LC |
| <i>Aphrastura spinicauda</i> | Rayadito | | | LC |
| <i>Ardea alba</i> | Garza grande | | | LC |
| <i>Ardea cocoi</i> | Garza cuca | LC | R | LC |
| <i>Caracara plancus</i> | Traro | | | LC |
| <i>Cinclodes patagonicus</i> | Churrete | | | LC |
| <i>Cistothorus platensis</i> | Chercán de las vegas | | | LC |
| <i>Colaptes pitius</i> | Pitío | | | LC |
| <i>Colorhamphus parvirostris</i> | Viudita | | | LC |
| <i>Coragyps atratus</i> | Jote cabeza negra | | | LC |
| <i>Curaeus curaeus</i> | Tordo | | | LC |
| <i>Cygnus melancoryphus</i> | Cisne de cuello negro | LC | F | LC |
| <i>Egretta thula</i> | Garza chica | | | LC |
| <i>Elanus leucurus</i> | Bailarín | | | LC |
| <i>Eugralla paradoxa</i> | Churrín de la mocha | | | LC |
| <i>Enicognatus ferrugineus</i> | Cachaña | | | LC |
| <i>Enicognatus leptorhynchus</i> | Choroy | LC | V | LC |
| <i>Glaucidium nana</i> | Chuncho | | | LC |
| <i>Leistes loyca</i> | Loica | | | LC |
| <i>Leptasthenura aegithaloides</i> | Tijeral | | | LC |
| <i>Mareca sibilatrix</i> | Pato real | | | LC |
| <i>Megaceryle torquata</i> | Martín pescador | | | LC |
| <i>Milvago chimango</i> | Tiuque | | | LC |
| <i>Mimus thenca</i> | Tenca | | | LC |
| <i>Molothrus bonariensis</i> | Mirlo | | | LC |

| | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|----|---|----|
| <i>Pardirallus sanguinolentus</i> | Pidén | | | LC |
| <i>Passer domesticus</i> | Gorrión | | | LC |
| <i>Patagioenas araucana</i> | Torcaza | LC | V | LC |
| <i>Phleocryptes melanops</i> | Trabajador | | | LC |
| <i>Phrygilus patagonicus</i> | Cometocino | | | LC |
| <i>Phytotoma rara</i> | Rara | | | LC |
| <i>Podiceps major</i> | Huala | | | LC |
| <i>Pterotochos tarnii</i> | Huet-Huet | | | LC |
| <i>Pygarrhichas albogularis</i> | Comesebo | | | LC |
| <i>Pyrope pyrope</i> | Diucón | | | LC |
| <i>Scelorchilus rubecula</i> | Chuca | LC | | LC |
| <i>Scytalopus magellanicus</i> | Churrín del sur | | | LC |
| <i>Sephanoides sephaniodes</i> | Picaflor chico | | | LC |
| <i>Sicalis luteola</i> | Chirihue | | | LC |
| <i>Spinus barbatus</i> | Jilguero | | | LC |
| <i>Sylviorthorhynchus desmursii</i> | Colilarga | | | LC |
| <i>Tachycineta leucophyga</i> | Golondrina chilena | | | LC |
| <i>Tachuris rubrigastra</i> | Sietecolores | | | LC |
| <i>Theristicus melanopsis</i> | Bandurria | LC | | LC |
| <i>Troglodytes aedon</i> | Chercán | | | LC |
| <i>Turdus falcklandii</i> | Zorzal | | | LC |
| <i>Nannopterum brasilianum</i> | Yeco | | | LC |
| <i>Vanellus chilensis</i> | Queltehue | | | LC |
| <i>Zenaida auriculata</i> | Tórtola | | | LC |
| <i>Zonotrichia capensis</i> | Chincol | | | LC |

Abundancias relativas

La abundancia relativa promedio dentro del radio de los 30 m fue similar para el conjunto de humedales del acceso Norte y Sur de Valdivia (2.5 y 2.6 ind/conteo). Dentro de ese radio, el sitio Puente Pichoy fue el que presentó la mayor abundancia relativa (4.56 ind/conteo) (Tabla 42). Por otra parte, las abundancias relativas promedio de las aves detectadas fuera de los 30 m, fue mayor en los humedales del acceso Norte vs. los del acceso Sur (10.0 y 8.5 ind/conteo, respectivamente) que los de la salida Sur (8.5 ind/conteo). Fuera del rango de observación de los 30 m, el sitio Puente Piedra Blanca interior, fue el que presentó una mayor abundancia relativa de (21.1 ind/conteo) (Tabla 43).

El Jilguero (*Spinus barbatus*), fue la especie que presentó la mayor abundancia relativa en la mayoría de los sitios muestreados (Tablas 42 y 43). En los humedales del acceso Norte a Valdivia y dentro del radio de observación de los 30 m, esta especie tuvo su valor más alto de abundancia relativa en el sitio Puente Pichoy (3.78 ind/conteo); fuera de ese radio (> 30 m), la abundancia relativa de esta especie fue de 5.42 ind/conteo en el sitio Puente Cayumapu (Tabla 42). Por otra parte, en los humedales del acceso Sur a Valdivia y en ambos radios de observación, el Jilguero tuvo su valor más alto de abundancia relativa en el sitio Puente Piedra Blanca interior (4.17 y 3.94 ind/conteo para los radios <30 y >30 m,

respectivamente (Tabla 43).

Tabla 42. Abundancia relativa (individuo/conteo) de las especies de aves registradas en los humedales del acceso norte de Valdivia. **Columna gris claro**= rango <30 m; **Columna gris oscuro**= rango >30 m.

| Especie | Chorocamayo | | Cayumapu medio | | Puente Cayumapu | | Puente Pichoy | |
|--|-------------|------|-------------------|------|--------------------|------|------------------|------|
| | | | | | | | | |
| Trile (<i>A. thilius</i>) | | | 0.00 | 0.17 | 0.08 | 0.31 | | |
| Cachudito (<i>A. parulus</i>) | 0.17 | 0.31 | 0.33 | 0.14 | 0.17 | 0.14 | 0.19 | 0.11 |
| P. jergón chico (<i>A. flavirostris</i>) | | | 0.00 | 0.22 | | | | |
| P. jergón grande (<i>A. georgica</i>) | | | 0.00 | 0.06 | | | | |
| Rayadito (<i>A. spinicauda</i>) | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.64 | 0.00 | 0.03 | 0.17 | 0.28 |
| Garza grande (<i>A. alba</i>) | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.08 |
| Garza cuca (<i>A. cocoi</i>) | 0.00 | 0.03 | | | | | | |
| Traro (<i>C. plancus</i>) | 0.00 | 0.08 | 0.06 | 0.25 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.06 |
| Churrete (<i>C. patagonicus</i>) | | | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.14 | 0.14 |
| C. de las vegas (<i>C. platensis</i>) | | | 0.03 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | | |
| Pitío (<i>C. pitius</i>) | | | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.06 | | |
| Viudita (<i>C. parvirostris</i>) | 0.06 | 0.17 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.14 | 0.08 | 0.19 |
| J. cabeza negra (<i>C. atratus</i>) | 0.00 | 0.03 | 0.11 | 0.06 | | | 0.00 | 0.14 |
| Tordo (<i>C. curaeus</i>) | | | 0.00 | 0.67 | 0.00 | 0.83 | 0.00 | 0.42 |
| C. de cuello negro (<i>C. melancoryphus</i>) | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 1.39 | 0.00 | 0.06 | | |
| Garza chica (<i>E. thula</i>) | | | 0.00 | 1.17 | | | | |
| Bailarín (<i>E. leucurus</i>) | 0.00 | 0.03 | | | | | | |
| Choroy/cachaña (<i>Enicognathus</i> sp) | 0.00 | P | | | | | | |
| C. de la mocha (<i>E. paradoxa</i>) | 0.06 | 0.14 | 0.00 | 0.03 | 0.22 | 0.28 | | |
| Loica (<i>L. loyca</i>) | | | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.11 | | |
| Tijeral (<i>L. aegithaloides</i>) | | | | | 0.00 | 0.06 | | |
| Pato real (<i>M. sibilatrix</i>) | | | 0.00 | 0.22 | | | | |
| Martín pescador | 0.03 | 0.00 | | | | | | |
| Tiuque (<i>M. chimango</i>) | 0.03 | 0.31 | 0.14 | 0.72 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.28 |
| Gorrión (<i>P. domesticus</i>) | 0.14 | 0.00 | | | 0.00 | 0.14 | | |
| Torcaza (<i>P. araucana</i>) | 0.03 | 0.58 | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 3.78 | | |
| Trabajador (<i>P. melanops</i>) | 0.22 | 0.11 | 0.00 | 0.03 | 0.25 | 0.11 | | |
| Cometocino (<i>P. patagonicus</i>) | 0.00 | 0.08 | | | | | | |
| Huala (<i>P. major</i>) | 0.00 | 0.03 | | | | | 0.00 | 0.08 |
| Comesebo (<i>P. albogularis</i>) | | | 0.00 | 0.31 | | | | |
| Diucón (<i>P. pyrope</i>) | 0.03 | 0.06 | 0.00 | 0.03 | | | 0.06 | 0.03 |
| Chucazo (<i>S. rubecula</i>) | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.17 | | |
| Churrín del sur (<i>S. magellanicus</i>) | 0.00 | 0.06 | | | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.03 |
| Picaflor chico (<i>S. sephaniodes</i>) | 0.03 | 0.72 | | | | | 0.11 | 0.00 |
| Chirihue (<i>S. luteola</i>) | 0.11 | 0.00 | | | 0.08 | 0.00 | | |
| Jilguero (<i>S. barbatus</i>) | 1.58 | 4.47 | 0.03 | 0.33 | 0.42 | 5.42 | 3.78 | 5.36 |
| Colilarga (<i>S. desmursii</i>) | 0.03 | 0.03 | 0.08 | 0.06 | 0.11 | 0.03 | | |

| | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Sietecolores (<i>T. rubrigastra</i>) | 0.11 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.11 | 0.00 | | |
| Bandurria (<i>T. melanopsis</i>) | | | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.22 | | |
| Chercán (<i>T. aedon</i>) | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.06 | | | | |
| Zorzal (<i>T. falklandii</i>) | 0.06 | 0.06 | 0.00 | 0.31 | 0.06 | 0.19 | 0.03 | 0.22 |
| Yeco (<i>N. brasilianum</i>) | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.44 | 0.00 | 0.25 | | |
| Queltehue (<i>V. chilensis</i>) | 0.00 | 0.42 | 0.06 | 1.56 | 0.03 | 0.58 | 0.00 | 0.03 |
| Tórtola (<i>Z. auriculata</i>) | | | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.03 | | |
| Chincol (<i>Z. capensis</i>) | | | 0.17 | 0.00 | | | | |
| Abundancia relativa (ind/conteo) | 2.67 | 8.50 | 1.14 | 10.75 | 1.58 | 13.42 | 4.56 | 7.44 |

Tabla 43. Abundancia relativa (individuo/conteo) de las especies de aves registradas en los humedales del acceso Sur de Valdivia. **Columna gris claro**= rango <30 m; **Columna gris oscuro**= rango >30 m.

| Especie | Las Gaviotas | | Santo Domingo N | | Santo Domingo S | | Pte. Piedra Blanca interior | | Estero Pichi | |
|--|--------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------------------|-------|--------------|------|
| | | | | | | | | | | |
| Trile (<i>A. thilius</i>) | 0.00 | 0.11 | | | | | | | 0 | 0.03 |
| Cachudito (<i>A. parulus</i>) | 0.22 | 0.11 | 0.25 | 0.03 | 0.22 | 0.03 | 0.11 | 0.08 | 0.17 | 0.00 |
| P. jergón chico (<i>A. flavirostris</i>) | 0.06 | 0.25 | | | | | | | | |
| Rayadito (<i>A. spinicauda</i>) | | | 0.00 | 0.33 | 0.19 | 0.06 | 0.14 | 0.22 | 0.03 | 0.11 |
| Garza grande (<i>A. alba</i>) | | | | | | | | | 0 | 0.03 |
| Traro (<i>C. plancus</i>) | 0.00 | 0.03 | | | | | | | 0 | 0.03 |
| Churrete (<i>C. patagonicus</i>) | | | | | | | | | 0.08 | 0 |
| C. de las vegas (<i>C. platensis</i>) | | | 0.06 | 0.00 | | | 0.03 | 0 | | |
| Pitío (<i>C. pitius</i>) | | | | | 0.00 | 0.06 | | | 0 | 0.06 |
| Viudita (<i>C. parvirostris</i>) | 0.00 | 0.06 | 0.11 | 0.11 | 0.00 | 0.11 | 0.17 | 0.11 | 0.03 | 0.06 |
| J. cabeza negra (<i>C. atratus</i>) | 0.00 | 0.14 | | | 0.00 | 0.19 | 0.06 | 0.03 | 0 | 1.33 |
| Tordo (<i>C. curaeus</i>) | 0.00 | 0.22 | 0.03 | 0.47 | 0 | 0.75 | 0.14 | 0.28 | 0 | 3.44 |
| C. de cuello negro (<i>C. melancoryphus</i>) | 0.03 | 0.17 | | | | | 0.03 | 0 | 0 | 0.03 |
| Cachaña (<i>E. ferrugineus</i>) | | | | | 0.00 | 1.44 | | | 0 | 0.56 |
| Choroy (<i>E. leptorhynchus</i>) | | | 0.00 | 0.28 | | | | | 0 | P |
| Choroy/cachaña (<i>Enicognathus sp</i>) | | | 0 | P | | | 0 | P | 0 | 0.28 |
| C. de la mocha (<i>E. paradoxa</i>) | 0.03 | 0.00 | 0.06 | 0.03 | | | | | 0.06 | 0.28 |
| Cernícalo (<i>F. sparverius</i>) | | | | | | | | | 0 | 0.03 |
| Chuncho (<i>G. nana</i>) | | | | | | | | | 0.03 | 0 |
| Tijeral (<i>L. aegithaloides</i>) | | | | | | | | | 0.06 | 0.03 |
| Tiuque (<i>M. chimango</i>) | 0.00 | 0.39 | 0.00 | 0.28 | 0.03 | 0.25 | 0.11 | 1.61 | 0 | 0.33 |
| Tenca (<i>M. thenca</i>) | 0.00 | 0.08 | | | | | | | | |
| Pidén (<i>P. sanguinolentus</i>) | | | | | 0.03 | 0.00 | | | 0.03 | 0.00 |
| Torcaza (<i>P. araucana</i>) | 0.03 | 0.56 | 0.06 | 0.06 | 0.00 | 0.42 | 0 | 12.94 | 0 | 0.81 |
| Trabajador (<i>P. melanops</i>) | 0.58 | 0.11 | 0.25 | 0.03 | 0.11 | 0.06 | | | 0.33 | 0.06 |
| Cometocino (<i>P. patagonicus</i>) | | | 0.03 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.08 | 0 | | |
| Rara (<i>P. rara</i>) | 0.06 | 0.03 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Huet-huet (<i>P. tarnii</i>) | | | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.03 | 0 | 0.03 | 0 | 0.03 |
| Diucón (<i>P. pyrope</i>) | 0.00 | 0.03 | 0.11 | 0.03 | 0.00 | 0.03 | 0.19 | 0.08 | 0.03 | 0 |
| Chucazo (<i>S. rubecula</i>) | | | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.22 | 0 | 0.06 | 0 | 0.25 |

Continuación Tabla 43:

| | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| C. del sur (<i>S. magellanicus</i>) | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.06 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | 0.11 |
| Picaflor chico (<i>S. sephaniodes</i>) | 0.08 | 0.00 | 0.03 | 0.36 | 0.03 | 0.17 | 0.03 | 0.14 | | |
| Chirihue (<i>S. luteola</i>) | 0.00 | 1.11 | 0.08 | 0.00 | | | 0.11 | 0.03 | 0.03 | 0 |
| Jilguero (<i>S. barbatus</i>) | 0.69 | 0.03 | 0.31 | 0.25 | 0.28 | 0.11 | 4.17 | 3.94 | 0.28 | 0.31 |
| Colilarga (<i>S. desmursii</i>) | 0.11 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.06 | 0 | | |
| Sietecolores (<i>T. rubrigastra</i>) | 0.14 | 0.03 | 0.25 | 0 | 0.17 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.28 | 0.03 |
| G. chilena (<i>T. leucopyga</i>) | 0.03 | 0.00 | | | | | | | | |
| Bandurria (<i>T. melanops</i>) | 0.00 | 0.39 | 0.00 | 0.06 | 0.03 | 0.14 | 0.00 | 0.47 | 0.00 | 0.50 |
| Chercán (<i>T. aedon</i>) | 0.11 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | | | | | | |
| Zorzal (<i>T. falcklandii</i>) | 0.11 | 0.25 | 0.08 | 0.14 | 0.06 | 0.28 | 0.17 | 0.00 | 0.08 | 0.14 |
| Yeco (<i>N. brasilianum</i>) | 0.00 | 0.03 | | | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.03 | | |
| Queltehue (<i>V. chilensis</i>) | 0.06 | 0.86 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.08 | 0 | 1 | 0 | 0.22 |
| Chincol (<i>Z. capensis</i>) | 0.11 | 0.00 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.00 | | | | |
| Abundancia relativa (ind/conteo) | 2.44 | 5.03 | 1.78 | 2.97 | 1.39 | 4.50 | 5.81 | 21.06 | 1.61 | 9.06 |

Conclusiones

- En este estudio se registró la presencia de 54 especies de aves, de las cuales cinco están asociadas exclusivamente a pajonales: Sietecolores (*T. rubrigastra*), Trabajador (*P. melanops*), Chercán de las vegas (*C. platensis*), Trile (*A. thilius*) y Pidén (*P. sanguinolentus*). Cabe destacar, que ninguna de estas especies fue registrada en el sitio Puente Pichoy, lo cual puede ser explicado por las características de este sector, ya que, a diferencia de los demás sitios, este es un humedal de ribera con algunos parches de vegetación palustre.

- La presencia de especies asociadas a bosque nativo, como el Chucazo (*S. rubecula*), Huet-huet (*P. tarnii*), Churrín del sur (*S. magellanicus*), Comesebo (*P. albogularis*) y Rayadito (*A. spinicauda*), estuvo relacionada a los parches de bosque nativo presentes en los sectores de los sitios Puente Cayumapu, Cayumapu medio, Santo Domingo Norte y Santo Domingo Sur. No obstante, también se detectaron en ambos radios de detección, bandadas invernales de Rayaditos (*A. spinicauda*), utilizando vegetación palustre para alimentarse.

- Se detectaron especies más generalistas de hábitat, como Colilarga (*S. desmursii*), Jilguero (*S. barbatus*), Tordo (*C. curaeus*), Cachudito (*A. parulus*), Tijeral (*L. aegithaloides*), Chirihue (*S. luteola*) y Viudita (*C. parvirostris*), utilizando ambientes palustres para desarrollar actividades de alimentación y/o refugio.

- Las abundancias relativas dentro del radio de los 30 m fueron similares en ambos accesos de Valdivia, mientras que el del acceso Norte presentó mayor abundancia relativa fuera del

radio de los 30 m. El Jilguero (*S. barbatus*) fue la especie con mayor abundancia relativa en todos los sitios, lo cual es un resultado esperable, ya que esta es una especie gregaria que forma bandos de hasta cientos de individuos (Couve *et al.*, 2016).

- La abundancia relativa de las especies de aves fue baja en comparación con otros trabajos realizados en humedales colindantes a algunos sitios muestreados con anterioridad (CEHUM, 2020), pero era un resultado esperable por las diferencias en los periodos de muestreo (primavera vs. otoño). Consecuentemente, los resultados aquí expuestos, pueden estar afectados por el período en que se realizaron los muestreos (otoño), ya que las aves fuera del periodo reproductivo (primavera - verano) están más inactivas (Bibby *et al.*, 1992) y, por lo tanto, los valores de abundancias relativas aquí estimados, podrían ser más altos de haberse realizado este estudio durante meses de primavera o verano. En este sentido y ante la eventualidad de que se construyan las autopistas o dobles vías de los accesos norte y sur de Valdivia y consecuentemente, se realice el respectivo Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de tales obras viales, se recomienda realizar muestreos repetidos durante periodos no reproductivos (otoño) y reproductivos (primavera/verano), de tal modo de evaluar la variabilidad estacional de esta avifauna.

- Consecuente con lo anterior, resultados de muestreos estacionales podrían dar cuenta de la presencia de especies migratorias tales como el Run-run (*Hymenops perspicillatus*) y el Fío-Fío (*Elaenia albiceps*) y que son componentes importantes del conjunto de las aves de pajonales. Tal tipo de muestreo permitiría, además, registrar conductas de reproducción en especies que nidifican en pajonales, como también incrementar la probabilidad de detección de especies que probablemente estaban presentes en el área, pero no fue posible registrarlas debido a la inactividad de este periodo.

Referencias

- Bank F. 2002. Wildlife habitat connectivity across European highways. Office of International Programs Eds. 48 pp.
- Bibby C, N Burgess, N Hill. 1992. Bird census techniques. 1st Edition. Academic press. 257 pp.
- Couve E, C Vidal, J Ruiz. 2016. Aves de Chile, sus Islas Oceánicas y Península Antártica. 1st Edition. Far South Expeditions. 549 pp.
- CEHUM. 2020. Informe final demanda por intervenciones en humedal Santo Domingo causa Rol D-10-2019. Rodríguez I, J Tomasevic, P Möller, D Contreras Eds. 68 pp.
- Forman R, L Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology and Systematics 29: 207-231.
- Ibarra T, R Rozzi, H Gilabert, C Anderson, S McGehee, C Bonacic. 2009. Dinámica estacional y patrones de distribución de la avifauna asociada a humedales subantárticos en la reserva de la Biosfera Cabo de Hornos (54-55°S), Chile. Ornithología Neotropical 20(3): 321-337.

- Sekercioglu C. 2006. Ecological significance of bird populations. IN Handbook of Birds of the World (11): Old World Flycatchers to Old World Warblers. J del Hoyo, Elliott A, Christie D, Eds. Pages 15-51. Lynx Edicions, Barcelona, Spain.
- Sutherland W. 2006. Ecological census techniques. 2nd Edition. Cambridge University Press. 450 pp.
- Vergara P, J Jiménez, R Schlatter. 2010. Effective point-count duration for estimating bird species richness in Chilean forest. Zoological studies 49(3): 381-391.
- Wenny D, T DeVault, M Johnson, D Kelly, C Sekercioglu, D Tomback, C Whelan. 2011. The need to quantify ecosystem services provided by birds. The Auk 128 (1): 1-14.

v) AVIFAUNA ACUÁTICA

Introducción

La diversidad y abundancia de la avifauna acuática, constituye para la Convención Ramsar (www.ramsar.org), un criterio relevante para la designación de humedales prioritarios para la conservación. Tal es el caso de la designación del humedal del río Cruces como primer sitio Ramsar de Chile, actualmente conocido con el nombre oficial de Santuario de la Naturaleza de los ríos Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter (HRC). En la ficha de caracterización del mismo, se menciona como ave icónica o bandera de este humedal, al Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), ave acuática herbívora que hasta el año 2004, ocupaba a este humedal, como su sitio reproductivo más importante en su área de distribución geográfica en el cono sur de Sudamérica.

La avifauna acuática, incluye especies que habitan en ambientes acuáticos, tanto marinos, como estuariales y dulceacuícolas; para efectos de esta Línea Base de terreno, se considera como avifauna acuática a todas aquellas especies estrechamente relacionadas con el espejo de agua de los humedales, tanto para alimentarse, como para descansar (*e.g.*, cisnes de cuello negro, taguas, garzas y hualas).

La importancia de la avifauna acuática, como bio indicador del estado de salud ambiental de los humedales, está relacionada al hecho de que cualquier factor que afecte la calidad del hábitat - incluyendo, por ejemplo, disponibilidad de áreas para la nidificación y abundancia y/o cobertura de los recursos alimentarios para las especies que la componen - se verá reflejado con cambios en la abundancia de una o varias de las especies de aves que habitan en esos ecosistemas acuáticos.

El carácter bio indicador de la avifauna acuática, se ejemplifica muy bien con lo que se observó durante el año 2004 en el HRC; durante ese año, ocurrieron cambios ambientales significativos en este humedal, incluyendo desaparición casi total de una macrófita acuática *Egeria densa* (Luchecillo) de vastas áreas del mismo y que con anterioridad a ese año, constituía el alimento primario del Cisne de cuello negro, emigración masiva de estas aves y mortalidad por causas desconocidas de las mismas (Jaramillo *et al.*,

2018 a y b). Con posterioridad a los cambios ambientales del año 2004, se llegó a la conclusión que la explicación más plausible para explicar el origen de los mismos, era la afectación de la calidad de agua que había ocurrido en el humedal, luego de la entrada en marcha de una planta de celulosa, aguas arriba del humedal. Aproximadamente ocho años después del 2004, la cobertura del Luchecillo se recuperó y también la calidad de agua (Jaramillo *et al.*, 2018 a), lo que resultó en recuperación de las abundancias de los cisnes (Jaramillo *et al.*, 2018 b y Velásquez *et al.*, 2019). En otras palabras, estas aves acuáticas dieron cuenta de cambios significativos en la salud ambiental del HRC.

Objetivos

Evaluar la riqueza específica y abundancias de la avifauna acuática presente en los humedales de los accesos norte y sur de Valdivia, y realizar comparaciones históricas con datos obtenidos con anterioridad a este estudio, en algunos de los sitios evaluados durante la campaña otoñal 2022.

Metodologías

Durante el día 28 de abril de 2022, se prospectaron vía fluvial las riberas de los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo (Fig. 64), todas ubicadas en las proximidades de la ruta 202 en el acceso Norte de Valdivia. En el primero de estos ríos, se prospectó la ribera aledaña al Puente Pichoy por ambos costados, área considerada como la más expuesta a una eventual afectación negativa por las actividades que se realicen en este punto, debido a la construcción de la autopista Norte a Valdivia. Para estos efectos, la ribera estudiada en el río Pichoy incluye las riberas ubicadas 1000 y 2000 m al Este y Oeste del puente, respectivamente. A su vez y debido a la importancia de las riberas del río Cayumapu como área de alimentación y descanso del Cisne de cuello negro, se prospectó toda la ribera extendida entre la confluencia de este río con el río Chorocamayo, hasta un punto ubicado aproximadamente 9500 al este de la misma. Para el caso del río Chorocamayo, se prospectó la ribera de este río extendida desde su confluencia con el río Cayumapu hasta un punto, ubicado aproximadamente 4500 m al Sur de la misma.

Las zonas de riberas estudiadas en los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo, fueron divididas visualmente en polígonos cuyas longitudes alcanzaron aproximadamente 500 m (Fig. 64). Los puntos iniciales y finales de cada polígono se georreferenciaron en coordenadas UTM (huso WGS-84) con un GPS (Global Position System) GARMIN 60CSx. De esta forma, se registró la presencia y distribución espacial de la avifauna acuática de todas las riberas de los ríos en estudio. Para esta actividad, se utilizó una lancha de fibra de vidrio,

modelo Robalo y con cabina para pasajeros, eslora de 7,7 m y motor Tohatsu de 50 HP.

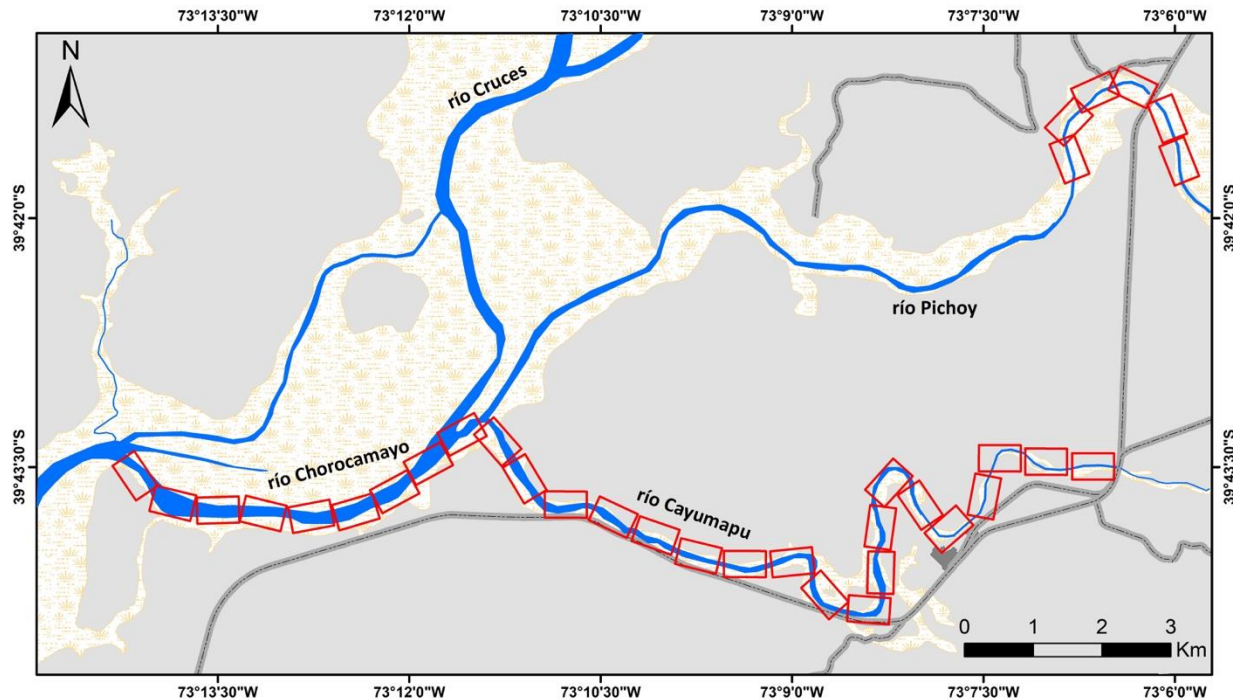


Figura 64. Polígonos de observación de avifauna acuática (marcados en rojo) en las riberas de los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo; humedales del acceso Norte de Valdivia.

Por otra parte, para evaluar la avifauna acuática de los humedales del acceso Sur de Valdivia se optó por puntos fijos de observación desde tierra. Esto, debido a que las áreas aledañas a la ruta 206 (sitio de interés) son de profundidades someras (< 1 m), lo que impide usar embarcaciones acuáticas para navegar en las mismas. Estos humedales fueron prospectados el día 30 de abril de 2022 e incluyeron los siguientes sitios de muestreo: laguna Llancahue, río Angachilla, sector Las Gaviotas, laguna Santo Domingo, Puente Piedra Blanca exterior, Puente Piedra Blanca interior, Puente Santo Domingo y Estero Pichi (Fig. 65).

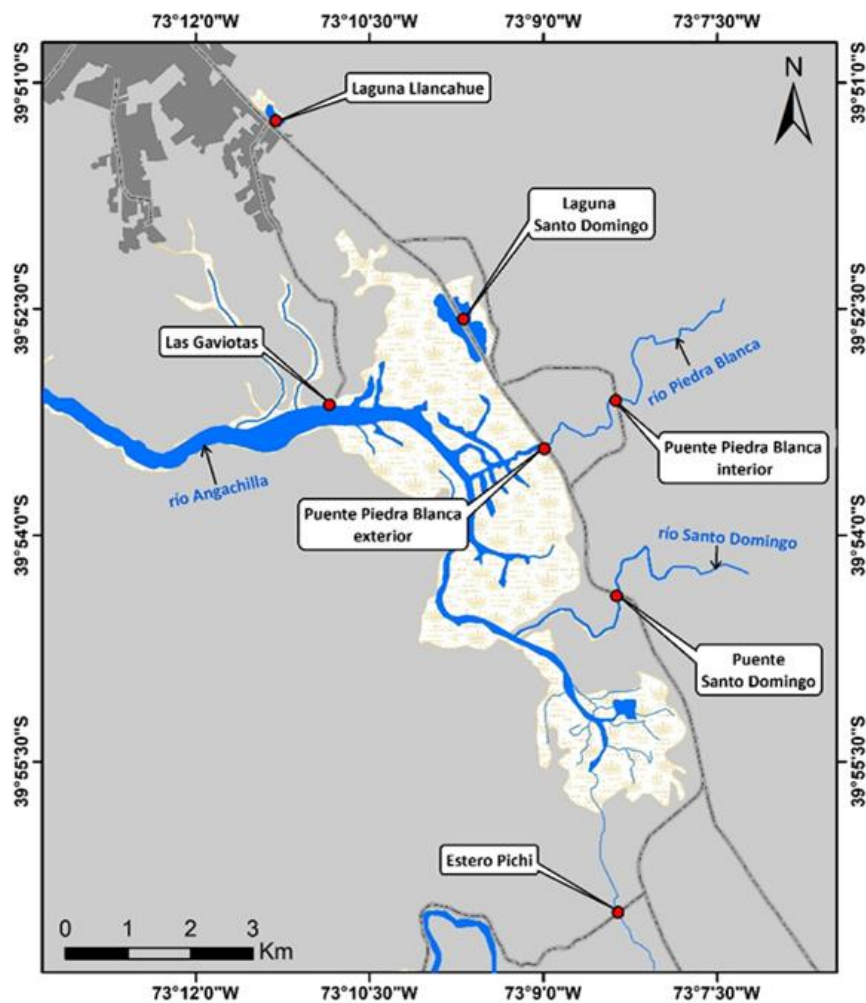


Figura 65. Ubicación de los puntos fijos de observación de aves acuáticas en las riberas de los humedales del acceso Sur de Valdivia.

Resultados

Humedales acceso norte

Durante el censo del 28 de abril de 2022, se registró la presencia de nueve especies de aves acuáticas en los humedales del acceso Norte de Valdivia; las más abundantes fueron el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y el Yeco (*Phalacrocorax brasilianus*), con 680 y 190 especímenes, respectivamente (Tabla 44). Las abundancias más altas de ambas especies, ocurrieron en el río Cayumapu (492 y 173 aves, respectivamente), donde también se registró la riqueza de especies más alta (8 especies; Tabla 44). Los valores más bajos de riqueza específica y abundancia de la avifauna acuática, ocurrieron en el río Pichoy (4 especies y 56 aves, respectivamente) (Tabla 44).

Es interesante llamar la atención sobre las abundancias de las garzas: las abundancias más altas de la Garza cuca y la Garza blanca grande, ocurrieron en las riberas

del río Cayumapu, a la vez que la Garza blanca chica solo se la detectó en este mismo río y con abundancias más altas (84 aves) que las exhibidas por las otras garzas (Tabla 44).

Tabla 44. Riqueza y abundancia de la avifauna acuática en los humedales del acceso Norte de Valdivia, durante abril de 2022.

| Especie | Nombre común | Pichoy | Cayumapu | Chorocamayo |
|----------------------------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|
| <i>Cygnus melancoryphus</i> | Cisne de cuello negro | 50 | 492 | 138 |
| <i>Fulica armillata</i> | Tagua común | | | 56 |
| <i>Ardea cocoi</i> | Garza cuca | 1 | 7 | 3 |
| <i>Ardea alba</i> | Garza blanca grande | 3 | 17 | 1 |
| <i>Egretta thula</i> | Garza blanca chica | | 84 | |
| <i>Podiceps major</i> | Huala | 2 | 2 | 13 |
| <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | Yeco | | 173 | 17 |
| <i>Anas georgica</i> | Pato jergón grande | | 30 | |
| <i>Anas sibilatrix</i> | Pato real | | 15 | |
| | Riqueza de especies | 4 | 8 | 6 |
| | Abundancia | 56 | 820 | 228 |

Las Figuras 66 a 69, muestran presencia y abundancia del Cisne de cuello negro y de las garzas Cuca, Blanca grande y Blanca chica, en los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo.

Las abundancias del Cisne de cuello negro fueron más altas en el Río Cayumapu y preferentemente en las proximidades del Puente Cayumapu, es decir en la parte más interna de la zona de riberas prospectada en este río (cf. Fig. 66 y 64).

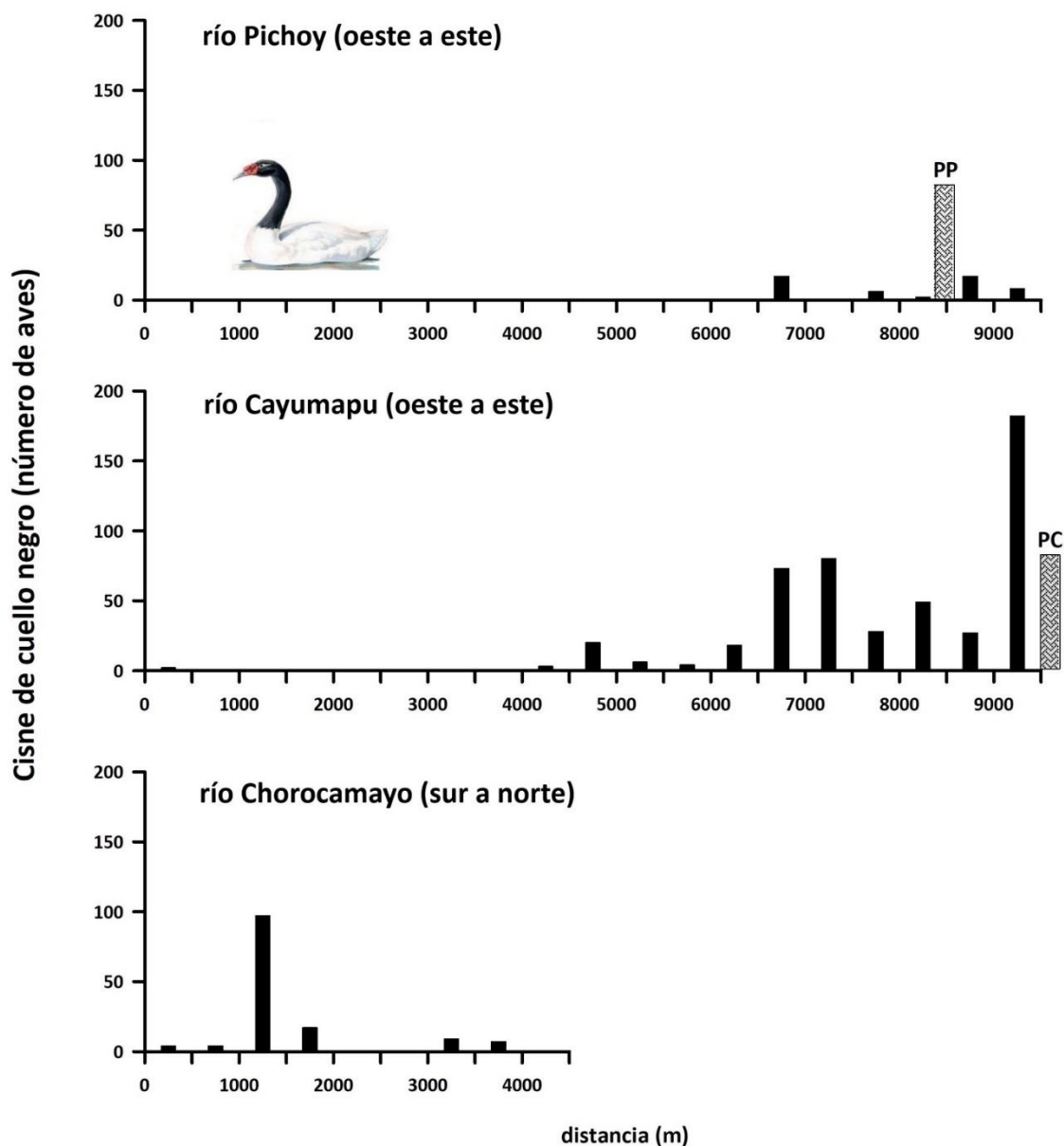


Figura 66. Abundancias del Cisne de cuello negro en las secciones de riberas censadas en los ríos Pichoy (6500 a 9500 m), Cayumapu (0 a 9500 m) y Chorocamayo (0 a 4500 m). **PP**= Puente Pichoy, **PC**= Puente Cayumapu.

Al igual que lo exhibido por el Cisne de cuello negro, la Garza cuca y la Garza blanca grande, mostraron mayor ocupación areal y abundancias en el río Cayumapu, especialmente la segunda de estas garzas que estuvo ampliamente representada en este río (cf. Fig. 67 y 68).

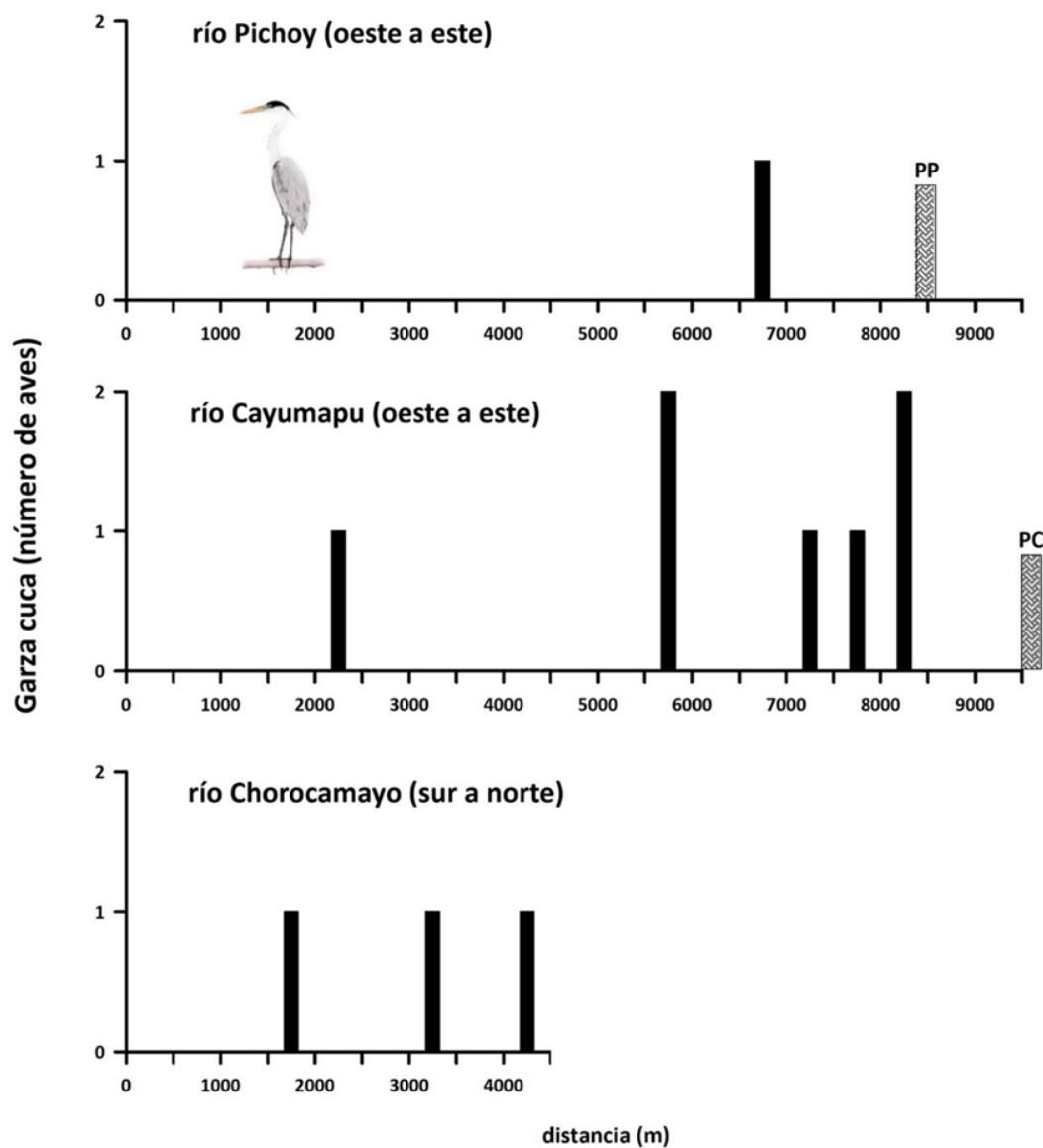


Figura 67. Abundancias de la Garza cuca en las secciones de riberas censadas en los ríos Pichoy (6500 a 9500 m), Cayumapu (0 a 9500 m) y Chorocamayo (0 a 4500 m). **PP**= Puente Pichoy, **PC**= Puente Cayumapu.

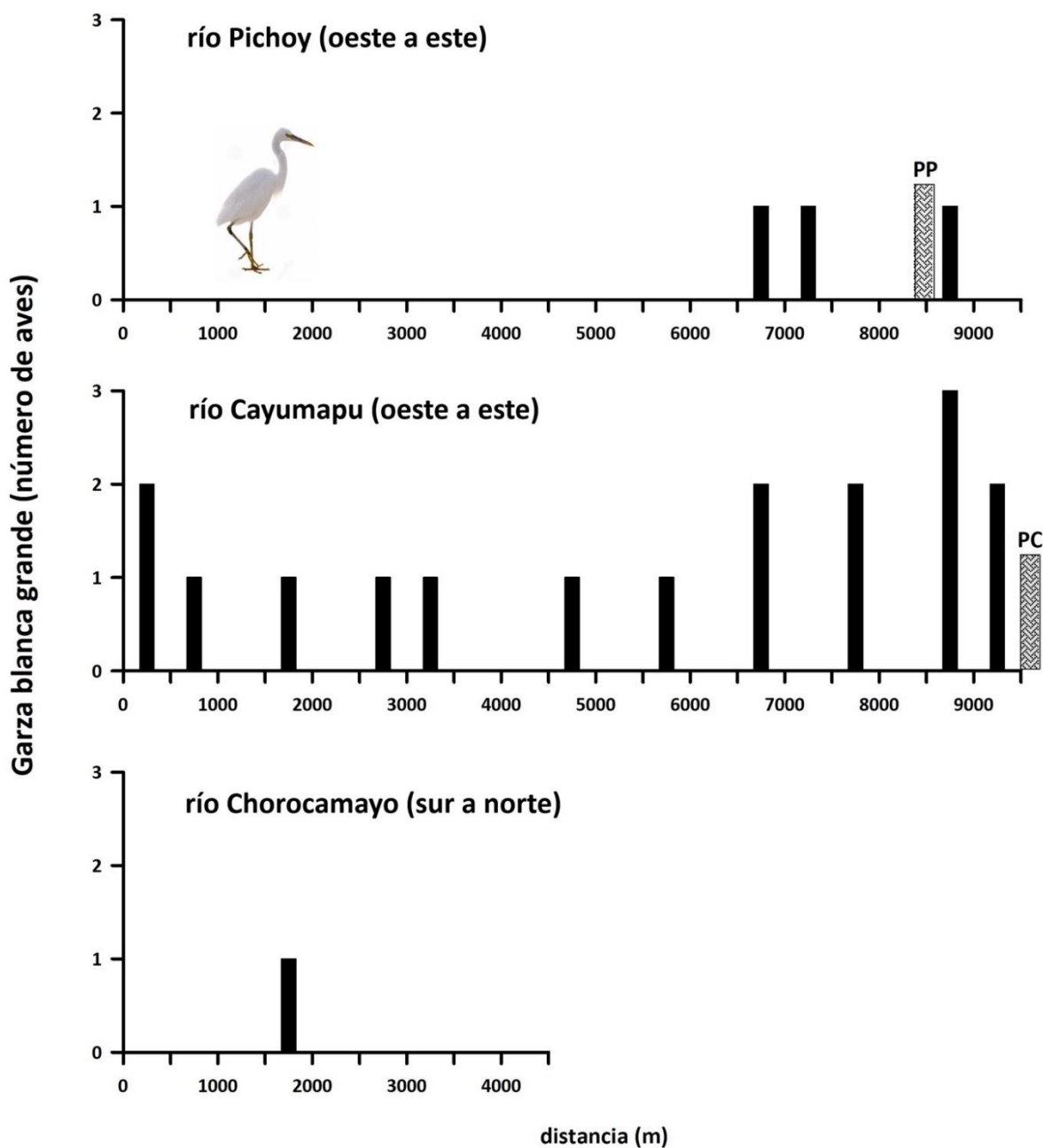


Figura 68. Abundancias de la Garza blanca grande en las secciones de riberas censadas en los ríos Pichoy (6500 a 9500 m), Cayumapu (0 a 9500 m) y Chorocamayo (0 a 4500 m). PP = Puente Pichoy, PC = Puente Cayumapu.

Finalmente, la Garza blanca chica, solo fue observada en el río Cayumapu, a lo largo de todas las riberas prospectadas (*cf.* Fig. 69 y 64) y con abundancias muy superiores a las mostradas por las otras dos especies de garzas (*cf.* Fig. 67 a 68).

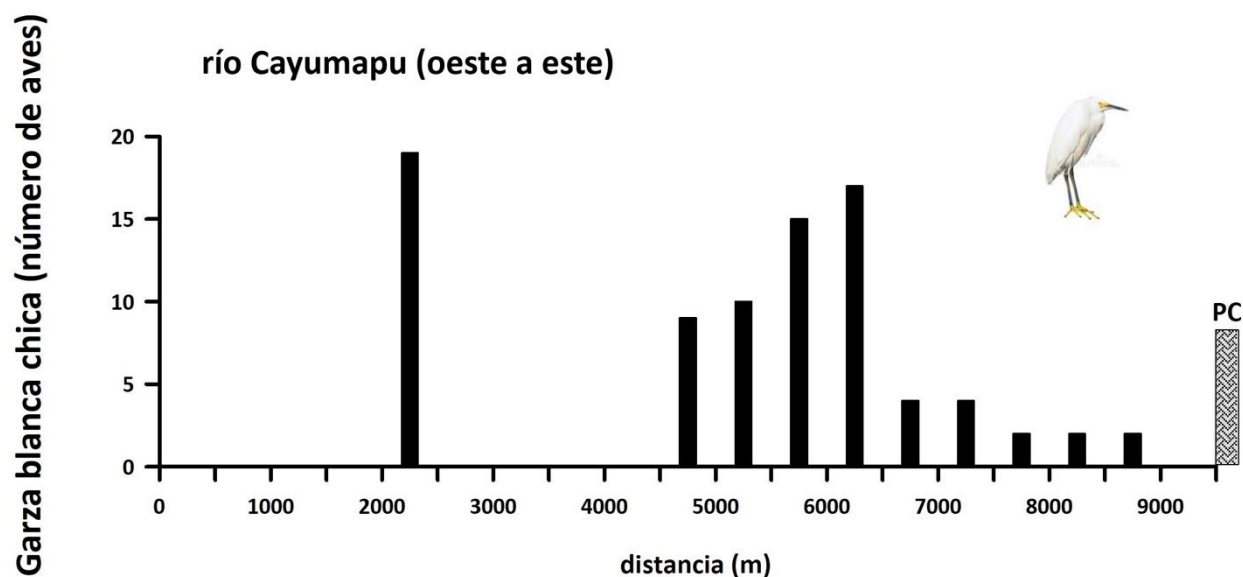


Figura 69. Abundancias de la Garza blanca chica en la sección de ribera censada en el río Cayumapu (0 a 9500 m). **PC**= Puente Cayumapu. No se detectó a esta especie en las secciones de riberas examinadas en los ríos Pichoy y Chorocamayo.

Humedales acceso sur

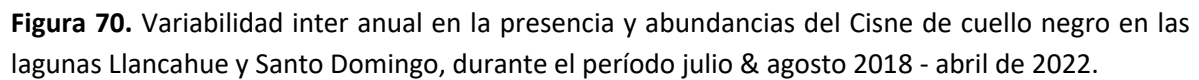
Durante el censo del 30 de abril de 2022, se registró la presencia de seis especies de aves acuáticas en los humedales del acceso Sur de Valdivia; las más abundantes fueron el Pato jergón grande (*Anas georgica*) y el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), con 30 y 17 especímenes, respectivamente (Tabla 45). Las abundancias más altas de la primera especie, ocurrieron en la Laguna Llancahue (28 aves) y la del Cisne de cuello negro, en la laguna Santo Domingo (14 aves) (Tabla 45). Este último sitio, fue el de mayor riqueza específica (cinco especies), seguido de Las Gaviotas (dos especies) (Tabla 45). No se registraron aves acuáticas en los sitios Piedra Blanca interior, Puente Santo Domingo y Estero Pichi (Tabla 45).

Tabla 45. Riqueza y abundancia de la avifauna acuática en los humedales del acceso Sur de Valdivia, durante abril de 2022.

| Especie | Nombre común | Laguna Llancahue | Las Gaviotas | Laguna Sto. Domingo | Piedra Blanca exterior | Piedra Blanca interior | Puente Santo Domingo | Estero Pichi |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| <i>Cygnus melancoryphus</i> | Cisne de cuello negro | | 1 | 14 | 2 | | | |
| <i>Fulica armillata</i> | Tagua común | | | 1 | | | | |
| <i>Ardea cocoi</i> | Garza cuca | | | 1 | | | | |
| <i>Podiceps major</i> | Huala | | 1 | | | | | |
| <i>Anas georgica</i> | Pato jergón grande | 28 | | 2 | | | | |
| <i>Anas sibilatrix</i> | Pato real | | | 8 | | | | |
| | Riqueza de especies | 1 | 2 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | Abundancia | 28 | 2 | 26 | 2 | 0 | 0 | 0 |

Las Figuras 70 y 71, muestran la variabilidad inter anual en la presencia y abundancias de las aves acuáticas, censadas entre los años 2018 (julio & agosto) y 2022 (abril), en las lagunas Llancahue y Santo Domingo.

La Figura 70 muestra que, básicamente, el Cisne de cuello negro solo ha sido observado en la laguna de Santo Domingo y con una disminución marcada entre julio & agosto 2018 (ca. 65 - 90 aves) a abril 2022 (ca. 20 aves). Destaca el hecho, de que durante los muestreos realizados durante los años 2018 al 2020, las abundancias de esta ave acuática fueron más altas durante meses de invierno (junio & agosto) (Fig. 70).



La Figura 71 muestra la variabilidad en la presencia y abundancias de las garzas Cuca, Blanca grande y Blanca chica, en las lagunas Llancahue y Santo Domingo. En términos generales, estas tres especies de garzas estuvieron representadas por un solo individuo, siendo la especie más común la Garza cuca (se la observó en 7 de los 21 censos realizados; Fig. 71).

La Figura 71 también muestra que la Garza cuca fue más abundante en la laguna Santo Domingo, a la vez que las garzas Blanca grande y Blanca chica tuvieron valores similares de abundancia en ambas lagunas (Fig. 71).

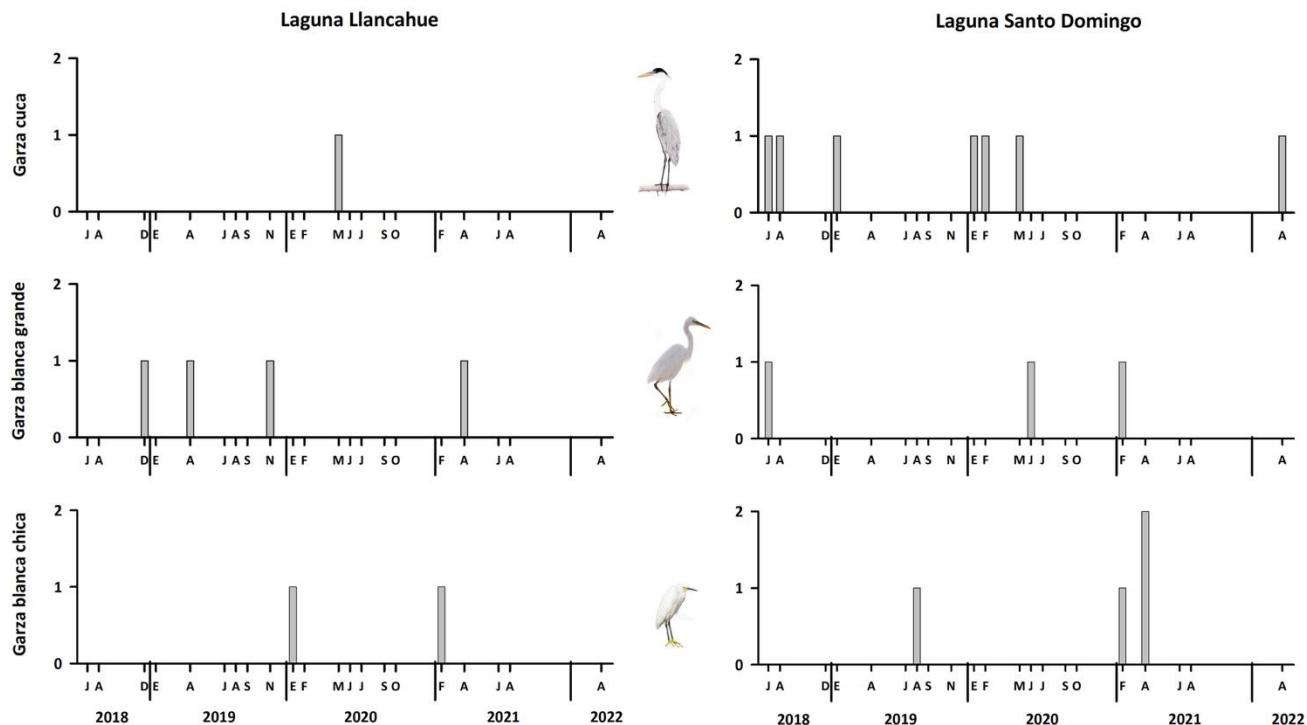


Figura 71. Variabilidad inter anual en la presencia y abundancia de la Garza cuca (los dos gráficos superiores), Garza blanca grande (los dos gráficos intermedios) y Garza blanca chica (los dos gráficos inferiores) en las lagunas Llancahue y Santo Domingo, durante el período julio & agosto 2018 -abril 2022.

La Figura 72 muestra la variabilidad en la presencia y abundancias de los patos Jergón grande y Real, en las lagunas Llancahue y Santo Domingo. Mientras que el Pato jergón grande fue más frecuente y abundante en la Laguna Llancahue (observado en 13 de los 21 censos realizados), el Pato real hizo lo propio en la laguna Santo Domingo (registrado en 8 de aquellos 21 censos) (Fig.72). La Figura 72, también muestra que las abundancias del Pato jergón grande en la laguna Llancahue, muestran una tendencia al aumento desde octubre del 2020 a abril 2022 (Fig. 72).

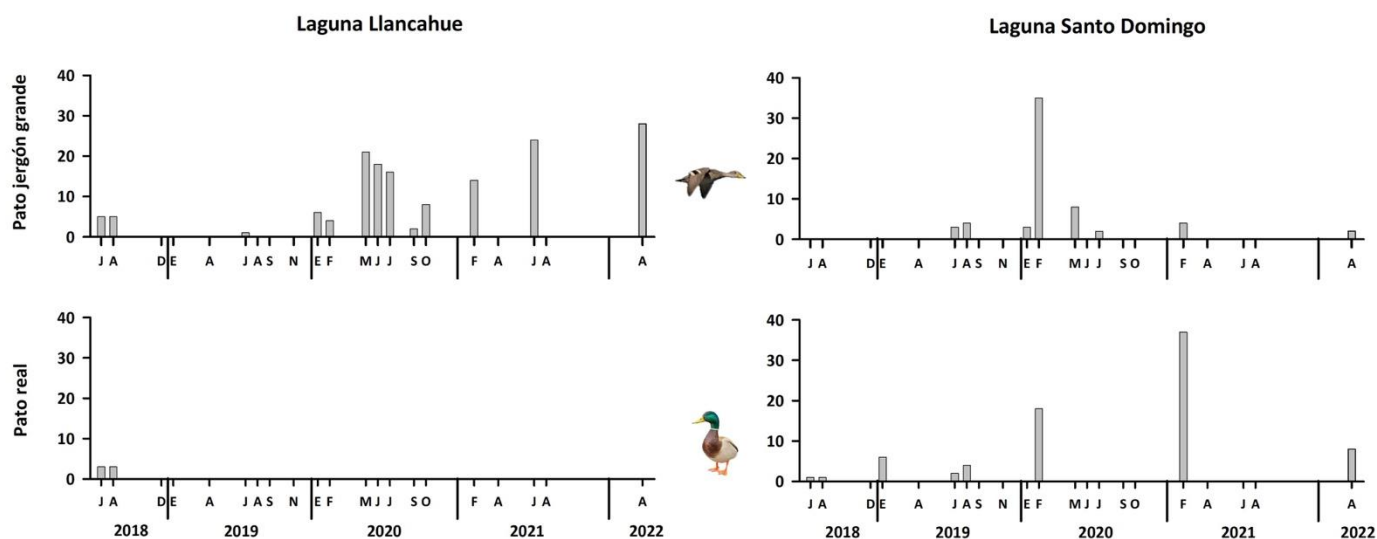


Figura 72. Variabilidad inter anual en la presencia y abundancia de los patos Jergón grande (los dos gráficos superiores) y Real (los dos gráficos inferiores) en las lagunas Llancahue y Santo Domingo, durante el período julio & agosto 2018 - abril 2022.

Conclusiones

- Durante el censo de abril de 2022, se registró la presencia de nueve especies de aves acuáticas en los humedales del acceso Norte de Valdivia; las más abundantes fueron el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y el Yeco (*Phalacrocorax brasilianus*). Por el contrario, en los humedales del acceso Sur a Valdivia, se constató la presencia de seis especies de aves acuáticas, siendo el Pato jergón grande (*Anas georgica*) y el Cisne de cuello negro, las aves más representadas.
- Las abundancias del Cisne de cuello negro fueron más altas en el río Cayumapu y preferentemente en las proximidades del Puente Cayumapu (acceso Norte de Valdivia), es decir en la parte más interna de la zona de riberas prospectada en este río. Las abundancias más altas del Pato jergón grande, se detectaron en la Laguna Llancahue (acceso Sur de Valdivia).
- Las garzas fueron otro componente conspicuo, de la avifauna acuática del área de estudio. En los humedales del acceso Norte de Valdivia, la Garza cuca y la Garza blanca grande, mostraron mayor ocupación areal y abundancias en el río Cayumapu; la Garza blanca chica, solo fue observada en este río y con abundancias muy superiores a las mostradas por las otras dos especies de garzas. En los humedales del acceso Sur de Valdivia, la Garza cuca fue más abundante en la laguna Santo Domingo, a la vez que las garzas Blanca grande y Blanca chica tuvieron valores similares de abundancia en las lagunas Llancahue y Santo Domingo.
- Los patos también destacaron como especies típicas de la avifauna acuática de los

humedales del acceso Sur de Valdivia, pero con marcadas diferencias en cuanto a humedales utilizados. El Pato jergón grande fue más frecuente y abundante en la laguna Llancahue; por el contrario, el Pato real hizo lo propio en la laguna Santo.

- Interesa destacar la variabilidad interanual detectada en las abundancias de dos especies típicas de la avifauna acuática en los humedales del acceso Sur de Valdivia: mientras que el Cisne de cuello negro muestra en la laguna Santo Domingo, una disminución desde el año 2018 al presente, las abundancias del Pato jergón grande en la laguna Llancahue, muestran una tendencia al aumento desde octubre del año 2020 a abril 2022. Lo anterior da cuenta de la notoria variabilidad inter anual de la avifauna acuática en estos humedales.

Referencias

- Jaramillo, E., Duarte, C., Labra, F.A., Lagos, N.A., Peruzzo, B., Silva, R., Velasquez, C., Manzano, M. & Melnick, D. 2018 a. Resilience of an aquatic macrophyte to an anthropogenically induced environmental stressor in a Ramsar wetland of southern Chile. *Ambio* <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1071-6>.
- Jaramillo, E., Lagos, N., Labra, F., Paredes, E., Acuña, E., Melnick, D., Manzano, M., Velásquez, C. & Duarte, C. 2018 b. Recovery of black-necked swans, macrophytes and water quality in a Ramsar wetland of southern Chile: Assessing resilience following sudden anthropogenic disturbances. *Science of the Total Environment* 628-629: 291-301.
- Velasquez, C., Jaramillo, E., Camus, P., Labra, F., San Martín, C. 2019. Dietary habits of the black-necked swan *Cygnus melancoryphus* (Birds: Anatidae) and variability of the aquatic macrophyte cover in the Río Cruces wetland, southern Chile. *PLoS ONE* 14(12): e0226331. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226331>

7. RECOMENDACIONES DE BUENAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS Y MEDIDAS COMPENSATORIAS

En la siguiente sección, se entregan los resultados del objetivo específico v; es decir, elaborar una propuesta de recomendación de buenas prácticas constructivas. Aparte de eso, se proponen medidas compensatorias a las eventuales perturbaciones que pudiesen afectar la estabilidad ambiental de los humedales adyacentes a los sectores donde se construyan las nuevas obras viales.

7.1 DIAGNÓSTICO INICIAL DEL TRAZADO DE LA VÍA

A continuación, se detallan los resultados de la campaña de terreno realizada, junto con el detalle de los sitios críticos identificados y las particularidades de cada uno respecto de la(s) posibles afecciones a los humedales aledaños a las nuevas obras viales. Posteriormente, se presentan las recomendaciones de buenas prácticas constructivas, conducentes a minimizar o evitar el impacto sobre los humedales durante la ejecución del proyecto constructivo.

7.1.1. Metodología

El área de estudio se restringe a tramos de la vía que en conjunto representan 15,5 km aproximadamente. Se procedió a establecer una grilla de análisis con una resolución de 100 m. En una aproximación previa al trabajo en terreno, se realizaron inspecciones virtuales con la ayuda de las imágenes más actualizadas de Google Earth® y Google Street View®, procediéndose además a rellenar una ficha de verificación, la que permitió establecer mediante foto interpretación de intersecciones con la ribera del humedal en ambos lados de la vía, distancias de separación con la ribera y existencia de potenciales puntos de interés biótico.

No todos los puntos pudieron resolverse de forma virtual, por lo que se realizaron salidas de terreno para visitar aquellos con ayuda de la fotointerpretación propuesta. Del análisis de los datos obtenidos en la campaña de terreno, se derivan posteriormente las sugerencias de buenas prácticas constructivas, las cuales fueron discutidas con el panel de trabajo interdisciplinario (*Objetivo específico iv del estudio: participar en reuniones técnicas, para analizar propuestas de ingeniería en torno a métodos constructivos, materiales y obras complementarias en sectores de humedales*).

Cabe destacar que los tramos establecidos en la propuesta fueron modificados. De este modo se incluyeron en los exámenes de terreno, humedales del río Pichoy y Cayumapu aledaños a los puentes homónimos y humedales de las riberas del río Cayumapu donde la ruta 202 bordea a este río. Para el caso de la ruta 206 y aparte de las lagunas Llancahue y Santo Domingo, se agrega el sector de Casablanca, específicamente el estero Puente Negro. Por lo tanto, los tramos definitivos analizados fueron (Fig. 3).

- Tramo 1: Humedales acceso Norte: intersección de la ruta 202 en su tramo Dm 23.100 al 37.900 con los humedales de los ríos Pichoy y Cayumapu.
- Tramo 2: Humedales acceso Sur: intersección de la ruta en sus tramos Dm 41.800 al 42.200 con la Laguna Llancahue y Dm 32.000 al 39.400 con las lagunas de Santo Domingo.

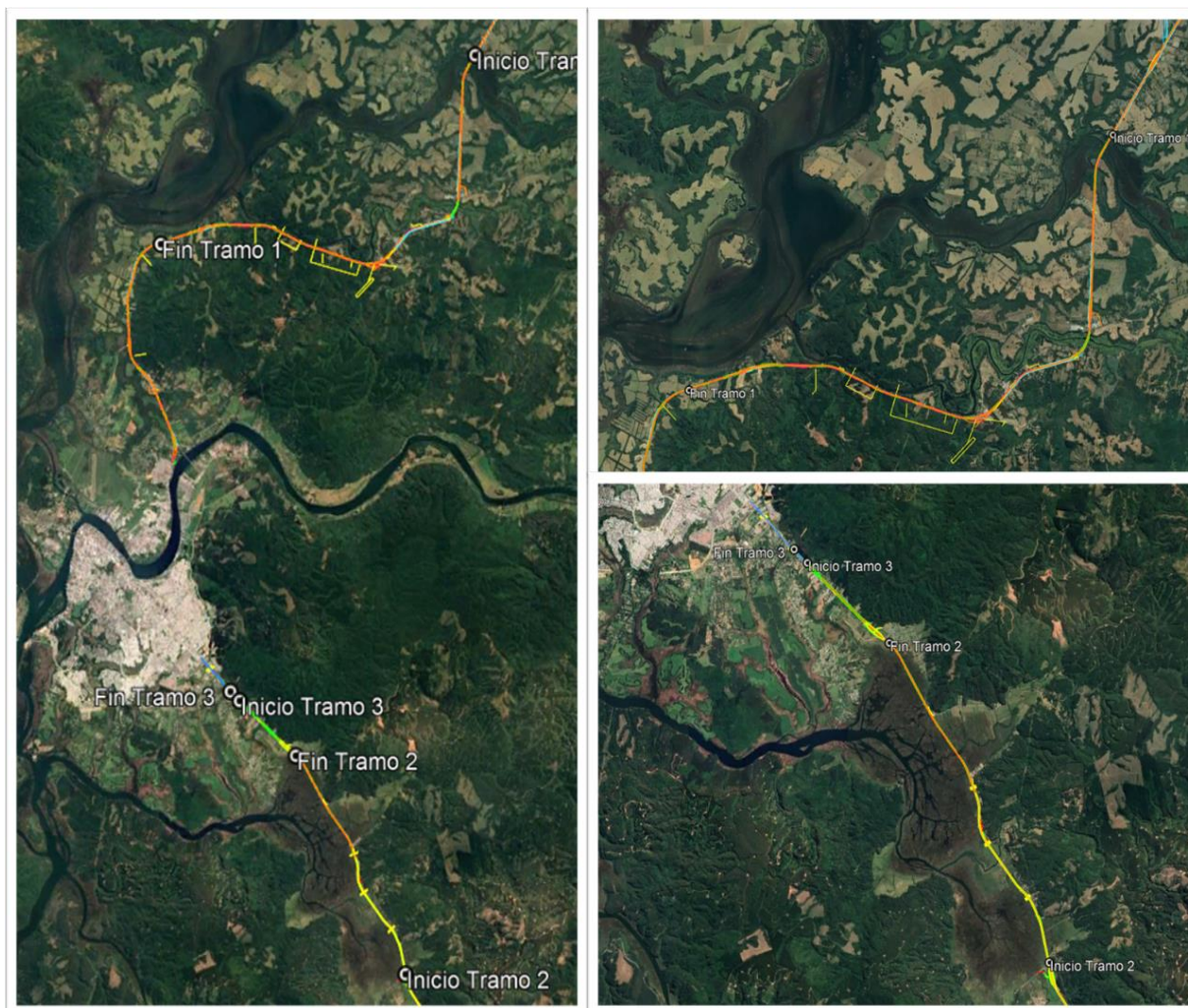


Figura 73. Ubicación tramos a analizar dentro del estudio. A la izquierda la vista general de los tres tramos. A la derecha-arriba, zoom al tramo acceso Norte, y a la derecha-abajo zoom a los tramos del acceso Sur. Se identifican el inicio y fin de cada tramo.

7.1.2. Resultados y conclusiones

Esta etapa tuvo como objetivo identificar la mayor parte de los tramos de vía, así como las características principales de la misma, mediante la percepción remota con la plataforma Google Earth Pro®. La metodología utilizada corresponde con una discretización de los tramos en subtramos de 100 m, para posteriormente identificar una serie de características físicas en cada punto. Además, con la herramienta de Google Street View® se logró visualizar directamente el tramo de vía como si esta se estuviera recorriendo en directo. Cabe destacar que las imágenes de Google Street View® tienen una antigüedad promedio

correspondiente al período 2013-2015, por lo que estas imágenes fueron posteriormente contrastadas en el terreno físico.

El Anexo 1 incluye las tablas 74 a 78 con los datos obtenidos del terreno virtual para cada tramo de la vía, lo cuales corresponden principalmente a la existencia o no de cuerpos de agua, distancias a los mismos, presencia o ausencia de vegetación, así como la intersección con zonas con figuras de protección. Adicionalmente se tomaron capturas vía Google Street View (dentro de Google Earth Pro®) para identificar de mejor manera las particularidades de cada tramo de vía; un ejemplo de esto se muestra en la Figura 74 (al ser un volumen importante de fotos, se indica enlace a carpeta virtual para su descarga²).

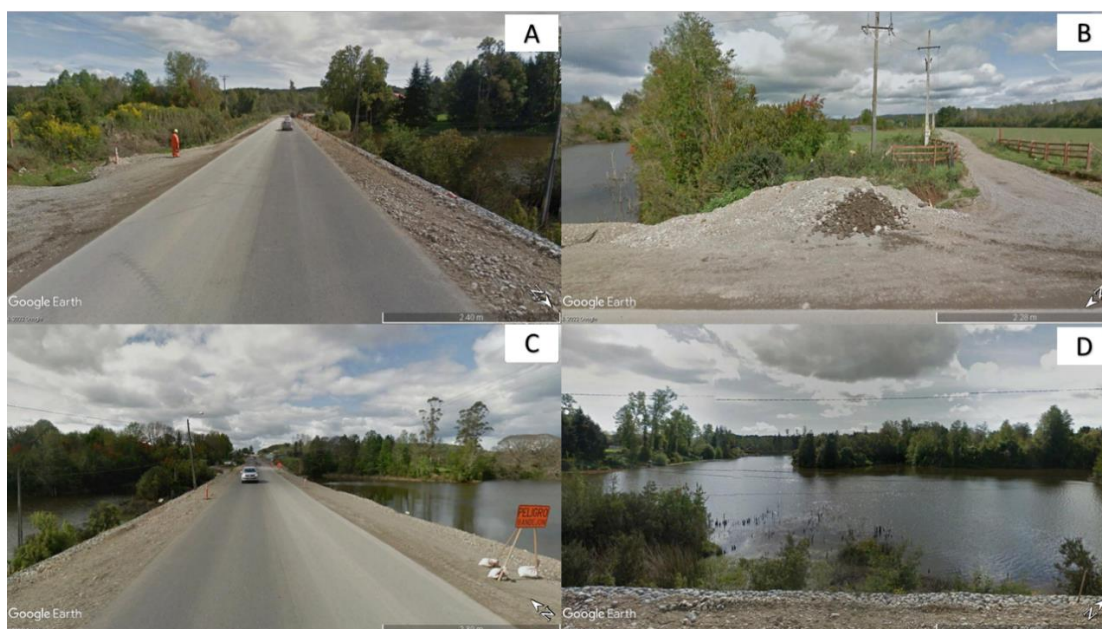


Figura 74. Ejemplo de capturas de imagen para el tramo de la vía del acceso norte Valdivia en el Dm 30.400. A, vista Norte; B, vista Oriente; C, vista Sur, D, vista Poniente.

Las actividades de terreno se realizaron entre los días 27 y 29 de abril del presente año, cuando se recorrieron todos los tramos de la vía objeto de análisis, identificándose todos los aspectos relevantes a considerar (que no se pudieron observar vía remota) para la menor afección de los humedales con el proyecto de ampliación de las nuevas obras viales.

Esta sección se organiza por tramos de vía, uno en el acceso Norte a Valdivia (ruta 202) y otro en el acceso Sur (ruta 206) a la ciudad.

Tramo 1: Intersección de la ruta 202 en su tramo Dm 23.100 al 37.900 con los humedales de los ríos Pichoy y Cayumapu

Los puntos y zonas evaluadas en detalle durante el terreno fueron las siguientes:

² https://drive.google.com/drive/folders/1xgwSK-sj58ozvgn24FBrs_gblV1ddiQc?usp=sharing

Puente río Pichoy (Dm 23400): Punto crítico tanto en la etapa de construcción como de operación por presencia de humedales a ambos lados del puente (Fig. 75).

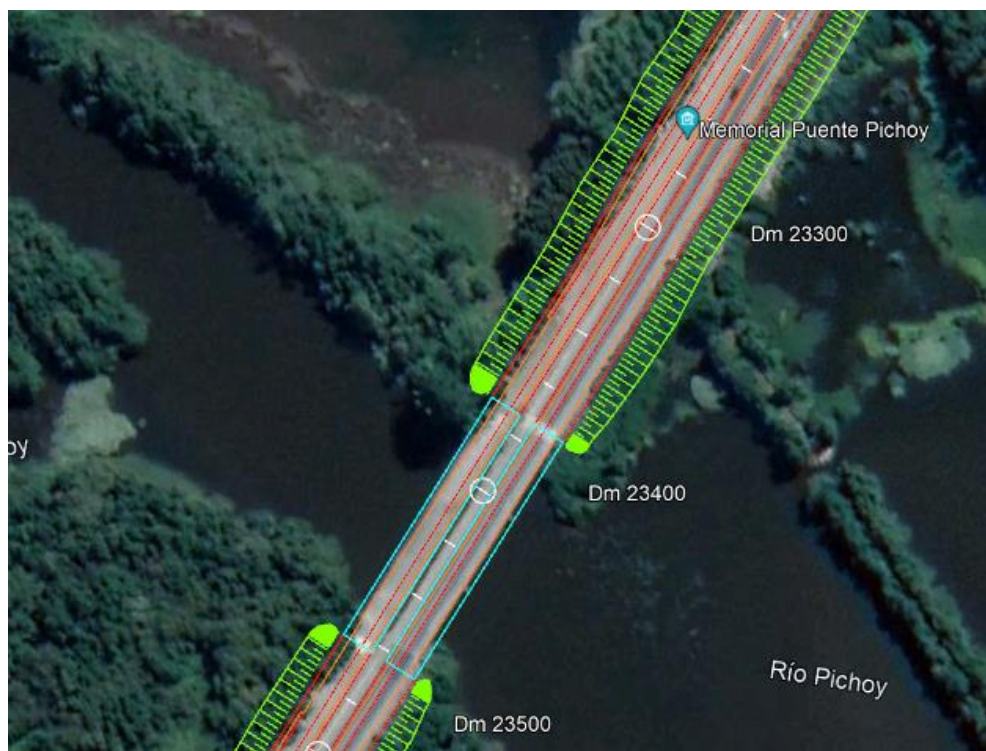


Figura 75. Detalle de las obras sobre el puente que cruza el río Pichoy en el Dm 23400.

Puente río Cayumapu (Dm 27600-27700): Punto crítico por las mismas circunstancias que las expuestas para el puente del río Pichoy; presencia de humedales a ambos lados del puente (ver Fig. 76).



Figura 76. Detalle de las obras sobre el puente que cruza el río Cayumapu entre el Dm 27600 el Dm 27700.

Condominio Santa Emilia (entre Dm 30900 y Dm 31200): El tendido eléctrico cambia del lado izquierdo al lado derecho (Dm 3100 en dirección a Valdivia), previsiblemente por la mayor cobertura arbórea en el lado izquierdo (Fig. 77). Se aprecia conectividad hidráulica bajo la carretera actual entre el Dm 31100 y Dm 31200 (Fig. 78 y 79). Este punto también es crítico respecto de mantener la conectividad hídrica y mareal durante la fase de construcción.



Figura 77. Cambio del tendido eléctrico en sector de carretera frente a Condominio Santa Emilia.

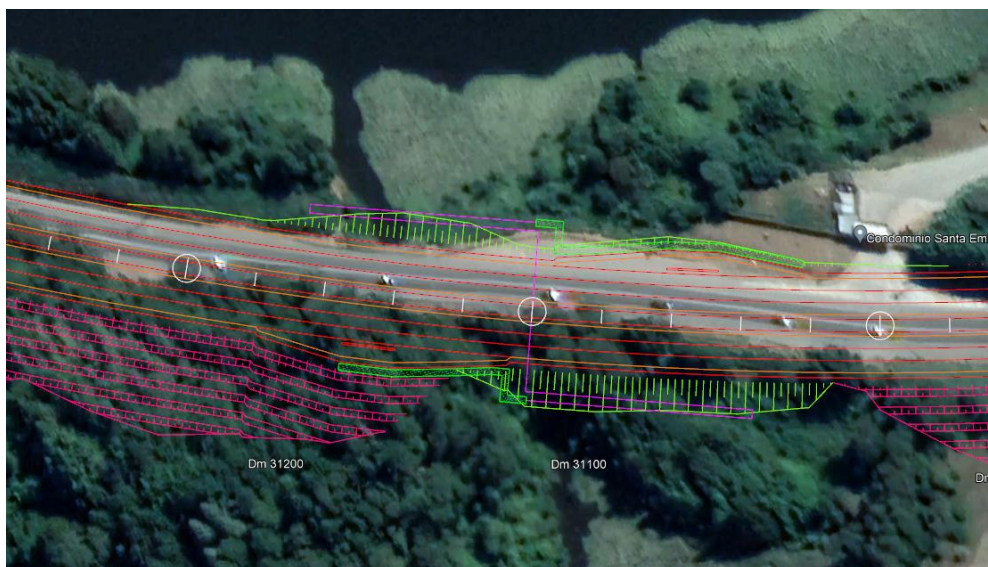


Figura 78. Trazado de la ampliación más cercano al humedal del río Cayumapu que a la vía existente entre Dm 30900 y Dm 31200.



Figura 79. Paso de agua bajo carretera existente entre el Dm 31100 y Dm 31200 tomada el 28/04/2022.

Mirador Letras “VALDIVIA” (Dm 34300): Lugar turístico con presencia de conectividad hidráulica bajo la vía existente con flujo continuo, observado en terreno, y con dirección hacia el lado del mirador y ribera del río Cayumapu (Fig. 80).



Figura 80. Mirador Letras “VALDIVIA”. A la derecha tubería de hormigón con descarga permanente de agua hacia el lado del mirador y ribera del río Cayumapu a distinta cota (aproximadamente 0.5 m).

Tramo 2: Intersección de la ruta 206 en su tramo Dm 33.400 al 42.200 con los humedales de las lagunas de Llancahue y Santo Domingo

Laguna Llancahue: Intersección de la ruta 206 en su tramo Dm 41.800 al 42.200 con este humedal: se trata de un tramo de 400 m que presenta ribera de humedal en su costado Oriente y construcciones en el Poniente (Fig. 81). Es por esto, que gran parte de la ampliación de las nuevas obras se contempla hacia la parte del humedal (Fig. 82).



Figura 81. Arriba, costado oriente del acceso Sur a Valdivia y vista general de Laguna Llancahue. Abajo, negocios establecidos frente a este humedal.



Figura 82. Trazado de la nueva vía entre los Dm 41800 y 42200, aledaño a Laguna Llancahue.

Lagunas de Santo Domingo: Intersección de la ruta 206 en su tramo Dm 36300 y Dm 39400 con estos humedales, que forman parte del Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla, con cuerpos de agua y/o suelos saturados a ambos costados de la vía (Fig. 83).

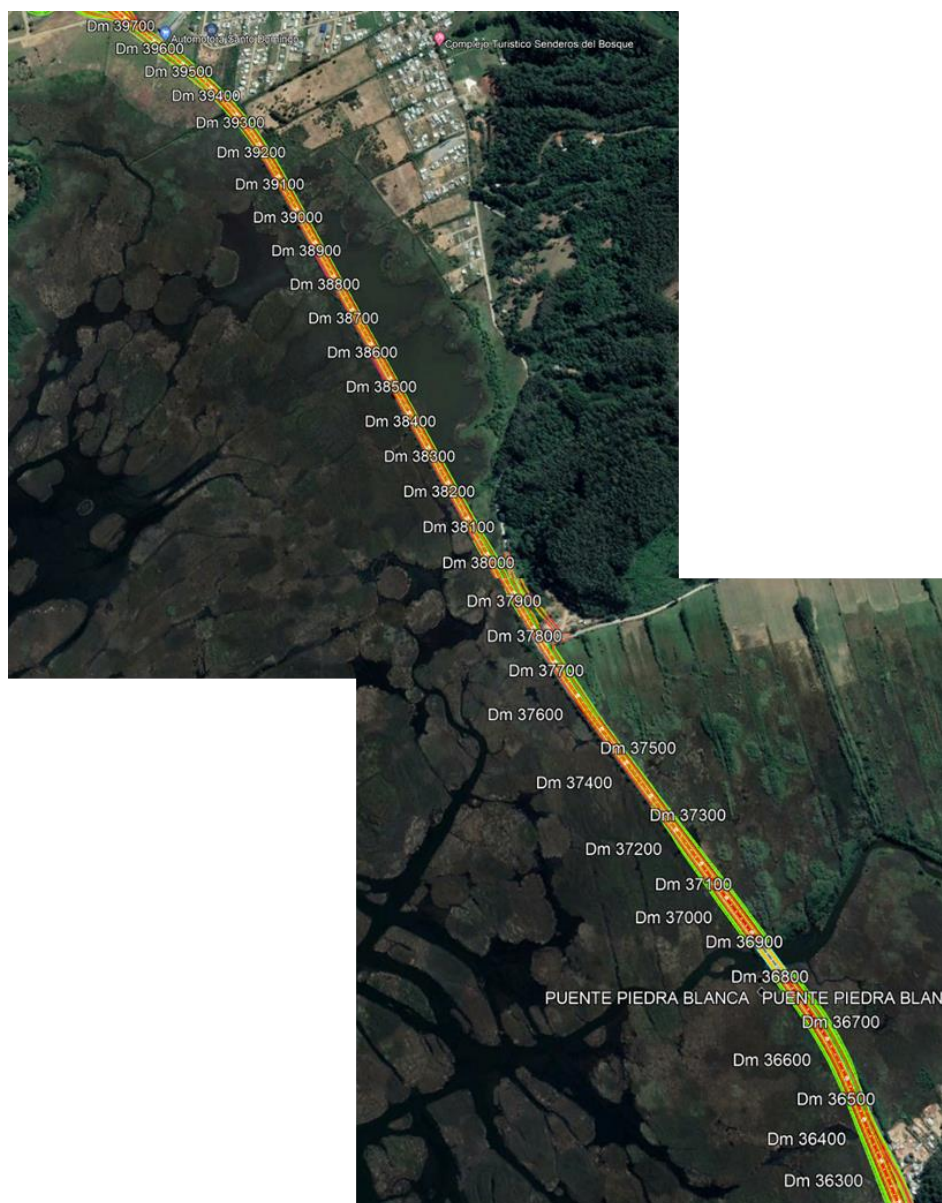


Figura 83. Trazado de la vía entre los Dm 36200 y Dm 39400, aledaño al humedal lagunas de Santo Domingo, Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla.

Laguna Santo Domingo: intersección de la ruta 206 en su tramo Dm 33.400 y DM 34.000 con este humedal (Fig. 84). El nuevo trazado propuesto se aleja de la vía actual en hasta un máximo de 280 m (Dm 34400 hacia la vía actual de forma perpendicular) donde sería necesario un paso o puente totalmente nuevo sobre el río Santo Domingo (Fig. 84).

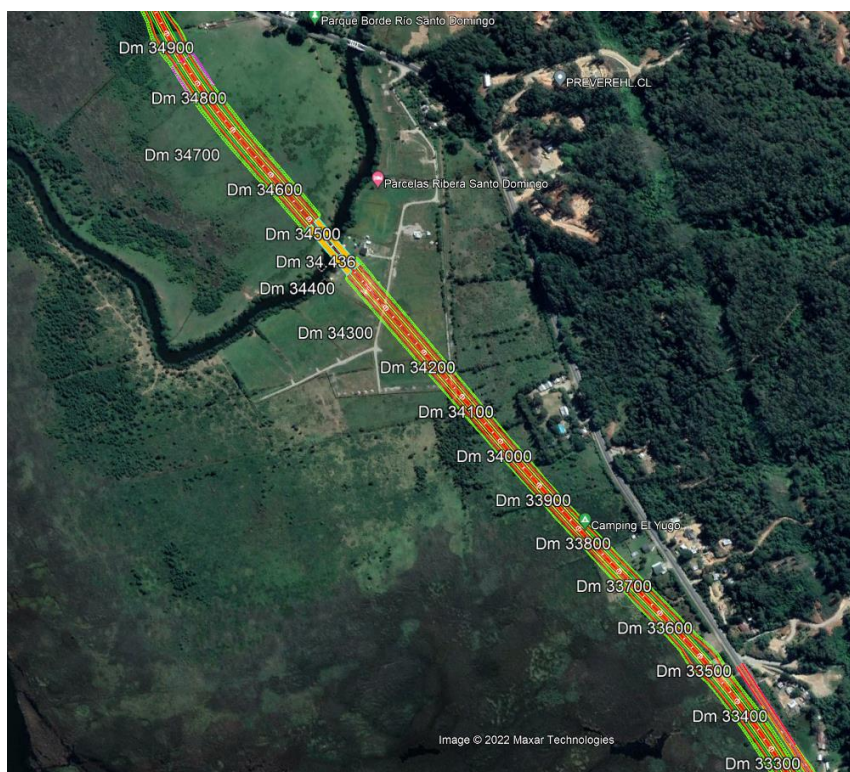


Figura 84. Separación entre el trazado actual y el propuesto ubicado entre el Dm 33400 y Dm 34900.

7.2. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

En esta sección se detallan todas las recomendaciones constructivas identificadas para cada tipo de actividad durante la ejecución de la construcción del proyecto. Adicionalmente se incluye la Tabla 1, la cual presenta de forma resumida todas las recomendaciones para su rápida identificación y búsqueda. Las recomendaciones se agrupan por el posible problema que la ejecución del proyecto pudiera causar indicando, si es posible, ejemplos de estas.

7.2.1. En cuanto a fauna silvestre:

Mortalidad incidental de cisnes en áreas de humedales adyacentes a carreteras

El problema: Se ha observado que la presencia de tendido eléctrico aéreo en las zonas adyacentes a los ríos Pichoy, Cayumapu y Chorocamayo, resulta en mortandad de cisnes de cuello negro, sobre todo durante el invierno, cuando la neblina presumiblemente impide la visualización de tales estructuras.

La recomendación: Se recomienda soterrar el tendido eléctrico de aquellas zonas de carreteras próximas a humedales y donde se tenga conocimiento de la presencia de cisnes. Tal es el caso de las áreas próximas a los puentes Pichoy y Cayumapu (Fig. 85) y a las riberas de los ríos Cayumapu y Chorocamayo (Fig. 86). Como la presencia de cisnes es algo que puede variar en el tiempo - tanto

en número como en distribución espacial - se recomienda esta medida en todas las zonas de proximidad al humedal las cuales, para el efecto de este problema, son consideradas críticas. Se incluyen aquí las riberas aledañas a las lagunas de Santo Domingo (Fig. 87).



Figura 85. Identificación de zonas para soterrar tendido eléctrico, en cercanías y riberas de humedales aledañas a los puentes Pichoy (a la izquierda) y Cayumapu (a la derecha) (circa 500 y 300 m, respectivamente).

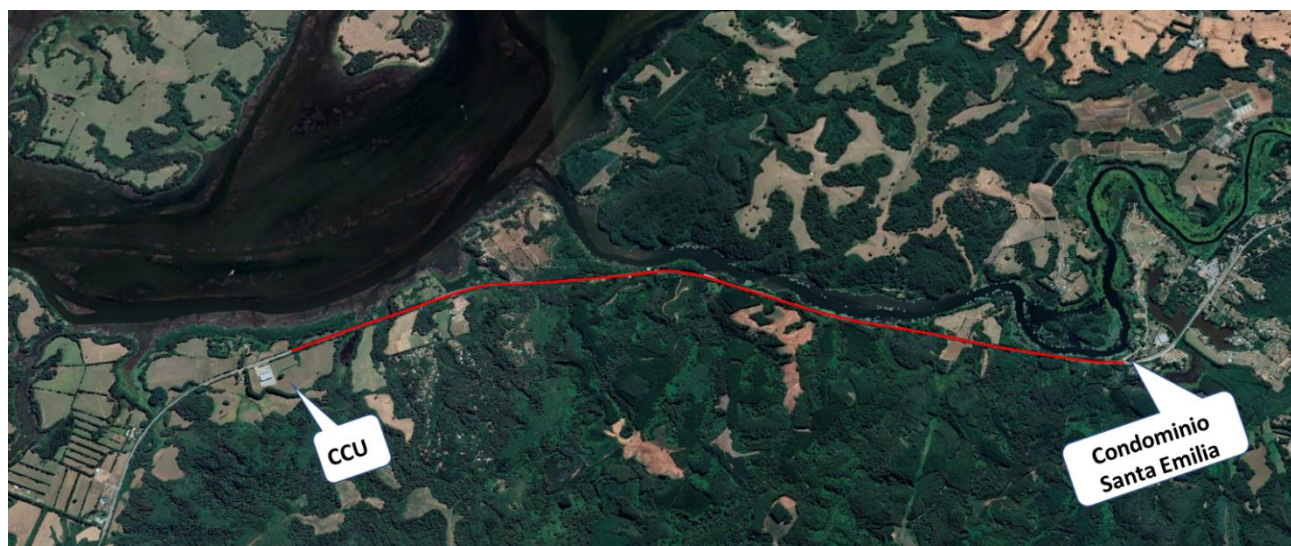


Figura 86. Identificación de zonas para soterrar tendido eléctrico, en las riberas de los ríos Cayumapu y Chorocamayo (circa 6500 m). Tramo se extiende entre el Condominio Santa Emilia y la planta de la CCU.



Figura 87. Identificación de zonas para soterrar tendido eléctrico, en las riberas del humedal lagunas de Santo Domingo (circa 7500 m).

Afección a fauna en áreas con eventual contaminación lumínica y/o acústica, en cualquier fase del proyecto

El problema: Existen observaciones no publicadas, que sugieren que el tramo de la carretera 202 aledaña al río Chorocamayo, es una zona de actividad de aves rapaces nocturnas. Por lo mismo, la contaminación lumínica y acústica que ocurra en cualquier fase del proyecto puede resultar en afectación negativa de esas aves.

Las recomendaciones: Considerando las aves nocturnas, se recomienda el uso de luminarias que tengan bajo impacto de contaminación lumínica, en la medida de lo posible. Esto dependerá de la zona a evaluar y del tipo de necesidad lumínica respecto de la actividad que se desarrolle en cada zona. Como ejemplo, en senderos o miradores se sugiere el uso de iluminación de baja altura y preferiblemente de color rojo (Fig. 88). Para aquellas zonas que no sea necesario iluminar de forma permanente, se recomienda el uso de programadores o sensores de encendido. De forma general se deberá dirigir la emisión de luz hacia ángulos bajos, evitando así la emisión hacia el cielo nocturno a fin de minimizar el encandilamiento de las aves (Oikonos-ROC-OPCC, 2022). Ya que no existe un impacto actual de la contaminación lumínica sobre las aves de hábitos nocturnos, se requerirá de

un levantamiento de información exhaustivo de todas esas aves para elaborar un proyecto adecuado de iluminación.



Figura 88. Ejemplo de iluminación de bajo impacto (arriba) *versus* una solución de intensidad de iluminación inapropiada (abajo)³. Fuente: Oikonos-ROC-OPCC (2022).

Por otra parte, se sugiere la instalación de barreras acústicas, fijas o temporales, que minimicen la dispersión del ruido propio de los procesos constructivos. Por su alto impacto sobre la biota, son especialmente relevantes las actividades de demolición de puentes antiguos, hincado de pilotes para nuevos puentes y corte en roca con tronaduras. En cualquier caso, se recomienda la instalación de estos sistemas en cualquier zona con presencia de fauna nativa y fauna asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación (Servicio de Evaluación Ambiental, 2019), independiente de la actividad constructiva que se realice, tanto en la fase de construcción como en la de operación. En la medida de lo posible, se recomienda evaluar el uso de procesos constructivos de menor contaminación acústica (demolición con hilo diamantado y corte en roca con plasma, evitar motores de combustión, etc.).

7.2.2. En cuanto a fragmentación de humedales e interrupción de la conectividad hídrica y mareal (impactos en biota acuática, incluyendo anfibios anuros (ranas) y lampreas)

El problema: los humedales aledaños a las rutas 202 y 206, se originaron durante la subsidencia continental del terremoto de mayo 1960. Todos estos humedales están afectados por variabilidad mareal; es decir, periódicamente, el nivel o altura del espejo de agua asciende o desciende. Por lo mismo, el agua en los mismos no permanece estática, sino que se mueve, oxigena, y permite así la

³ http://www.redobservadores.cl/wp-content/uploads/2022/06/Guia-iluminacion-amigable_final.pdf

ocurrencia de una gran diversidad de macrófitas y fauna acuática. Consecuentemente, toda perturbación física que conduzca a la fragmentación de los humedales y afecte la conectividad hídrica y mareal de esos cuerpos hídricos, afectará la estructura biológica de los mismos.

Las recomendaciones: Cuando las obras requieran de drenar una zona con agua, tanto emergida como sumergida, será necesaria la realización de desvíos y/o pretils durante la construcción, para mantener la conectividad hidráulica entre ambos lados de la obra. Si el proceso constructivo no permitiese el drenado, se deberá evaluar la instalación de pedraplenes para estabilizar la base sobre la que se construirá la obra y aplicar sobrecarga hasta la estabilización, para así mantener siempre la conectividad hídrica de las áreas de humedales afectadas. En otras palabras, en toda la obra con zonas saturadas o cuerpos de agua a ambos lados de la vía se deberá reestablecer o mantener la conectividad hídrica y/o mareal (humedales con marea) para todas las fases del proyecto, con el fin de evitar impactos en la biota acuática y anfibios.

En las Figuras 89 a la 95, se muestran las zonas de conectividad hidráulica consideradas como críticas y, por lo tanto, tema necesario de tener en cuenta. Cabe destacar que actualmente, hay zonas con conectividad - la cual debe mantenerse - mientras que otras tienen la conectividad interrumpida por la vía actual. Estas últimas deben analizarse en detalle, con estudios hidráulicos previos a la ejecución del proyecto y considerando el mantener la no conectividad, cuando existan diferencias de cota mayores a los rangos de marea⁴; esto con el fin de evitar posibles drenajes que modifiquen negativamente las condiciones actuales de esas zonas.

A partir del análisis de las curvas de nivel de todo el trazado de la obra, se detallan en las Figuras 89 a la 95, las zonas donde se considera que la conectividad se debe mantener o generar (flechas azules), se debe evitar por la alta diferencia de cotas (flechas grises), o es necesario de un estudio y monitoreo más detallado para decidir por la cercanía de la diferencia de cotas con el rango de marea (flechas rojas).

⁴ Entre 30 y 70 cm según las estaciones referidas en el Estudio de Impacto Ambiental, Iniciativa privada N° 412, Concesión vial rutas de acceso a Valdivia, 5.7) Humedales



Figura 89. Conectividad hidráulica por generar en el río Pichoy, en las cercanías del Memorial Puente Pichoy, a fin de conectar la ribera Poniente con la ribera Oriente encauzada.



Figura 90. Conectividad hidráulica por generar entre lagunas ubicadas en el acceso Norte (entre Dm 30.200 y Dm 30.600). Esta conexión, si bien es recomendada, deberá ser estudiada previamente respecto de la calidad de las aguas. La conexión sólo debe establecerse en caso que los valores de los parámetros de calidad sean similares a ambos lados de la vía.



Figura 91. Conectividad hidráulica en la ribera del río Cayumapu, en las cercanías del Condominio Santa Emilia. La flecha azul indica zona de conectividad actual que debe mantenerse y las flechas rojas indican zonas de posible conexión, pero con diferencias de cota mayores a los rangos de marea entre la zona Sur (a mayor cota) y la Norte (a menor cota).

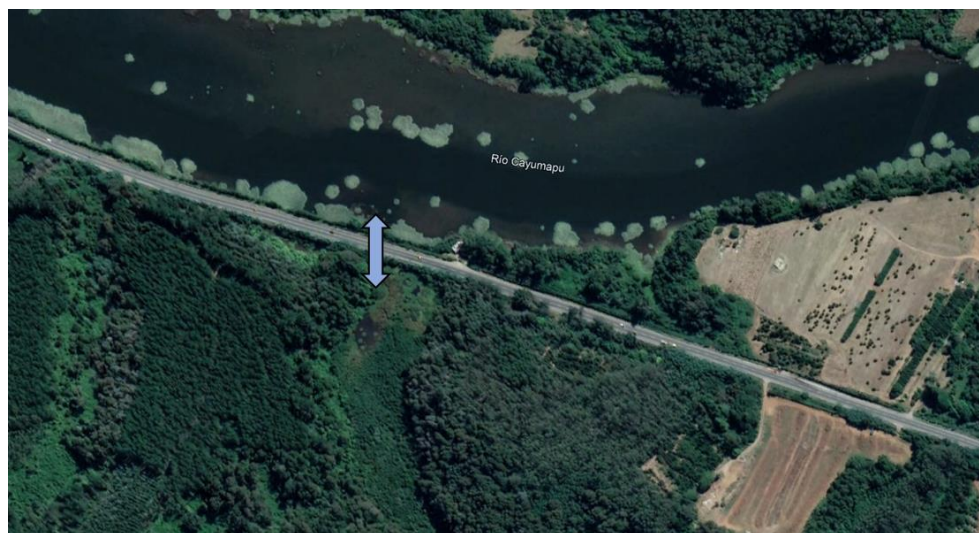


Figura 92. Conectividad hidráulica en la ribera de río Cayumapu, al Sur de Condominio Santa Emilia.



Figura 93. Conectividad hidráulica en la ribera del río Cayumapu, sector letrero letras VALDIVIA. La diferencia de cotas en tubería ubicada en la posición de la flecha gris es de aproximadamente 0.5 m, con mayor altura en la ribera Sur (ver Fig. 80).



Figura 94. Conectividad hidráulica en la ribera de río Chorocamayo, sector inmediatamente al Norte de la planta de la CCU en Valdivia. La diferencia de cotas entre riberas es de aproximadamente 0.4 m, con mayor altura en la ribera Sur.



Figura 95. Conectividad hidráulica en la ribera Oeste y Este de las lagunas de Santo Domingo.

En directa relación con las recomendaciones anteriores en cuanto a conectividad hídrica de humedales aledaños a las rutas aquí comentadas, pero específica para especies anádromas⁵, es necesario señalar el caso de la Lamprea chilena (*Mordacia lapicida*), cuya presencia en la calzada aledaña al estero Puente Negro (Fig. 96), durante la primavera, permite hipotetizar que migra desde la costa a ríos del área para desovar (Fig. 97).



Figura 96. Conectividad hidráulica en el estero Puente Negro, sector Casablanca.

⁵ Especies que remontan los cursos de agua desde el mar para reproducirse y/o desovar en los ríos.

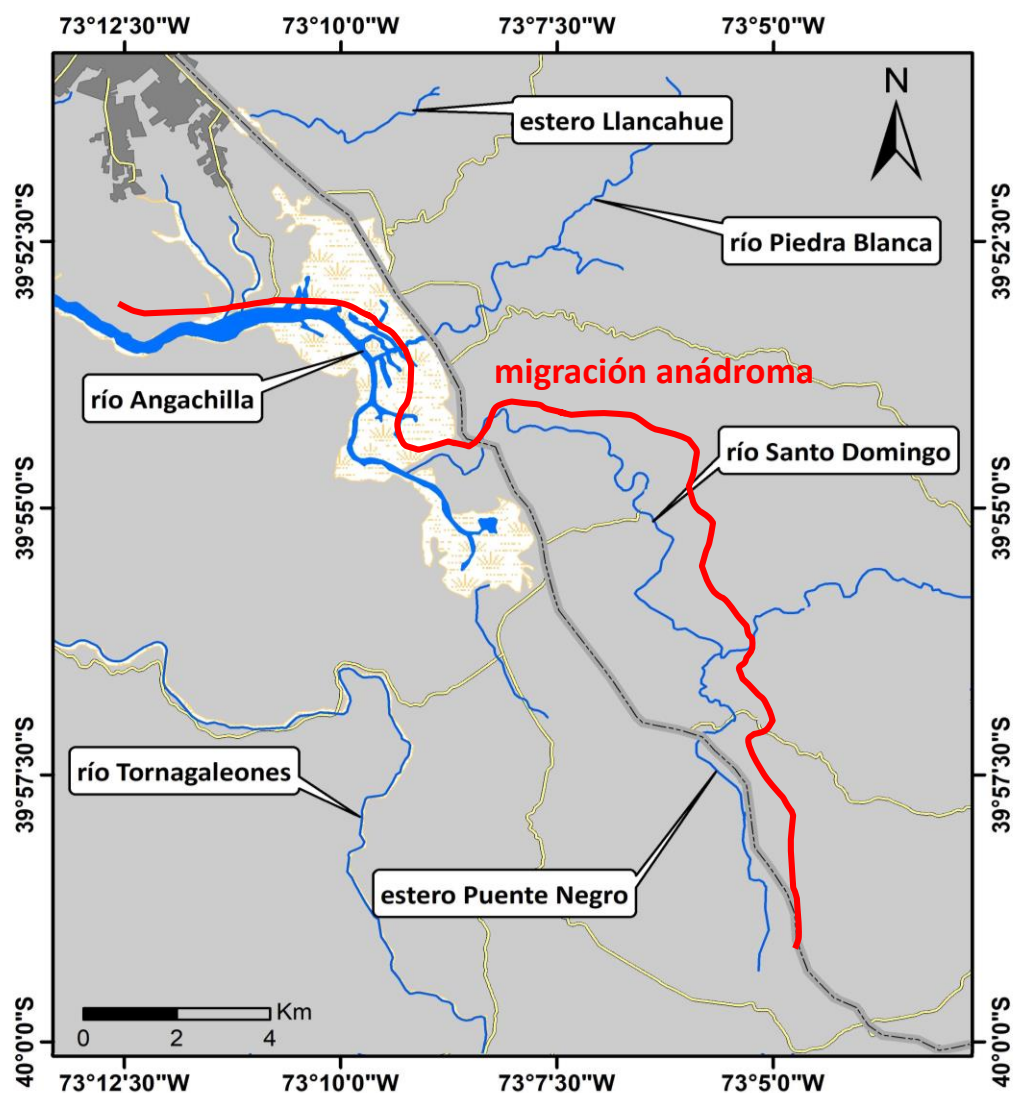


Figura 97. Ruta hipotética de migración anádroma de la Lamprea chilena (*Mordacia lapicida*), en la zona cercana al río Angachilla el cual se comunica con las lagunas de Santo Domingo.

Lo anteriormente referido, deriva de la fotografía que se muestra en la Figura 98, lampreas cruzando la calzada, para continuar su ruta migratoria hacia la parte superior de cuerpos hídricos, como el estero Puente Negro.

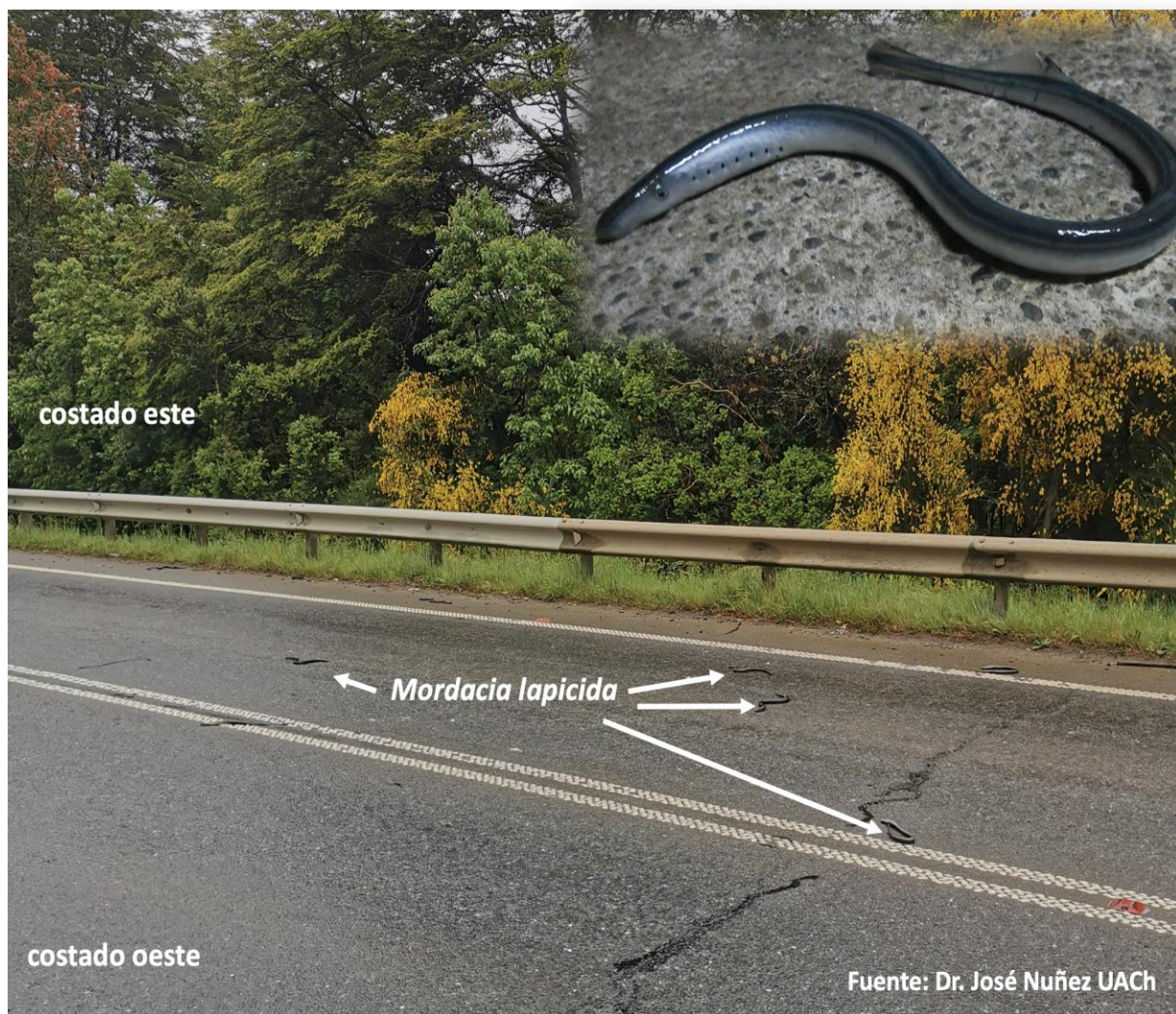


Figura 98. Especímenes de la Lamprea chilena (*Mordacia lapicida*) cruzando la calzada, sector Estero Puente Negro, Casablanca, ruta 206.

La razón del cruce de las lampreas por la calzada mostrada en la Figura 98, es que la conectividad hídrica ubicada bajo la misma impide el movimiento de estos organismos, ya que la obra de arte ahí presente tiene un desnivel que no permite ser cruzado por las lampreas (Fig. 99). Por lo mismo, estos organismos suben por las laderas aledañas a esa conectividad hídrica, tratando de cruzar la calzada y seguir con su ruta migratoria, la que como se muestra en la Figura 96, es de Oeste a Este. Pero, el agua que escurre por el desnivel mostrado en la Figura 99, corre de Oeste a Este, es decir en forma inversa a la ruta de las lampreas (compárese figuras 96 y 99).



Figura 99. Fotografía del salto de agua que interrumpe la ruta migratoria de la Lamprea chilena (*Mordacia lapicida*), en aguas del Estero Puente Negro, sector Casablanca, ruta 206.

Recomendaciones: Por todo lo anterior, se recomienda eliminar las obras de arte transversal y restaurar el cauce para dar continuidad y conectividad hídrica en todos los puntos donde existan especies relevantes que requieran de tal conexión. Esto con el fin de evitar problemas futuros de socavación - frecuentes en las zonas de instalación de estas obras - y variaciones de las cotas diseñadas a ambos lados de la obra transversal que pudieran empeorar las condiciones durante la fase de operación de la nueva vía. En este informe se expone el ejemplo de la lamprea chilena (en el estero Puente Negro, sector Casablanca), pero antes de la ejecución de las obras se deberá realizar un estudio específico para relevar todas las especies afectadas por las interrupciones hidráulicas que produce la carretera y/o las obras de arte actuales. En concreto para la Lamprea chilena, debe evitarse llevar a cabo cualquier obra durante la primavera y verano que es cuando esta especie migra por este cauce hídrico.

7.2.3. En cuanto al vertido directo o por escorrentía de sedimentos y material de construcción al medio acuático durante actividades constructivas

El problema: Usualmente, toda actividad relacionada a obras de construcción de carreteras aledañas a cuerpos hídricos resulta en el vertido a los mismos de sedimentos y/o restos del material con que se construyeron esas obras.

Recomendaciones: Se recomienda estudio previo de capacidad portante del terreno a fin de proyectar y evitar deformaciones en las obras a instalar (obras de arte para conectividad hidráulica como ejemplo), y cuya falla pudiese provocar vertido de material a los humedales. En caso necesario, proyectar mejoramiento de suelos.

Para cualquier área de la obra que colinde con cuerpos de agua afectados por mareas y donde se vaya a realizar alguna actuación directa (por ejemplo, terraplenes), se recomienda la instalación de sistemas de retención de sedimentos, especialmente para la fracción más fina que es la que puede ser transportada por las corrientes a mayores distancias. Un ejemplo de estos sistemas son las mallas de turbidez como muestra la Fig. 100. Estos sistemas restringen la dispersión de sedimentos suspendidos y limosos, permitiendo el asentamiento de estos en el fondo. Las mallas se instalan mediante boyas flotantes con anclajes y faldón vertical para profundidades variables. Se debe poner especial atención durante las obras en períodos de lluvia intensa que aumentan la escorrentía hacia los humedales.



Figura 100. Ejemplos de cortinas de turbidez que actúan como barreras para la dispersión de sedimentos en la columna de agua.

Adicionalmente, se recomienda realizar una modelación hidro-morfodinámica de la posible dispersión del material en caso accidental de vertido sin que existan sistemas de retención. Esto es importante para:

- Planificar las zonas específicas para la instalación de las mallas de retención, maximizando los recursos.
- Conocer los alcances de las plumas de sedimentos y posibles áreas afectadas por los mismos, especialmente en cuanto a macrófitas acuáticas se refiere. Esto debido a que cargas significativas de sedimentos finos ricos en metales pesados como Hierro, pueden afectar la viabilidad de tales plantas.

Para poder realizar la modelación hidro-morfodinámica (ver como ejemplo, Figura 101), es necesario contar con los datos necesarios para la misma, los cuales se obtienen de campañas de

medición en terreno y revisión de fuentes de datos. A continuación, se listan los principales datos a considerar, los cuales deben completarse al planificar un eventual estudio de este tipo:

- i. Caracterización de los fondos sedimentarios, incluyendo textura, granulometría y contenidos de materia orgánica total.
- ii. Caracterización de las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) en la columna de agua.
- iii. Parámetros físicos del agua, incluyendo temperatura, conductividad y pH.
- iv. Medición de velocidad y dirección de las corrientes mareales: considerar la instalación de sensores por no menos de un mes de medición continua.
- v. Medición de altura o espejo del agua: instalando sensores de presión por no menos de un mes de medición continua.
- vi. Datos de mareas: registros de mareas de las estaciones del Servicio Hidrográfico de la Armada (SHOA)⁶. Analizar mínimo un año de datos.
- vii. Datos de caudales y precipitaciones: obtenidos de los registros de estaciones de la Dirección General de Aguas (DGA)⁷.

Si bien la modelación se recomienda para las zonas críticas, lo ideal sería realizarla para todo el sistema interconectado de los humedales con el océano (contorno por el que ingresan los datos de mareas) a fin de tener caracterizado lo mejor posible todo el sistema físico en su conjunto.

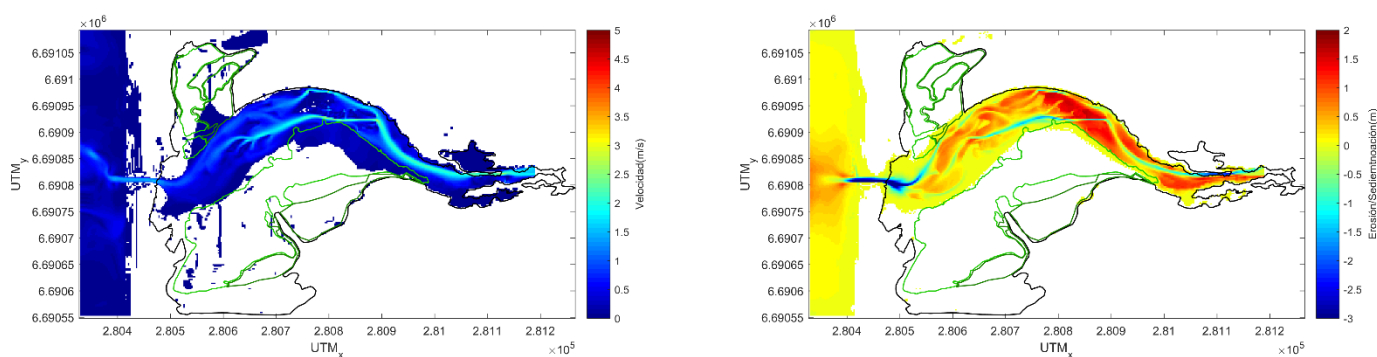


Figura 101. Ejemplo del “output” o salidas de la modelación hidro-morfodinámica del humedal y desembocadura del río Elqui (La Serena)⁸ elaborado por profesional de esta consultoría (R. Agredano), donde se pueden ver las magnitudes de las velocidades de las corrientes a la izquierda y el resultado de erosión y sedimentación de material que lleva el flujo en suspensión a la derecha. EL modelo fue elaborado en Delft3D (Booij, 1999; software de licencia abierta).

⁶ <https://www.ioc-sealevelmonitoring.org/map.php>

⁷ <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>

⁸ Proyecto GEFSEC ID: 9766 “Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportante, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad”, a través del “Estudio diagnóstico sobre el comportamiento morfodinámico e hidrodinámico del humedal costero del río Elqui y su barra terminal de arena, Región de Coquimbo.

7.2.4. En cuanto a la resuspensión y/o vertido de sedimentos, y posibles contaminantes al medio acuático debido a la demolición y construcción de puentes

El problema: Dadas las características del método constructivo que se proyecta (hincado de pilotes) y el tipo de terreno en las zonas de puentes, es previsible que se produzcan altas vibraciones que pueden llevar a la resuspensión de sedimentos y contaminantes fijados en ellos a la columna de agua de las áreas colindantes. Además, la demolición de puentes antiguos puede producir vertidos directos de materiales a los cuerpos de agua colindantes.

Las recomendaciones: Realizar estudio del alcance de estas vibraciones, acompañado de modelación hidro-morfodinámica para analizar el alcance que podrían tener las plumas de dispersión de sedimentos por acción de las corrientes mareales en dichas zonas. Esto servirá de insumo para la planificación de la instalación de medidas de retención de los posibles sedimentos resuspendidos (malla de retención o de turbidez). Los insumos para estas modelaciones son los mismos que los redactados en el ítem anterior (7.2.3).

Los sectores de modelación prioritarios para esta recomendación son las zonas de puentes en:

- Río Pichoy
- Río Cayumapu
- Río Piedra Blanca

En la actualidad no se cuenta con datos de composición de los sedimentos de los humedales afectados por la obra vial (sí existe estudio granulométrico en La Línea Base Ambiental), por lo que se hace imprescindible un estudio en esa dirección, anterior a la ejecución de los trabajos, para caracterizar los posibles contaminantes o sustancias que pueden resuspenderse en la columna de agua, modificando la calidad de esta y transportándose a otras zonas por efecto de las corrientes mareales. Esto es relevante, ya que se ha demostrado que plantas de Luchecillo (*Egeria densa*) - el alimento primario de, por ejemplo, el Cisne de cuello negro en el humedal del río Cruces – son negativamente afectadas por altas cargas de sedimentos con altos contenidos de hierro (Jaramillo *et al.*, 2018).

Para las obras de demolición, en la medida de lo posible, se recomienda evaluar el uso de procesos constructivos de alta precisión, que reduzcan los escombros potencialmente vertidos a los cuerpos de agua, como son el hilo diamantado y el corte con plasma.

7.2.5. En cuanto al transporte aéreo de materiales (polvo) provenientes de acopios en obra, que pueden llegar a los cuerpos de agua adyacentes

El problema: Usualmente, toda actividad relacionada a obras de construcción de carreteras resulta en el vertido a la atmósfera de materiales (primariamente polvo) por un manejo no adecuado de tales residuos.

Las recomendaciones: Disponer de acopios de materiales sueltos a la intemperie sólo si es estrictamente necesario, y en ese caso, hacer uso de mallas de protección para evitar las emisiones de los materiales más finos hacia la atmósfera por presencia de vientos locales, pudiendo éstos llegar a depositarse en cuerpos de agua de los humedales. Disponer de cubierta protectora en los camiones destinados a movimientos de tierra que transiten por toda la obra (ejemplo en Fig. 102).



Figura 102. Ejemplo de camión con protección en la tolva para evitar emisiones de material particulado a la atmósfera.

7.2.6. En cuanto a rellenos de zonas de humedal por ampliación de la calzada

El problema: La construcción de las nuevas rutas de acceso a Valdivia, implica aumentar el ancho de la actual calzada, relleno de riberas de zonas de humedales que hoy se ubican al lado de las rutas actuales con la consiguiente pérdida de hábitat.

Recomendaciones: Siempre que sea posible - desde el punto de vista de las características técnicas y de seguridad sobre el trazado de carreteras - realizar la ampliación y/o nuevo trazado lo más alejado posible de las zonas de humedales. En tramos colindantes con humedales, priorizar la ampliación por el costado opuesto a estos. Cuando el humedal colindante tenga alguna figura de protección (Santuario de la Naturaleza y/o sitio Ramsar), el trazado debe realizarse sin excepción, por el lado contrario a donde ocurren los humedales.

Para el caso específico de la laguna Llancahue (Fig. 103), donde se imposibilita la ampliación hacia el lado contrario al cuerpo de agua, se recomienda reemplazar la solución de talud por muro vertical para ocupar el mínimo espacio posible de la laguna.

La construcción de un muro vertical al costado de la laguna Llancahue, se torna un tema relevante en cuando a conservación de fauna silvestre, ya que la Rana grande chilena (*Calyptocephalella gayi*) es un habitante conspicuo de esta laguna. Durante la temporada estival,

esta rana sale de la laguna deambula por la carretera aledaña, lo que resulta en atropellos por los vehículos que circulan por la misma. Consecuentemente, la construcción del muro vertical mencionado más arriba, apunta en la dirección de conservar la población de esta especie que habita en la laguna Llancahue.



Figura 103. Ubicación de la laguna Llancahue (en el Dm 42.100 en acceso Sur) con la proyección de las obras de ampliación de la vía hacia la laguna.

7.2.7. En cuanto a pérdida de cobertura vegetal

El problema: La construcción de los nuevos accesos a Valdivia, resultará en la remoción de terrenos que hoy cuentan con abundante cobertura vegetal cuya pérdida puede resultar en pérdida de micro hábitats de fauna de invertebrados, como anfibios anuros e insectos.

Las recomendaciones: En zonas de escarpes, mantener la cobertura vegetal retirada en lugar apropiado para su conservación y posterior reposición, ya sea en el lugar de origen o en otras áreas a determinar dentro de las medidas de mitigación.

Tabla 46. Listado de recomendaciones presentadas en este informe.

| N° | Posible problema | Recomendaciones |
|----|--|---|
| 1 | Mortalidad incidental de cisnes en áreas de proximidad de carreteras con humedales. | Tendido eléctrico soterrado para evitar la mortalidad incidental de cisnes en áreas de proximidad de carreteras con humedales. |
| 2 | Afección a fauna en áreas con eventual contaminación lumínica y o acústica, en cualquier fase del proyecto. | <p>Instalación de luces programables y/o de activación por sensor. Preferencia de luces a baja altura y de color rojo para zonas especialmente sensibles y que sean compatibles con la actividad (por ejemplo, en senderos, miradores, etc.).</p> <p>Instalación de pantallas de ruido donde se pueda afectar a la fauna presente. Por su alto impacto, tener especial atención en zonas de hincado de pilotes de puentes, de demolición de obras (puentes antiguos) y de corte en roca con tronaduras. Evaluar métodos constructivos alternativos de menor impacto en ruido (por ejemplo, demolición con hilo diamantado y corte con plasma).</p> |
| 3 | Fragmentación de humedales e interrupción de la conectividad hídrica y mareal (impactos en biota acuática y anfibios). | <p>Cuando sea estrictamente necesario drenar una zona de trabajo (ya sea cuerpo de agua emergido o sumergido), realizar desvíos/pretils durante la construcción para mantener la conectividad hidráulica. En caso de que el drenado no sea posible de realizar, evaluar la instalación de pedraplenes para estabilizar la base sobre al que irá la obra y/o uso de la técnica de sobrecarga hasta la estabilización.</p> <p>Restablecimiento o mantención de la conectividad hídrica y mareal (humedales con marea) mediante nuevas estructuras en todas las fases del proyecto, para evitar impactos en biota acuática y anfibios.</p> <p>Eliminar las obras de arte que actualmente impiden la realización de la ruta migratoria de la Lamprea chilena en el Estero Puente Negro, sector Casablanca, mediante la restauración del cauce que dé continuidad y conectividad hídrica, y evitar llevar a cabo obras de reparaciones o nuevas construcciones durante la primavera y verano, que es cuando esta especie migra por este cauce hídrico. Tener las mismas consideraciones para cualquier especie que pueda verse afectada por la interrupción hídrica mediante estudio previo.</p> |
| 4 | Vertido directo o por escorrentía de sedimentos y material de construcción al medio acuático, durante actividades constructivas. | <p>Estudio previo de capacidad portante del terreno a fin de evitar deformaciones de las obras instaladas. De ser necesario, proyectar mejoramiento de suelos.</p> <p>Evitar deformaciones por peso de material en terraplenes y consecuente rotura de obras de arte instaladas y/o vertido de material particulado a los cuerpos de agua.</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | | En cualquier zona colindante con cuerpos de agua afectados por mareas (ya sea vías o puentes), instalación de mallas de retención de sedimentos y/o mallas de turbidez para evitar que los materiales más finos sean arrastrados por las corrientes mareales durante la construcción de terraplenes. Realizar modelaciones hidro-morfodinámicas de la posible dispersión del material, y evitar estos movimientos de material durante períodos de lluvia intensa para minimizar escorrentía. |
| 5 | Resuspensión de sedimentos y posibles contaminantes al medio acuático debido a la construcción de puentes. | <p>En zona de puentes con la técnica de hincado de pilotes, realizar análisis previo del alcance de la posible resuspensión del sedimento del fondo del humedal por efecto mismo de la acción de hincado. Acompañar con modelación hidro-morfodinámica y análisis cruzados con datos de terreno, para analizar el alcance de la pluma de dispersión de los sedimentos resuspendidos a fin de proyectar la instalación de medios de contención, como mallas de retención de sedimentos y/o mallas de turbidez. Esto es relevante ya que los humedales tienen influencia mareal.</p> <p>Se requiere de la realización de estudio previo de composición textural y granulométrica de los sedimentos submareales del área de humedales aledaña a las obras.</p> <p>Para las obras de demolición de puentes se recomienda evaluar el uso de procesos constructivos de alta precisión, que reduzcan los escombros potencialmente vertidos a los cuerpos de agua, como son el hilo diamantado y el corte con plasma.</p> |
| 6 | Transporte aéreo de materiales (polvo) provenientes de acopios en obra y/o transporte en camiones, que pueden llegar a los cuerpos de agua adyacentes. | En zona de acopios, hacer uso de mallas protectoras de perímetro para evitar emisiones de polvo a la atmósfera por vientos locales, minimizando el tiempo de permanencia de los acopios en la obra. Uso de cubiertas en tolvas de camiones de transporte de sedimentos. |
| 7 | Relleno de riberas de humedales por ampliación de la calzada. | <p>En las proximidades de cuerpos de agua de humedales el trazado debe ampliarse por la zona opuesta en la medida de lo posible. En aquellas zonas colindantes con el Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chrocamayo y sitio RAMSAR Calos Anwandter y el Santuario de la Naturaleza Humedales de Angachilla, el trazado debe ampliarse hacia el lado contrario sin excepción.</p> <p>Para el caso específico de la laguna Llancahue se recomienda reemplazar la solución de talud por muro vertical, con el fin de ocupar el mínimo espacio posible de la laguna y evitar el escape de especímenes de la Rana grande chilena hacia la carretera circundante.</p> |
| 8 | Pérdida de cobertura vegetal. | En caso de realizarse escarpe, reservar la capa vegetal para reincorporar o hacer uso para medidas de mitigación. |

7.3 MEDIDAS COMPENSATORIAS

Se presentan en esta sección las medidas compensatorias más relevantes consideradas para este proyecto, por eventual perturbación a humedales durante la ampliación y/o construcción de las nuevas vías.

7.3.1. Soterrado de tendidos eléctricos

Si bien ya se entregó más arriba, una recomendación específica al respecto del problema de la mortalidad incidental de cisnes en áreas críticas de proximidad con humedales, se propone el soterrado completo de los tendidos como una medida de compensación aprovechando la ampliación de la vía en toda su extensión. El tendido soterrado evitaría la muerte de cisnes y de cualquier otra ave de la zona por choques contra estas estructuras, aumentaría la vida útil de la instalación eléctrica y entregaría un servicio más fiable y continuo con menos interrupciones debidas a eventuales terremotos y condiciones climáticas adversas.

7.3.2. Construcción de ciclovías que pongan en valor los humedales aledaños a las rutas 202 y 206

Esta medida está dirigida a poner en realce el valor de los humedales periurbanos de Valdivia, acercándolos a la población y haciéndolos conscientes de los importantes servicios ecosistémicos que proveen a la sociedad. La construcción de ciclovías se considera para los tramos comprendidos entre la Villa Cayumapu y la entrada Norte de Valdivia (sector Santa Elvira) y desde la salida sur de Valdivia (restaurante La Grulla) hasta el Puente Santo Domingo. Estas ciclovías podrían ir acompañadas de paradas con paneles informativos y educativos sobre el origen de los humedales de la zona, la composición de plantas y avifauna de los mismos y de los principales servicios ecosistémicos que proveen.

7.3.3. Construcción de nuevos miradores para uso y disfrute de la comunidad

Se propone la instalación de dos nuevos miradores, uno en la Laguna Llancahue a la altura del Dm 41.900 (Fig. 104) y otro en la Laguna Santo Domingo a la altura del Dm 38.100 (Fig. 105), que sirvan para uso y disfrute de la comunidad, acercándola a la contemplación, cuidado y educación ambiental en torno a los humedales periurbanos de Valdivia.

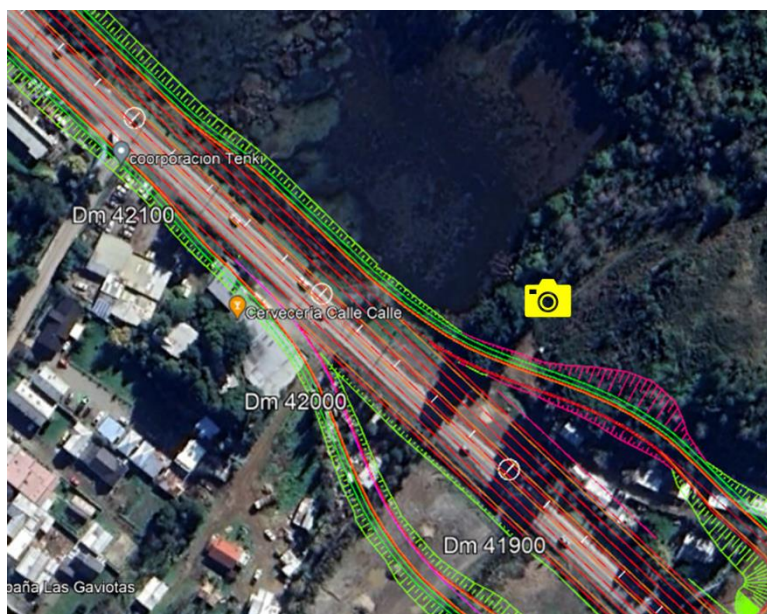


Figura 104. Ubicación propuesta del nuevo mirador hacia la Laguna Llancahue.



Figura 105. Ubicación propuesta del nuevo mirador hacia la laguna Santo Domingo.

8. ASESORÍA LEGAL EN HUMEDALES

Resumen ejecutivo

1. No existe en el Derecho chileno un concepto unívoco de humedal, en tanto categoría especialmente protegida por la legislación ambiental. Al respecto, varios cuerpos legales confluyen en el sentido de proporcionar una definición que pueda resultar de utilidad. La definición que provee al art. 1° de la Convención Ramsar, es el que resulta de mayor utilidad a este respecto. Dicha disposición señala que: “Son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.
2. En el Derecho chileno tampoco existe un tratamiento único y sistemático de los humedales. Al respecto es posible encontrar diversos cuerpos normativos que tienen importancia en la materia. Algunos se refieren a las humedades en particular, aunque circunscrito a alguna circunstancia en especial, por ejemplo, su importancia internacional o su carácter urbano; otros a regulaciones ambientales generales; por último, también son relevantes normas relativas a la explotación económica y al uso civil de los recursos naturales. Esta plétora de disposiciones no siempre opera como un conjunto armónico y sistemático, produciéndose en ocasiones lagunas normativas, e incluso contradicciones, entre los diferentes cuerpos legales que regulan la materia.
3. Las normas generales se refieren escasamente a la noción de humedales, puesto que están eminentemente pensadas desde el punto de vista de la explotación económica de los recursos naturales. En efecto, estas normalmente establecen un estatuto jurídico para los predios ribereños y otro diferente para las aguas que componen un humedal. No obstante, sí existen algunas normas que limitan la intervención que puede tener lugar en un humedal. Al respecto se pueden citar los artículos 19 N°8 y 19 N°24 de la Constitución Política de la República, y el artículo 595 del CC que afirma que: “Todas las aguas son bienes nacionales de uso público”.
4. En el último lustro varias reformas legislativas han introducido normas generales que regulan a los humedales como una categoría jurídica compleja, al regularlos como una unidad jurídica. Ejemplos de este enfoque legislativo son los artículos 47, 58 y 63 del Código de Aguas que restringen la construcción de sistemas de drenaje, la exploración de aguas subterráneas y la extracción de aguas del caudal en humedales.
5. Lo anterior se ha visto complementado con la aprobación de normas sectoriales, por ejemplo, la Ley N° 20.283 y su reglamento, la Ley General de Urbanismo y Construcciones y su ordenanza, la Ley de Caza entre otras. No obstante, el principal problema de esta legislación sigue siendo el de su falta de sistematicidad.
6. Otro ámbito relevante que se debe considerar en el marco de cualquier proyecto que pretenda intervenir humedales es la relativa al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, reglamentado por la Ley 19.300 y sus normas complementarias. El SIEA es un sistema de advertencia temprana

que verifica el cumplimiento de las políticas ambientales, funcionando como un instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo. Mediante este procedimiento se busca controlar y verificar cual es el alcance del impacto ambiental que ocasionará el desarrollo de una determinada actividad o proyecto, evaluando si en su implementación y funcionamiento se cumple con la normativa medioambiental vigente. Contempla dos instrumentos formales de evaluación que determinarán la concurrencia de dicha circunstancia. Estos instrumentos son el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

7. Desde el punto de vista procedimental, la característica más importante del SEIA es que funciona sobre la base de la idea de ventanilla única, lo que significa que centraliza en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) todas las autorizaciones, permisos y acciones de mitigación, que son relevantes para otorgar la resolución de calificación ambiental. De este modo, el proceso de evaluación culmina con una resolución que califica ambientalmente el proyecto evaluado, aprobándolo o rechazándolo (RCA).
8. El EIA es el instrumento más complejo por la cantidad de documentación que requiere, los compromisos que los titulares del proyecto deben asumir y el estándar de diligencia que exige para estos efectos. Los tipos de proyectos que deben someterse a un EIA están regulados en el artículo 11 de la Ley 19.300 y la regulación actualmente vigente contiene varias menciones expresas referidas a los humedales, producto de la Ley N° 21.202 sobre Humedales Urbanos, de enero de 2020. Sin embargo, debido a la complejidad de dicha legislación no es correcto entender que únicamente los humedales urbanos están protegidos por dicho estándar precautorio.
9. El particular emplazamiento de los humedales sobre los cuales deberían ejecutarse las obras de infraestructura vial que forman parte de este proyecto exige también la activación de otros dispositivos de la Ley N° 19.300 por tratarse de área que: o forman parte de áreas colocadas bajo protección oficial o se encuentran dentro de su área de influencia. Desde esta perspectiva huelga recordar que los humedales estuariales de los ríos Cayumapu y Chorocamayo forman parte del sistema del Humedal del Río Cruces, por ende, se sitúan dentro de su zona de influencia, que recibe protección por partida doble: tanto como Sitio Ramsar que lo declara humedal de importancia internacional, como también en virtud de la Ley 17.288 que lo declara Santuario de la Naturaleza. Del mismo modo, el humedal Llancahué ha sido declarado Santuario de la Naturaleza, en virtud del DS 29 del Ministerio de Medio Ambiente, de 16 de mayo de 2022.
10. En cuanto al humedal Santo Domingo, este no califica como humedal urbano, ni tampoco está tutelado en virtud de una categoría especial de protección. Sin embargo, ello no significa que no debe ser objeto de deberes de cuidado. A pesar de que puede existir discusión en torno al estándar en específico, existen razones fundadas para estimar que este debe ser el mismo deber exigible para los casos anteriores. En primer lugar, el art. 11 letra b. de la Ley 19.300 que establece la obligación de realizar un EIA en casos de “localización próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos (...) susceptibles de ser afectados, así como afectación del valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar”. De mismo modo, es necesario considerar lo dispuesto por el art. 11 bis de la LBMA, que establece que los proponentes no podrán, a sabiendas, fraccionar sus proyectos o actividades con el objeto de

variar el instrumento de evaluación o de eludir el ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Concepto de Humedales

1. No existe en el Derecho chileno un concepto unívoco de humedal, en tanto categoría especialmente protegida por la legislación ambiental. Al respecto, varios cuerpos legales confluyen en el sentido de proporcionar una definición que pueda resultar de utilidad. Como ocurre con diversos conceptos vinculados al derecho ambiental, al ser los humedales una categoría que entremezcla componentes jurídico-normativos y técnico-científicos, resulta complejo establecer un concepto unívoco. Entre las distintas disposiciones pertinentes, es necesario citar las siguientes:

El artículo 1º de la Convención sobre Humedales de Importancia Internacional (Convención Ramsar) señala que: *“Son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”*. Esta definición debe necesariamente ser complementada con lo dispuesto por el artículo 2º inciso 1º de la misma convención, que dispone que los humedales *“podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal, y especialmente cuando tengan importancia como hábitat de aves acuáticas”*. A la luz de lo anterior, es posible vislumbrar que existe un amplísimo conjunto de ecosistemas que pueden ser considerados jurídicamente un humedal. Por esta razón, este concepto amplio de la Convención Ramsar ha sido paulinamente precisado por la legislación nacional en las distintas materias donde existen normas relativas a los humedales.

- a. Tal es el caso del Decreto Supremo N° 771 de 1981 del Ministerio de Relaciones Exteriores, que corresponde al decreto que promulga la ratificación de dicha convención. Allí se caracteriza a los humedales como: *“las zonas húmedas se dividen en áreas de ciénagas, pantanos, áreas de musgos o aguas, sean estas naturales o artificiales, permanentes o temporales, de aguas, estáticas o corrientes, frescas, con helechos o saladas, incluyendo zonas de agua de mar cuya profundidad no exceda de seis metros durante la marea baja”*.
- b. Otro concepto, de similar alcance es el dispuesto por el artículo 8º, inciso séptimo del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto ambiental (SEIA), que indica que *“se entenderá por humedales protegidos aquellos ecosistemas acuáticos incluidos en la lista a que se refiere la Convención relativa a las zonas húmedas de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de las aves acuáticas, promulgada mediante Decreto Supremo N° 771, de 1981, del Ministerio de Relaciones exteriores.”*
- c. A su vez, el artículo 1º de la Ley sobre Humedales Urbanos los define como: *“aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 metros, y que se encuentren dentro del radio urbano”*.

- d. Existe también una definición en el Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales de la Ley N° 20.283, que en su artículo 2° letra I), establece que se entenderá por tal, a los *“ecosistemas asociados a sustratos saturados de agua en forma temporal o permanente, en los que existe y se desarrolla biota acuática y, han sido declarados Sitios Prioritarios de Conservación, por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, o sitios Ramsar. Para efectos de delimitación, se considerará la presencia y extensión de la vegetación hidrófila. Tratándose de ambientes que carezcan de vegetación hidrófila se utilizará, para la delimitación, la presencia de otras expresiones de biota acuática”*.
2. En la literatura existen definiciones científicas como la de Möller y Pedreros (1998:2), quienes señalan que *“Los humedales corresponden a áreas en que se les reconoce por ser un sitio intermedio entre ambientes permanentemente inundados y ambientes normalmente secos. Se trata de terrenos en que la napa freática se encuentra frecuentemente sobre, cerca o a nivel de la superficie, por lo que se encuentra saturada de agua por un período suficiente, permitiendo el desarrollo de condiciones para albergar un tipo especial de vegetación y una diversidad de vida silvestre adaptada a ese ambiente de alta humedad; ensíntesis, un ambiente de permanente transición entre el acuático y el terrestre, presentando características de ambos”*¹. Otros autores hacen suya la definición de la Convención Ramsar, dada su amplitud (Castellanos, 2001).
 3. Conforme a la literatura revisada (López Portillo, 2010), y en particular la clasificación derivada de la propia Convención Ramsar es posible distinguir a lo menos cinco tipos humedales:
 - i. Marinos: humedales costeros incluyendo costas rocosas y arrecifes de coral.
 - ii. Estuarinos: incluye deltas, marismas de marea y pantanos de manglar.
 - iii. Lacustres: referente a lagos.
 - iv. Ribereños: asociados a ríos y arroyos.
 - v. Palustres: comprende lodazales, marismas, pantanos y ciénagas.
 4. Además, existen humedales artificiales, como los estanques o piletas para cría de peces o camarones, estanques o represas con fines agrícolas, tierras agrícolas irrigadas, depresiones inundadas salinas, reservorios, estanques de grava, piletas de agua residuales y canales (Davis T.J., 1996). Cabe señalar, que esta amplia gama de sistemas susceptibles de ser clasificados como humedales, ha dado lugar a que las partes contratantes de la Convención, en su recomendación 4.7 del año 1990, incluyeran en uno de sus anexos, un detallado sistema de clasificación de más de treinta tipos de Humedales, todos cubiertos por la definición general, dividiéndolos a su vez en humedales marinos y costeros, continentales y artificiales.
 5. En el caso de Chile, podemos identificar cierto tipo de humedales, a partir de algunas investigaciones ambientales realizadas al respecto, que proponen la siguiente caracterización de algunos tipos de humedales (Hauenstein E., 2005):
 - a. Pantanos: Se forman en suelos anegados con aguas dulces, en depresiones, llanuras junto a ríos, lagos o esteros. Están constituidos por plantas palustres (de pantanos), también denominadas helófitos, como lo son junquillos y totoras. Constituyen un refugio seguro para la fauna silvestre, especialmente la avifauna acuática. Por ejemplo, los pantanos del humedal “Los Batros” de la comuna de San Pedro de la Paz en Concepción, y los de la comuna de Toltén en la provincia de Cautín.

- b. Marismas: Son pantanos salobres que se forman cerca del litoral, en la desembocadura de los ríos, donde están sometidos a la influencia de las mareas. La mayoría de las plantas que allí habitan son suculentas o alófitas, que soportan alta salinidad. Las marismas de Puerto Saavedra y Boca Budí en la provincia de Cautín, y las de Mehuín y Chaihuín en la provincia de Valdivia, son un ejemplo de ellas.
 - c. Manglares: Corresponde a bosques ubicados en zonas costeras estuarinas, preferentemente en zonas tropicales o subtropicales, también están sometidos a la influencia de las mareas. Los manglares de Centro-América están constituidos por especies arbóreas llamados mangles, en particular los géneros *Rhizophora*, *Avicennia* y *Laguncularia*. Este tipo de vegetación no está presente en Chile.
6. Considerando todo lo anterior, se puede concluir que la carencia de unidad conceptual refleja la falta de sistematicidad con que la legislación chilena regula los humedales. A continuación, se revisará en detalle los diferentes regímenes jurídicos aplicables a esta categoría. Valga por ahora relevar que los problemas categoriales terminan conspirando contra la efectividad de la protección.

I. Régimen jurídico general

7. Derivado de la pluralidad de ecosistemas eventualmente incluidos en la categoría de humedales, es necesario precisar sus aristas jurídicas. En el Derecho chileno no existe un tratamiento único y sistemático de los humedales. Al respecto es posible encontrar diversos cuerpos normativos que tienen importancia en la materia. Algunos se refieren a las humedades en particular, aunque circunscrito a alguna circunstancia en especial, por ejemplo, su importancia internacional o su carácter urbano; otros a regulaciones ambientales generales; por último, también son relevantes normas relativas a la explotación económica y al uso civil de los recursos naturales. Esta plétora de disposiciones no siempre opera como un conjunto armónico y sistemático, produciéndose en ocasiones lagunas normativas, e incluso contradicciones, entre los diferentes cuerpos legales que regulan la materia.
8. La **Constitución Política de la República** de 1980 (CPR) contiene dos disposiciones relacionadas con la protección de los humedales. En primer lugar, su artículo 19 N°8 consagra el derecho fundamental a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, afirmando el deber del Estado de tutelar y preservar la naturaleza y enfatizando que la ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente. Esto último es coherente con lo dispuesto en el art. 10 N° 24 inciso segundo de la CPR, que consagra la denominada función social de la propiedad: *“Solo la ley puede establecer el modo de adquirir el dominio la propiedad, de usar, gozar y disponer de ella y las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social. Esta comprende cuanto exijan los intereses generales de la Nación, la seguridad nacional, la utilidad y la salubridad públicas y la conservación del patrimonio ambiental”*. Para Bordalí (1998), el patrimonio ambiental, implica todo lo que naturalmente nos rodea y que permite el desarrollo de la vida, refiriéndose tanto a la atmósfera como a la tierra y sus aguas, a la flora y fauna, todo lo cual conforma la naturaleza con sus sistemas ecológicos de equilibrio entre los organismos y el medio en que viven” conforme a esta idea los humedales se insertan perfectamente dentro de las categorías tuteladas por la CPR en las citadas disposiciones.

9. Desde la perspectiva del Derecho común, el concepto de humedal es inexistente, dado que el Derecho civil trata de forma fragmentaria al suelo y a las aguas que componen un humedal. Al respecto, es necesario recordar que los ecosistemas conocidos como humedales comprenden una estructura jurídica mixta por lo que, jurídicamente es posible distinguir entre dos componentes elementales de un humedal: una extensión de tierra colindante a las aguas, o 'predio riberano', y la zona húmeda, o 'las aguas', propiamente tales. El **Código Civil** (CC) se preocupa fundamentalmente de la regulación del suelo, siendo la expresión "terreno inundado" la de mayor proximidad al concepto de humedal. Dicha expresión es utilizada a propósito de la regulación de la accesión como modo de adquirir el dominio, específicamente, de las accesiones de suelo. Dicho artículo señala que: *"Si una heredad ha sido inundada, el terreno restituído por las aguas, dentro de los 5 años subsiguientes, volverá a su dueño"*. La norma ha tenido gran relevancia práctica en la Región de los Ríos, debido a que producto el terremoto de 1960 ocasionó el hundimiento de terrenos aledaños a la cuenca del río Valdivia. Al respecto, queda en evidencia que la intención del CC en este punto es fundamentalmente económica, resolviendo los conflictos que se susciten por la propiedad de los suelos ocupados por aguas, considerando que los cursos de aguas son bienes nacionales de uso público. En efecto, para resolver eventuales conflictos dominicales se introduce la regla de que será necesario distinguir si la ocupación del suelo por las aguas es permanente o no. Esto es, un terreno ocupado por las aguas por más de 5 años se convierte en cauce, y pasa a ser del dominio público como todo cauce natural. De esta manera, tal como las aguas, la porción de tierra permanentemente inundada por estas se convierte en una cosa no comerciable.
10. Otro concepto civilmente relevante es el de predio colindante. Al respecto, el artículo 33 del **Código de Aguas** (CDA), señala que "son riberas o márgenes las zonas laterales que lindan con el álveo o cauce". En este caso, tratándose de un bien inmueble el estatuto jurídico aplicable dependerá, en principio, de quien sea el propietario riberano, pudiendo este corresponder a uno o más particulares o incluso el Estado, según sea el caso. Lo anterior debe entenderse en concordancia con el artículo 30 del CDA, el que indica en su inciso tercero que: *"los propietarios riberanos podrán aprovechar y cultivar la superficie de ese suelo en las épocas en que no estuviere ocupado por las aguas"*. Al respecto, Amstein (2016) afirma que la regulación civil no establece obligaciones o restricciones específicas para los propietarios riberanos de aguas en general, ni de humedales, respecto de actividades que se pueden o no desarrollar cerca de las aguas dejando así al arbitrio de los dueños de predios colindantes el uso de los recursos vinculados a un humedal, con las consiguientes consecuencias ecológicas en caso de abuso o uso indiscriminado de los mismos.
11. Respecto de las aguas, para la comprensión de su régimen jurídico es necesario atender a lo prescrito por el artículo 595 del CC que afirma que: *"Todas las aguas son bienes nacionales de uso público"*, lo que significa que estas son de dominio público, es decir, lo que se adquiere por los privados es únicamente un derecho de aprovechamiento, que faculta su utilización pero que en ningún caso permite adquirir un derecho de propiedad sobre ellas. El artículo 589 del CC define a los bienes nacionales de uso público como *"aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda. Si además su uso pertenece a todos los habitantes de la nación, como el de calles, plazas, puentes y caminos, el mar adyacente y sus playas"*. De acuerdo con lo anterior, la utilización de las aguas de un humedal será limitada conforme a la concesión del derecho de aprovechamiento correspondiente, lo que realiza mediante el respectivo acto administrativo.
12. Existen otras regulaciones aplicables a los humedales situadas en el CDA. Este cuerpo legal originalmente no reconocía directamente a los humedales, aunque se entendía que existía una alusión indirecta a estos, al referirse en su art. 2° a las aguas detenidas en los siguientes términos:

“Son aguas detenidas las que están acumuladas en depósitos naturales o artificiales, tales como lagos, lagunas, pantanos, charcas, aguadas, ciénagas, estanques o embalses”. Esta disposición está en línea con las regulaciones del CC, e incluso el artículo 34 del CDA hace un reenvío expreso al CC al señalar que: *“En los casos de aluvión, avenida, inundación, variación de curso de un río o división de éste en dos brazos, se estará a lo dispuesto sobre accesiones del suelo en el párrafo 2° del Título V, Libro II, del Código Civil.”* La reciente modificación al CDA, incorporada en virtud de la Ley 21.435, de 06 de abril de 2022, contiene varias referencias explícitas a los humedales y a la protección que se les debe dispensar, pudiéndose mencionar las siguientes:

- a. **Art. 47 Inc. 2°.** *“No podrán construirse sistemas de drenaje en las zonas de turberas existentes e identificadas por el Ministerio del Medio Ambiente en el Inventario Nacional de Humedales, en la provincia de Chiloé y en las Regiones de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y de Magallanes y de la Antártica Chilena. La Dirección General de Aguas delimitará el área en la cual se entenderán prohibidos los sistemas de drenaje”.*
- b. **Art. 58 Incs 5° y 6°,** referido a las exploraciones de aguas subterráneas, establece: *“No se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas, pajonales y bofedales en las regiones de Arica y Parinacota, de Tarapacá, de Antofagasta, de Atacama y de Coquimbo, sin la autorización fundada de la Dirección General de Aguas, la que previamente deberá identificar y delimitar dichas zonas.*

Asimismo, no se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que correspondan a sectores acuíferos que alimenten humedales, que hayan sido declarados por el Ministerio del Medio Ambiente como ecosistemas amenazados, ecosistemas degradados o sitios prioritarios, en la medida que esa declaración, en coordinación con la Dirección General de Aguas, contenga entre sus fundamentos que la estructura y el funcionamiento de dicho humedal está dado por los recursos hídricos subterráneos que lo soportan”.

- c. **Art. 63 incs. 3° y 4°.** *“Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten vegas, pajonales y bofedales de las regiones de Arica y Parinacota, de Tarapacá, de Antofagasta, de Atacama y de Coquimbo se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa.*

Lo dispuesto en el inciso anterior también se aplica a aquellas zonas que corresponden a sectores acuíferos que alimentan humedales que hayan sido declarados por el Ministerio del Medio Ambiente como ecosistemas amenazados, ecosistemas degradados, sitios prioritarios o humedales urbanos declarados en virtud de la Ley N° 21.202, en la medida que dicha declaración, en coordinación con la Dirección General de Aguas, contenga entre sus fundamentos los recursos hídricos subterráneos que los soportan. Con posterioridad a esa declaración, la Dirección General de Aguas delimitará el área en la cual se entenderán prohibidas mayores extracciones que las autorizadas, así como nuevas explotaciones”.

- d. **Art. 129 bis 1°,** respecto de los derechos de aprovechamiento de aguas por otorgar, se establece que: *“la Dirección General de Aguas velará por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente. Para ello establecerá un caudal ecológico mínimo, para lo cual deberá considerar también las condiciones naturales pertinentes para cada fuente superficial.*

Un reglamento [...] determinará los criterios en virtud de los cuales se establecerá el caudal ecológico mínimo. El caudal ecológico mínimo no podrá ser superior al 20 por ciento del caudal medio anual de la respectiva fuente superficial.

En casos calificados, y previo informe favorable del Ministerio del Medio Ambiente, el Presidente de la República podrá fijar caudales ecológicos mínimos diferentes, mediante decreto fundado, sin atenerse a la limitación establecida en el inciso anterior. El caudal ecológico que se fije en virtud de lo dispuesto en el presente inciso no podrá ser superior al 40 por ciento del caudal medio anual de la respectiva fuente superficial.

La Dirección General de Aguas podrá establecer un caudal ecológico mínimo respecto de aquellos derechos existentes en las áreas declaradas bajo protección oficial de la biodiversidad, como los parques nacionales, reservas nacionales, reservas de región virgen, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, los humedales de importancia internacional y los sitios prioritarios de primera prioridad”.

- e. **Art. 129 bis 2°**- *La Dirección General de Aguas podrá ordenar la inmediata paralización de las obras o labores que se ejecuten en los cauces naturales de aguas corrientes o detenidas que afectaren la cantidad o la calidad de éstas o que no cuenten con la autorización competente y que pudieran ocasionar perjuicios a terceros, para lo cual podrá requerir el auxilio de la fuerza pública en los términos establecidos en el artículo 138 de este Código, previa autorización del juez de letras competente en el lugar en que se realicen dichas obras. Estas resoluciones se publicarán en el sitio web institucional.*

Asimismo, en las autorizaciones que otorgue la Dirección General de Aguas referidas a modificaciones o a nuevas obras en cauces naturales que signifiquen una disminución en la recarga natural de los acuíferos, dispondrá las medidas mitigatorias apropiadas. De no cumplirse dichas medidas, el Servicio aplicará las sanciones correspondientes, pudiendo ejercer las atribuciones dispuestas en el artículo 172 de este Código.

Sin perjuicio de lo establecido en los artículos anteriores, no podrán otorgarse derechos de aprovechamiento en las áreas declaradas bajo protección oficial para la protección de la biodiversidad, como los parques nacionales, reserva nacional, reserva de regiones vírgenes, monumento natural, santuario de la naturaleza, los humedales de importancia internacional y aquellas zonas contempladas en los artículos 58 y 63, a menos que se trate de actividades compatibles con los fines de conservación del área o sitios referidos, lo que deberá ser acreditado mediante informe del Ministerio del Medio Ambiente”.

13. En materia sanitaria, el Código Sanitario (CS), consagra en su art 73, la prohibición de descargar aguas servidas y residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquiera otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos. Al respecto, se señala que la autoridad sanitaria podrá ordenar la inmediata suspensión de dichas descargas y exigir la ejecución de sistemas de tratamientos satisfactorios destinados a impedir toda contaminación. De esta manera, ante la amenaza latente de contaminación de un humedal, este artículo permite exigir a la autoridad sanitaria acciones con miras a detener inmediatamente la afección al medio ambiente, o en su caso, la destrucción, alteración o modificación de un humedal.

14. **La Ley N° 20.283** de 2008, destinada a la protección, la recuperación y el mejoramiento del bosque nativo, establece en el inciso tercero de su artículo 17 que, en el contexto de dicha ley, un reglamento determinará la normativa para la protección de los humedales declarados *Sitios Prioritarios de Conservación*, por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, o *Sitios Ramsar*, debiendo considerar una serie de criterios, así como también los requerimientos de protección de las especies que lo habitan. Dichos criterios son: *“la pendiente, la pluviometría la fragilidad y erodabilidad de los suelos; el nivel de saturación de los mismos y la flotación de los equipos de maderero. En el caso de protección de los cursos naturales de agua considerará además el tamaño de la cuenca, el caudal y su temporalidad”*. Para dar cumplimiento de este mandato se dictó el **Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales de la Ley N° 20.283**. Este se realiza un tratamiento más detallado de la categoría en análisis, partiendo por una definición de humedal (*supra* 1.d) para luego establecer una serie de prohibiciones y restricciones como las dispuestas en el artículo 10°, el que indica que: *“En los humedales declarados sitios Prioritarios de Conservación, por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, o sitios Ramsar, prohíbese la corta, destrucción, eliminación o menoscabo de su vegetación hidrófila nativa”*, o por otro lado, lo establecido en el artículo 11°, que señala: *“Prohíbese la descarga de aguas de lavado de equipos, maquinarias y envases que hayan contenido sustancias químicas, desechos orgánicos, productos químicos, combustibles, residuos inorgánicos tales como cables, filtros, neumáticos, baterías, en los cuerpos y cursos naturales de agua, manantiales y humedales y en las zonas de protección definidas en los literales p) y q) del artículo 1º de este Reglamento”*. Estas últimas que hacen referencia a las zonas de protección de exclusión de intervención y las zonas de protección de manejo limitado.
15. Por su parte, el artículo 13 establece que: *“En humedales, manantiales y cauces naturales de agua, prohíbese su utilización como vía de tránsito de maquinarias y equipos que comprende a trineos, catangos y similares.”* A su vez, el artículo 14 regula otra prohibición la de depositar desechos de explotación en *“cuerpos de agua, humedales, manantiales y cauces naturales de agua”*. Es también importante mencionar la regulación respecto de la construcción de caminos en humedales contenida el artículo 17, que comprende preceptos relativos a la pendiente de los caminos, o el lugar en el que deben verse los derrames producidos en su construcción, los cuales no podrán afectar ni ser depositados en humedales o manantiales. Esto se complementa con los planes de trabajo y manejo normados en el artículo 18. Con ello, este reglamento ofrece una estructura normativa mucho más adecuada y dotada de una alta especificidad para la tutela de los humedales, fijando criterios normativos claros para resolver las contradicciones entre desarrollo urbano y protección de los humedales. Así, ante la vulneración de estas normas, o de las indicaciones en ellas dispuestas, será el organismo correspondiente –CONAF en este caso- quien deberá recabar diligentemente los antecedentes, denunciando las infracciones al Juzgado de Policía Local competente para que sancione, restrinja o tutele el cumplimiento de las normas, según corresponda.
16. **La Ley y el Reglamento de Fomento de la inversión privada en obras de Riego y Drenaje, N° 18.450** tienen por objeto la concesión de premios o bonificaciones destinadas a la construcción de obras de riego y drenaje realizadas por particulares, bajo la supervisión de la Comisión Nacional de Riego. El reglamento de la citada ley, en su artículo 1° N° 9, entiende por obras de drenaje aquellas destinadas a *“evacuar el exceso de las aguas superficiales o subsuperficiales de los suelos en los que constituyen una limitante para el desarrollo de los cultivos...”* De este modo, en pro del desarrollo de una actividad económica se favorece y financia, literalmente, la afectación y desecación de aquellos sectores que presentan saturación de agua, o de aquellos en que el nivel freático permite acumulación de estas, dando lugar a un humedal. Este Reglamento dispone el procedimiento de participación y adjudicación de obras de drenaje de zonas saturadas de agua, sin calificar si dicha

zona corresponde o no aun humedal, lo que resulta patentemente contradictorio con las demás regulaciones aquí analizadas.

17. Resoluciones y ordenanzas municipales relativas al uso y protección de los humedales. Entre las funciones privativas de las municipalidades, el artículo 3° b) de la respectiva ley orgánica (LOCM), señala que corresponderá a las municipalidades la planificación y regulación de la comuna y la confección del plan regulador comunal, de acuerdo con las normas legales vigentes. Asimismo, la LOCM establece en su artículo 5° letra c) que, para el cumplimiento de sus funciones, las municipalidades tendrán como función esencial la de administrar los bienes municipales y nacionales de uso público, inclusive el subsuelo, existentes en la comuna, salvo que, en atención a su naturaleza o fines de conformidad a la ley, la administración de estos últimos corresponda a otros órganos de la administración del Estado. La normativa aludida cobra relevancia por cuanto hemos sostenido que, de acuerdo con lo establecido en el CC, si un terreno permanece inundado por más de cinco años, se transformaría en un bien nacional de uso público, de esta forma le correspondería al Municipio su administración, pudiendo regular el tratamiento de estos ecosistemas desde el plano local, utilizando los instrumentos que en la misma LOCM se señalan. De esta forma, la Ley de Municipalidades, para los efectos de dar cumplimiento a las normas del plan regulador comunal, faculta a las municipalidades *“para adquirir bienes raíces por expropiación, los que se declaran de utilidad pública”*. De este modo, la LOCM autoriza la expropiación de inmuebles por causa de utilidad pública, sujetándose dichas expropiaciones al procedimiento contemplado en el decreto ley N°2.186, de 1978, Ley Orgánica de Procedimiento de Expropiaciones. De todas formas, estas normas sobre expropiación presentan un carácter excepcional dada la robusta protección que recibe la propiedad privada en nuestro sistema jurídico, por lo que esta alternativa podría verse dificultada por la excesiva onerosidad que conlleva. Sin embargo, si la legislación reconociera a los humedales como categoría objeto de especial protección en atención a la invaluable función natural que desempeñan, esta sería una posible vía de solución, sin perjuicio del carácter excepcional y gradual con que se debiera aplicar.

18. Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) y su Ordenanza (OGUC) es una norma de carácter general que contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades, responsabilidades, derechos, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares, en las acciones de planificación urbana, urbanización y construcción. Esta norma es complementada por la OGUC, que regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, urbanización, construcción, y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en el país. Esta normativa es atinente al estudio del régimen jurídico de los humedales, por cuanto el crecimiento urbano ha significado la pérdida de numerosas hectáreas de estos ecosistemas. De este modo, puede ser que el humedal se destruya directamente mediante su drenaje y relleno con el objeto de construir sobre ellos zonas residenciales. También es posible que estos se vean afectados de forma indirecta, mediante la contaminación producto de los desechos propios de la construcción. La LGUC establece que en los planes reguladores se podrán definir áreas donde el desarrollo urbano se encuentre limitado, distinguiendo al respecto las “zonas no edificables” y las “zonas de riesgo”. Las primeras se definen como aquellas que por especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, indicando al respecto que solo se aceptará la ubicación de actividades transitorias. Por su parte, las zonas de riesgos son aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limita determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales y otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

19. La OGUC identifica como áreas de riesgo, las *“zonas inundables o potencialmente inundables”*, debido, entre otras causas, a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos. La OGUC prescribe que, para autorizar un proyecto de edificación o de urbanización en una zona de riesgo, se requerirá que se acompañe a la respectiva solicitud de permiso un estudio fundado, elaborado por un profesional especialista y aprobado por el organismo competente, que determine las acciones que deberán ejecutarse para su utilización, incluida la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente conforme a la Ley N° 19.300. Adicionalmente, tanto el plan regional de desarrollo urbano, los planes reguladores intercomunales o metropolitano y los planes comunales al definir el uso de suelo, pueden declarar determinadas zonas de protección de valor natural o patrimonial. Las primeras son definidas por la OGUC como *“todas aquellas en que existan zonas o elementos naturales protegidos por el ordenamiento jurídico vigente, tales como: bordes costeros marítimos, lacustres o fluviales, parques nacionales, reservas nacionales y monumentos naturales (...)”*. De acuerdo con la normativa en comento, los instrumentos de planificación territorial podrán establecer las condiciones urbanísticas que deberán cumplir las edificaciones que se pretendan emplazar en dichas áreas. Estas condiciones deberán ser compatibles con la protección oficialmente establecida. Es decir, a través de los Planes Reguladores Regionales, Intercomunales o Comunales, puede entregarse protección a humedales, siempre y cuando estos se encuentren protegidos oficialmente, en los demás casos, este instrumento carece de competencia para crear nuevas zonas de protección y entregarles un uso especial (Antiaio, 2013).
20. **Ley de Caza** en su artículo 7° prohíbe *“la caza o la captura en reservas de regiones vírgenes, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, áreas prohibidas de caza, zonas urbanas, líneas de ferrocarriles, aeropuertos, en y desde caminos públicos y en lugares de interés científico y de aposentamiento de aves guaníferas”*. Esta disposición a su vez es complementada por el reglamento de dicha ley, que precisa en sus artículos 4°, 5° y 6° las especies cuya caza se encuentra prohibida o limitada a través de cuotas máximas. De esta manera, se protege uno de los componentes elementales de un humedal, como es la fauna que se relaciona con estos. Si bien, el objeto aquí es controlar una actividad determinada que poco se relaciona con la protección del medio ambiente, su delimitación es relevante para los efectos aquí tratados, y debe considerarse como una alternativa legal de protección de los humedales y su entorno.

II. Regulaciones ambientales aplicables a los humedales

21. El Derecho ambiental en Chile es una rama del Derecho de reciente aparición. En sentido estricto, el primer antecedente se encuentra en las disposiciones constitucionales relativas a la materia (*supra* 8). Estas normas fueron desarrolladas con mayor detalle en virtud de la dictación de la **Ley N° 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente (LBMA)**, en 1994. Esta ley crea las categorías fundamentales en la materia y funda la institucionalidad básica, que constituye la espina dorsal del Derecho ambiental chileno, manifestado fundamentalmente en el sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA). Por ende, resulta clave determinar qué aspectos del SEIA podrían tener aplicación a la protección de los humedales. En síntesis, el SEIA es un sistema de permisos y autorizaciones aplicables a ciertos proyectos enumerados en el art. 10° de la LBMA. Los principios que consagra la LBMA resultan primordiales a la hora de analizar la protección del medio ambiente y particularmente de los humedales. Principios como *el que contamina paga*, o el principio de responsabilidad ambiental, el principio preventivo o el principio de ciudadanía, buscan ampliar el

espectro de actores y acciones que puedan utilizarse en la protección del medio ambiente.

22. En concreto, el SIEA es un sistema de advertencia temprana que verifica el cumplimiento de las políticas ambientales, funcionando como un instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo. Mediante este procedimiento se busca controlar y verificar cual es el alcance del impacto ambiental que ocasionará el desarrollo de una determinada actividad o proyecto, evaluando si en su implementación y funcionamiento se cumple con la normativa medioambiental vigente. Para ello, existen dos instrumentos formales de evaluación que determinarán la concurrencia de dicha circunstancia. Estos instrumentos son el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Para estos efectos se entenderá por impacto ambiental *“la alteración del medio ambiente provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada”* según lo expresa el artículo 2º letra k) de la LBMA. De este modo, el SEIA permite evaluar los impactos negativos y positivos que las políticas, planes, programas y proyectos generan sobre el medio ambiente, y se proponen las medidas para ajustarlos a niveles de aceptabilidad (Espinoza, 2001).
23. El artículo 2º de la LBMA brinda las definiciones generales de los términos a utilizar dentro del SEIA, aclarando que se entiende por impacto ambiental cualquier alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Este impacto ambiental será significativo cuando generen o presenten alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la LBGMA. El más completo de los instrumentos de evaluación ambiental es el EIA, que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretende realizar o modificar y está dirigido a los titulares de aquellos proyectos de inversión que son susceptibles de causar impacto ambiental. Un estudio de impacto ambiental debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación, e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos mediante la aplicación de medidas de mitigación, reparación y/o compensación. Los titulares de aquellos proyectos que no estén incorporados en los aludidos listados pueden someterse voluntariamente a evaluación ambiental.
24. Previamente a la promulgación de la LBMA, los proyectos de inversión eran evaluados de manera sectorial mediante el otorgamiento de permisos ambientales y autorizaciones por parte de diversos servicios públicos, con y sin competencia ambiental (Gamberini, 2019). Por el contrario, el modelo de la LBMA funciona sobre la base de la idea de *ventanilla única*, lo que significa que centraliza en manos del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) todas las autorizaciones, permisos y acciones de mitigación, que son relevantes para otorgar la resolución de calificación ambiental. De este modo, el proceso de evaluación culmina con una resolución que califica ambientalmente el proyecto evaluado, aprobándolo o rechazándolo (RCA). En efecto, el SEIA cumple la función de uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, mediante el establecimiento, entre otros, de guías trámite. En consecuencia, la tecnificación del sistema apunta a establecer criterios comunes para evaluar cada tipo de proyecto, con el objeto de asegurar la protección del medio ambiente de manera eficiente y eficaz.
25. La presentación del EIA es esencialmente electrónica y para tales efectos el titular debe contar con Firma Electrónica Avanzada. Asimismo, debe estar registrado en SEIA, ya sea como Titular persona natural, o como representante legal de la persona jurídica proponente del proyecto o actividad, o su modificación. Para el ingreso el titular del estudio de impacto ambiental debe completar el

formulario con los contenidos correspondiente al tipo de presentación del proyecto o actividad. Posterior a esto el EIA se suscribe con Firma Electrónica Avanzada la cual tiene validez. El Estudio de impacto ambiental EIA debe ser presentado por su respectivo titular, y sus contenidos son de su exclusiva responsabilidad. Los EIA se ingresan por internet en www.seia.cl o presencialmente, en las oficinas de la Dirección Regional del SEA.

26. *El Estudio de impacto ambiental debe contener las siguientes menciones:*

- Descripción detallada del proyecto o actividad
- Determinación y justificación del área de influencia del proyecto o actividad
- Línea de Base
- Compromisos ambientales voluntarios
- Descripción cronológica de sus fases
- Descripción de acciones realizadas previamente a la presentación del EIA
- Antecedentes Legales
- Ficha resumen para cada fase del proyecto o actividad
- Establecimiento del inicio de ejecución de proyecto
- Plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable
- Descripción pormenorizada de aquellos efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la LBGMA
- Plan de prevención de contingencias y de emergencias
- Plan de medidas de mitigación, reparación y compensación
- Plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes
- Predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad
- Relación con las políticas y planes evaluados estratégicamente
- Relación con las políticas, planes y programas de desarrollo regional y comunal
- Resumen Ejecutivo

27. El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) es un organismo público funcionalmente descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya función central es tecnificar y administrar el SEIA, permitiendo a la autoridad determinar antes de la ejecución de un proyecto si este, cumple con la legislación ambiental vigente y se hace cargo de los potenciales impactos ambientales significativos, además de asegurar la participación ciudadana en el proceso. El SEA fue creado por la Ley N°20.417, que modificó la LBMA. Como ya se señaló, el SEA puede conocer de un proyecto en virtud de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). De acuerdo con el artículo 10 de la LBMA, los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental que allí se enlistan, en cualesquiera de sus fases, deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental. El artículo 11 de la LBGMA complementa la disposición anterior, señalando que *“Los proyectos o actividades enumerados en el artículo precedente requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos: d) Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares y áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar”*. A su vez, el artículo 2 letra i) señala que el Estudio de Impacto Ambiental es *“el documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o*

minimizar sus efectos significativamente adversos”.

28. La LBMA, a propósito de los proyectos que deben someterse a evaluación de impacto ambiental, contiene varias referencias a los humedales como objeto de protección. Algunas de estas referencias son anteriores a la Ley N° 21.202 sobre Humedales Urbanos, mientras que otras fueron incorporadas en virtud de este último cuerpo legal. Al respecto, en la redacción original de la LBMA es posible encontrar referencias indirectas, que han prestado gran utilidad a la protección de los humedales. Revisten particular interés los siguientes numerales del art. 10 de la LBMA.

- a. Literal a): *“Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas”.*
- b. Literal e). *“Aeropuertos, terminales de buses, camiones y ferrocarriles, vías férreas, estaciones de servicio, autopistas y los caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas”.*

Es importante mencionar que en el caso del literal a) del artículo 10 de la LBMA, el reglamento del SEIA detalla que *-salvo el caso de vegas y bofedales ubicados en las Regiones de Arica, Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, donde cualquier cabida determina el ingreso al SEIA-* se trata de proyectos de drenaje o desecación que contemplen una superficie de terreno a recuperar y/o afectar igual o superior a una determinada cabida mínima (diez, 30 o 200 hectáreas, según corresponda). Por otro lado, resulta relevante observar que la clasificación de humedales aquí referenciada no se encuentra acompañada de la especificación de estar especialmente “protegidos”. Por ende, la obligación se extiende a todos los ecosistemas que cumplan con estas características y no solo a los establecidos por actos de autoridad. En el caso del literal e) la situación es la contraria, es decir, solo se incluye a los humedales declarados como parte de un área protegida por un acto de autoridad, excluyendo a aquellos humedales que carecen de dicho reconocimiento.

29. Como ya se ha señalado, el artículo 10 de la LBMA fue modificada por la Ley N° 21.202 sobre Humedales Urbanos, de enero de 2020. Una de las modificaciones más importantes en esta materia consistió en ampliar las tipologías establecidas en los literales p) y q) del artículo 10 de la LGBMA, y agregar una nueva tipología de ingreso al SEIA, a través de la incorporación del literal s) en el citado artículo. De esta forma, las tipologías establecidas en los literales p), q) y s) del artículo 10 de la LGBMA se consagran de la siguiente manera.

- a. Literal p): *“Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas, humedales urbanos o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita”.*
- b. Literal q): *“Aplicación masiva de productos químicos en áreas urbanas o zonas rurales próximas a centros poblados, humedales, o a cursos o masas de agua que puedan ser afectadas.”*
- c. Literal s): *“Ejecución de obras o actividades que puedan significar una alteración física o química a los componentes bióticos, a sus interacciones o a los flujos ecosistémicos de humedales que se encuentran total o parcialmente dentro del límite urbano, y que impliquen su relleno, drenaje, secado, extracción de caudales o de áridos, la alteración de la barra*

terminal, de la vegetación azonal hídrica y ripariana, la extracción de la cubierta vegetal de turberas o el deterioro, menoscabo, transformación o invasión de la flora y la fauna contenida dentro del humedal, indistintamente de su superficie.”

30. Adicionalmente, existen otros cuerpos normativos que también se insertan en la estructura base de la LBMA. Es el caso de la regulación relativa al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE), introducido en virtud de la **Ley N° 18.362**, que crea diversas categorías (v. gr. Reservas de Regiones Vírgenes, Parques Nacionales, Monumento Naturales y Reservas Nacionales). En paralelo, la **Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales** establece categorías de protección ambientales. En efecto, su art. 31 se refiere a los santuarios de la naturaleza, estableciendo una serie de restricciones y limitaciones en este caso.
31. Resulta también importante mencionar el Convenio relativo a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, que es un tratado internacional aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad de Ramsar (Irán), también conocido como **Convención Ramsar**, que entró en vigor en 1975. Concretamente, la Convención Ramsar establece la categoría protegida de humedal de importancia internacional, la que permite afectar un humedal para efectos de implementar políticas de conservación ambiental o de su uso razonable.

III. Regulaciones específicas

32. **Ley N° 21.202 sobre Protección de Humedales Urbanos** tiene por objeto, como señala su artículo 1°, *“proteger los humedales urbanos declarados por el Ministerio del Medio Ambiente, de oficio o a petición del municipio respectivo”*. De acuerdo con esta debe entenderse por humedal urbano a *“todas aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros y que se encuentren total o parcialmente dentro del límite urbano.”* Al respecto, se considera límite urbano a la línea imaginaria que delimita las áreas urbanas y de extensión urbana que conforman los centros poblados, diferenciándolos del resto del área comunal. Esta delimitación se establece en virtud del Plan Regulador Comunal, que es el instrumento de planificación territorial que contiene el conjunto de disposiciones sobre las condiciones de edificación, espacios urbanos y de comodidad, entre otras. La vía oficial para declarar a un ecosistema como humedal urbano es a través del Ministerio de Medio Ambiente, órgano que conoce a través de dos procedimientos: de oficio o a solicitud del municipio. El Ministerio del Medio Ambiente deberá pronunciarse dentro del plazo de seis meses respecto a la declaratoria, la que además deberá cumplir con criterios mínimos, que serán establecidos en el reglamento.
33. **El reglamento de la Ley N° 21.202** detalla los criterios mínimos para la sustentabilidad de los humedales urbanos, con el objeto de resguardar sus características ecológicas, su funcionamiento, y la mantención del régimen hidrológico, tanto superficial como subterráneo, integrando las dimensiones sociales, económicas y ambientales. De acuerdo con este, los criterios para la sustentabilidad son diez: conservación, protección y/o restauración de las características ecológicas del humedal (art 3 i); mantención de la conectividad biológica de los humedales urbanos (art 3 ii); mantención de la superficie de humedales urbanos (art 3 iii); mantención del régimen y

conectividad hidrológica de los humedales urbanos (art 3. b. i); enfoque de manejo integrado de recursos hídricos (art 3. b. ii); enfoque de desarrollo sustentable, integrando las dimensiones sociales, económicas y ambientales (art 3 c. i); integración de los humedales urbanos como infraestructura ecológica de las ciudades (art 3 c. ii); participación efectiva y gobernanza para la conservación y protección de humedales urbanos (art 4 i); gestión adaptativa y manejo activo del humedal (art 4 ii); educación ambiental, formación integral e investigación para la protección y conservación de humedales urbanos (art 4 iii). Del mismo modo, el reglamento establece el procedimiento de declaración y afectación. Una vez declarado el humedal urbano, el municipio deberá establecer en virtud de una ordenanza municipal, las condiciones para asegurar la conservación de estos ecosistemas ubicados dentro de los límites de su comuna, incorporando los criterios de sustentabilidad establecidos en el reglamento. Además, deberán ser incluidos en los planes reguladores como áreas de protección de valor natural.

34. En consecuencia, la Ley no prohíbe la construcción sobre humedales urbanos, sino que establece resguardos, especialmente mediante el SEIA. A partir de ello, se puede velar que todas las actividades que aquí se desarrollen cumplan con los criterios mínimos de sustentabilidad establecidos en el Reglamento, asegurando así la conservación de cada humedal urbano. Con este fin, la Ley introdujo una serie de modificaciones a otros cuerpos legales. Tales como incorporar a los humedales urbanos en la ley General de Urbanismo y Construcciones y en la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, donde agrega el sometimiento al SEIA de aquellos proyectos o actividades que se desarrollen en humedales urbanos o puedan afectarlos.
35. El SEA aclaró a través de un instructivo de fecha 17 de enero de 2022, la aplicación de los literales p) y s) del artículo 10 de la LBMA, para que los titulares identifiquen si su proyecto o actividad debe ingresar o no al SEIA. De acuerdo con el análisis desarrollado, el literal p) requiere necesariamente de la existencia de un acto formal de la autoridad competente; en el caso particular de los humedales urbanos, se trata de la resolución exenta del Ministerio del Medio Ambiente mediante la cual se reconoce como humedal urbano a un determinado ecosistema, de conformidad con el procedimiento establecido en los Títulos IV y V del reglamento de la Ley de Humedales Urbanos. De esta forma, y para determinar el ingreso al SEIA de un proyecto en virtud del literal p), sólo deberán ser consideradas las áreas que hayan sido colocadas bajo protección oficial a través dicha resolución.
36. Además, el literal p) necesariamente requiere que las obras, programas o actividades se ejecuten “en” las áreas colocadas bajo protección oficial, esto es, dentro del perímetro del humedal urbano, de conformidad con la superficie que comprende el área reconocida como tal en la declaratoria del Ministerio de Medio Ambiente.
37. Por otra parte, el alcance del literal s) presenta una mayor extensión: por un lado, estos ecosistemas no requieren de la declaratoria del Ministerio del Medio Ambiente para efectos de su calificación como humedal urbano y, por otro, las obras o acciones que se ejecuten y que puedan significar una alteración física o química -en los términos dispuestos en la norma- podrán encontrarse emplazadas tanto dentro como fuera del (de los) polígono (s) reconocido (s) como límite del respectivo humedal.
38. En consecuencia, el ingreso de un proyecto o actividad, o su modificación, podrá verificarse en virtud de uno u otro literal (ámbito de aplicación alternativo o autónomo) o en virtud de ambos (ámbito de aplicación superpuesto). Respecto del Humedal Urbano declarado:

- a. Obras, programas o actividades se encuentran localizadas dentro del perímetro del humedal urbano: ingreso al SEIA puede verificarse en virtud del literal p) y/o s), como tipología principal.
- b. Obras, programas o actividades se encuentran localizadas fuera del perímetro del humedal urbano: ingreso al SEIA sólo puede verificarse en virtud del literal s), como tipología principal.
- c. Obras, programas o actividades se encuentran ubicadas dentro y fuera del perímetro del humedal urbano: ingreso al SEIA puede verificarse en virtud del literal p) como tipología principal; no obstante, respecto de aquellas obras, programas o actividades que se ejecuten fuera del perímetro, el ingreso al SEIA puede verificarse en virtud del literal s), como tipología secundaria.

Humedal urbano no declarado: el ingreso del proyecto o actividad, o su modificación, al SEIA sólo puede verificarse en virtud del literal s), como tipología principal.

39. **La Ordenanza de Protección de Humedales de la Comuna de Valdivia** tiene por objeto complementar la regulación sobre protección, preservación, conservación y uso racional de los humedales urbanos ubicados total o parcialmente dentro de los límites urbanos de la comuna, estableciendo criterios que permitan dicha protección en conformidad a la normativa ambiental vigente. Esta ordenanza se encuentra en armonía con las disposiciones del Plan Regulador Comunal de Valdivia, dando cumplimiento con ello, a lo establecido en el inciso 3 del artículo 60 de la LGUC. Sin perjuicio de lo anterior, la ordenanza señala que podrá ser aplicada para la protección de humedales con procedimientos de declaración pendientes, humedales rurales y cauces que constituyan Bienes Nacionales de uso Público en tanto estos ecosistemas se ajusten a la definición de Humedal dada por la Convención Ramsar. Ello siempre que se respete el marco regulatorio de los humedales reconocidos como urbanos, de acuerdo con la Ley N°21.202 y así también, siempre respetando los restantes regímenes de reconocimiento oficial de humedales protegidos que establece la legislación vigente.
40. Las disposiciones generales y criterios de sustentabilidad regulados en la ordenanza son armónicos con el reglamento de la Ley de Humedales Urbanos. En cuanto a las innovaciones, se establece un Plan Estratégico Comunal de Humedales, que será el principal instrumento de planificación para la conservación y gestión comunal de humedales, elaborado por la Municipalidad en conjunto al Comité Comunal de Humedales el cual será creado con esta ordenanza. En el artículo 14 la ordenanza señala que los propietarios o titulares que desarrollen proyectos y actividades que impliquen intervenciones en humedales, deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, sobre todo, aquellas actividades tipificadas en los literales p) y s) del artículo 10 de la Ley N° 19.300, modificada por la Ley N° 21.202.
41. La ordenanza en su artículo 17 determina cuales son las acciones o actividades se encuentran prohibidas sobre los humedales, pues son incompatibles con la protección y conservación de estos, y suponen un peligro actual o potencial para el humedal o para cualquiera de sus elementos, componentes o valores. En lo pertinente a este informe se pueden mencionar los siguientes criterios y categorías:

Hidrología:

- Las actividades que directa o indirectamente puedan producir la desecación, inundación o la alteración hidrológica del humedal y, en general, las actividades humanas orientadas a interrumpir los ciclos naturales (biológicos, hidrológicos, biogeoquímicos, etc.) de los ecosistemas del humedal.
- La modificación del régimen hidrológico o hidrogeológico y composición de las aguas, así como la alteración de sus cursos.
- Las modificaciones de la cubeta y de las características morfológicas del humedal, el relleno del humedal con tierra, materiales, desechos de escarpe o residuos, la construcción de obras de drenaje del humedal, así como la extracción de materiales y la alteración topográfica de su zona de amortiguación.
- La extracción de áridos asociados al humedal.
- Los vertidos sólidos y líquidos de cualquier naturaleza que afecten de forma negativa, directa o indirectamente, a la calidad de las aguas superficiales o subterráneas que alimentan y mantienen el funcionamiento del humedal.

Biodiversidad:

- La eliminación o deterioro de la vegetación presente en el espacio formado por el espejo de agua o superficie encharcada en su máximo nivel habitual, incluido el cinturón de vegetación asociado a aquella, exceptuando las actividades de manejo de hábitat o actividades de control de especies exóticas y/o invasoras.
- Cortar árboles, arbustos o cualquier tipo de vegetación y, en general, llevar a cabo acciones que afecten el entorno ecológico del área circundante, sin contar previamente con la autorización del municipio o de otro órgano sectorial competente para dichos efectos.
- Las prohibiciones relacionadas con la contaminación lumínica, en particular la intensidad luminosa y radiancia espectral se regirán de acuerdo a la legislación vigente.

Contaminantes, Aseo y Ornato:

- Disposición de desechos sólidos, basura, escombros de construcción, desechos de escarpe, desechos de poda, mantención de jardines y limpieza de las calles.
- Acumulación de materiales en zonas que, por efecto de aguas lluvias o movimientos de tierras, puedan ser arrastrados dentro del humedal.
- El establecimiento de propiedades ribereñas como depósito, almacenamiento y botadero de escombros.
-

Edificación V urbanización:

- En los humedales urbanos y en sus zonas de amortiguación se restringirán todas aquellas obras que no resulten compatibles con su conservación, disfrute y protección, tanto de la hidrología como de su biodiversidad.
- Movimientos de tierra y rellenos que no estén asociados a permisos de edificación y/o urbanización debidamente obtenidos y vigentes.
- La publicidad exterior o cualquier otra alteración del paisaje, y la colocación de carteles

publicitarios, salvo los precisos para las señalizaciones de información o interpretación del humedal, los que deberán ceñirse por el manual de buenas prácticas en humedales urbanos del municipio y el de señaléticas del departamento de Turismo Municipal.

42. Excepcionalmente, y sin que implique menoscabo al humedal, el municipio cuando lo faculte la legislación ambiental vigente, podrá autorizar alguna de las actividades previamente enumeradas de forma fundada fijando las condiciones, épocas, lugar y modo de realizarlas.
43. El artículo 18 de la Ordenanza señala las obligaciones especiales en materia de urbanización y de restauración. Toda obra que se ejecute en un predio adyacente a un humedal y/o a su zona de amortiguación, deberá respetar lo establecido en el artículo 28 de la Ordenanza Local del Plan Regulador Comunal de Valdivia.
44. Toda persona natural o jurídica que, ejecutando alguna de las conductas prohibidas en esta Ordenanza, genere un daño o detrimento en la calidad o composición de un humedal, deberá restaurar a su costo dicho sistema ecológico, en el más breve plazo o según lo determine el juez o la autoridad competente. Lo anterior, sin perjuicio del derecho que asiste al Fisco y a las Municipalidades de demandar la reparación del daño ambiental generado. La fiscalización de esta ordenanza corresponderá principalmente a la unidad de inspección municipal, y a Carabineros, quienes deberán denunciar las infracciones a la Ordenanza al Juzgado de Policía Local. En cuanto a las sanciones, las infracciones a las normas de esta Ordenanza serán denunciadas al Juzgado de Policía Local y serán sancionadas con multas de entre 3 a 5 U.T.M. de conformidad al Artículo 12 de la Ley N° 18.695. En caso de reincidencia, se aplicará el máximo disponible de 5 UTM. Todo ello, sin perjuicio de las competencias o facultades que en esta materia tengan los servicios públicos competentes en el ejercicio de sus funciones, los Tribunales Ambientales y la Superintendencia del Medio Ambiente. También, a requerimiento del Comité, la municipalidad podrá iniciar acciones judiciales penales, civiles o ambientales de acuerdo con lo establecido en la ley.

Especificidades de los humedales estuariales de los ríos Cayumapu y Chorocamayo

45. Los humedales estuariales de los ríos Chorocamayo y Cayumapu se localizan al norte de la ciudad de Valdivia y forman parte del humedal del Río cruces y sus ríos tributarios. Esta última circunstancia determina de manera importante el régimen jurídico aplicable en ambos casos. En términos históricos este humedal se origina a consecuencia del terremoto de Valdivia de 1960, que ocasionó el hundimiento y anegamiento de terrenos anteriormente cultivables. Este humedal ha recibido protección oficial a través de dos vías: su declaración como Santuario de la Naturaleza y su designación como humedal de importancia internacional (v gr. Sitio Ramsar). Las actuales amenazas existentes para este humedal son: (a) Introducción de especies exóticas, (b) deforestación de bosque nativo, (c) aumento de áreas de plantaciones forestal, (d) aumento de erosión de suelos y sedimentación del humedal, (e) contaminación de las aguas, (f) falta de ordenamiento territorial y (g) falta de manejo integrado de cuencas.
46. Es necesario aclarar que de los dos humedales estuariales anteriormente mencionados (punto 45), solo el del río Chorocamayo se encuentra totalmente dentro de las señaladas áreas protegidas. Sin embargo y para el caso del río Cayumapu, es necesario concluir que, a consecuencia de la aplicación

de las reglas de la LBMA, igualmente la protección de sus disposiciones se hace extensible a este, así como al del río Chorocamayo. Existen varias razones que respaldan esta conclusión.

- a. El proyecto podría ingresar al SEIA, por el literal a) del art. 10, en la parte en que se refiere a instalación de presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas.

En el caso de los humedales, de acuerdo con el art 3° del Reglamento del SEIA reglamento, se entenderá que estos proyectos o actividades son significativos cuando se trate de cuerpos naturales de aguas superficiales tales como lagos, lagunas, pantanos, marismas, vegas, albuferas, humedales o bofedales, exceptuándose los identificados en los literales anteriores, cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea igual o superior a treinta hectáreas (30 ha), tratándose de las Regiones situadas entre la del Bío Bío a la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

- b. El proyecto adicionalmente podría ingresar al SEIA, por el literal e) del art. 10, esto es: *“Aeropuertos, terminales de buses, camiones y ferrocarriles, vías férreas, estaciones de servicio, autopistas y los caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas”*.

En este caso se entenderá por áreas protegidas cualesquiera porciones de territorio, delimitadas geográficamente y establecidas mediante un acto administrativo de autoridad competente, colocadas bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental. Se entenderá por humedales protegidos aquellos ecosistemas acuáticos incluidos en la Lista a que se refiere la Convención Relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, promulgada mediante Decreto Supremo N° 771, de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores.

- c. El proyecto también podría ingresar al SEIA, por el literal p) del art. 10, esto es: *“Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas, humedales urbanos o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita”*
- d. El proyecto podría igualmente ingresar al SEIA, por el literal q) del art. 10, esto es: *“Aplicación masiva de productos químicos en áreas urbanas o zonas rurales próximas a centros poblados, humedales, o a cursos o masas de agua que puedan ser afectadas”*.

Se entenderá por aplicación masiva los planes y programas destinados a prevenir la aparición o brote de plagas o pestes, así como también aquellos planes y programas operacionales destinados a erradicar la presencia de plagas cuarentenarias ante emergencias fitosanitarias o zoonosanitarias, que se efectúen por vía aérea sobre una superficie igual o superior a mil hectáreas (1.000 há). Asimismo, se entenderá que las aplicaciones en zonas rurales son próximas cuando se realicen a una distancia inferior a cinco kilómetros (5 Km) de centros poblados o a cursos o masas de aguas

47. Una segunda consideración relevante a este respecto tiene relación con el tipo de instrumento específico que se debe utilizar. En este caso, el proyecto debería ser evaluado en virtud de un EIA, debido a que eventualmente pudiese generar, a lo menos, uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- a. Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire (Art 11, letra b) LBMA);

- b. Localización próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares y áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica, susceptibles de ser afectados, así como afectación del valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar (Art 11, letra d) LBMA);
 - c. Producción de una alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona (Art 11, letra d) LBMA),
 - d. Producción de una alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural (Art 11, letra f) LBMA).
48. También es necesario considerar lo dispuesto por el art. 11 bis de la LBMA, que establece que los proponentes no podrán, a sabiendas, fraccionar sus proyectos o actividades con el objeto de variar el instrumento de evaluación o de eludir el ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Será competencia de la Superintendencia del Medio Ambiente determinar la infracción a esta obligación y requerir al proponente, previo informe del Servicio de Evaluación Ambiental, para ingresar adecuadamente al sistema. Este dato es sumamente relevante, puesto que, si el proyecto se sitúa parcialmente dentro de alguna de las causales del art. 10 para ingresar al SEIA o existe algunas de las circunstancias del art. 11 para la realización de un EIA, dicha calidad afecta a la totalidad del proyecto.
49. A mayor abundamiento, en este caso es también necesario relevar la circunstancia de que debe seguirse el máximo estándar de cuidado en el caso de estos humedales también está asociada a la forma como el sistema define el concepto de impacto ambiental. El art. 2° k) de la LBMA define impacto ambiental, como: *“la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada”*. Este impacto ambiental está determinado por la línea de base del proyecto, el que de acuerdo con el literal l) de la misma ley, corresponde *“la descripción detallada del área de influencia de un proyecto o actividad, en forma previa a su ejecución”*. Es por ello es que en la letra p) del Reglamento se impone a los titulares de proyectos que deben presentar un EIA la necesidad de dar cuenta de la diversidad biológica presente en el área de influencia del proyecto o actividad, y su capacidad de regeneración. En el mismo sentido el art. 11 del mismo reglamento prescribe que: *“A objeto de evaluar si el proyecto o actividad, respecto a su área de influencia, genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural, se considerará: a) la proximidad a algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley 17.288; b) la magnitud en que se remueva, destruya, excave, traslade, deteriore o se modifique en forma permanente algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley 17.288”*, entre otros factores.
50. De acuerdo con el Plan de Manejo del Santuario de la Naturaleza, se definió como la zona de influencia el territorio comprendido por las cuencas que afectan el humedal, entre las cuales se encuentran los ríos y humedales Cayumapu y Chorocamayo (CONAF, 2019), lo que obliga a todo proyecto que intervenga los señalados humedales a someterse al SEIA a través de un EIA.

Especificidades de los humedales Santo Domingo y laguna Llancahue

51. En Valdivia solo existen cinco humedales urbanos oficialmente declarados por el Ministerio de Medio Ambiente, dentro de los cuales no se encuentra el Humedal Santo Domingo. Este Humedal se sitúa fuera del área urbana según el plan regulador de Valdivia vigente, que fue modificado en

mayo 2019. En este sentido, si bien la Ley de Humedales Urbanos no es aplicable en principio, sí lo es la LBMA, el reglamento del SEA y la LGUC para desarrollar cualquier tipo de proyecto, actividad o su modificación en el humedal rural.

52. De esta forma, para realizar obras fuera del límite urbano se debe aplicar, en primer lugar, el artículo 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcción: *“Fuera de los límites urbanos establecidos en los Planes Reguladores no será permitido abrir calles, subdividir para formar poblaciones, ni levantar construcciones, salvo aquellas que fueren necesarias para la explotación agrícola del inmueble, o para las viviendas del propietario del mismo y sus trabajadores, o para la construcción de conjuntos habitacionales de viviendas sociales o de viviendas de hasta un valor de 1.000 unidades de fomento, que cuenten con los requisitos para obtener el subsidio del Estado. Corresponderá a la Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo respectiva cautelar que las subdivisiones y construcciones en terrenos rurales, con fines ajenos a la agricultura, no originen nuevos núcleos urbanos al margen de la Planificación urbana intercomunal. Con dicho objeto, cuando sea necesario subdividir y urbanizar terrenos rurales para complementar alguna actividad industrial con viviendas, dotar de equipamiento a algún sector rural, o habilitar un balneario o campamento turístico, o para la construcción de conjuntos habitacionales de viviendas sociales o de viviendas de hasta un valor de 1.000 unidades de fomento, que cuenten con los requisitos para obtener el subsidio del Estado, la autorización que otorgue la Secretaría Regional del Ministerio de Agricultura requerirá del informe previo favorable de la Secretaría Regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Este informe señalará el grado de urbanización que deberá tener esa división predial, conforme a lo que establezca la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Igualmente, las construcciones industriales, de infraestructura, de equipamiento, turismo, y poblaciones, fuera de los límites urbanos, requerirán, previamente a la aprobación correspondiente de la Dirección de Obras Municipales, del informe favorable de la Secretaría Regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y del Servicio Agrícola que correspondan. El mismo informe será exigible a las obras de infraestructura de transporte, sanitaria y energética que ejecute el Estado.*

53. En segundo lugar, de igual forma el proyecto, actividad o modificación que se ejecute en el humedal rural debe ingresar al SEIA a través de un EIA en aplicación del artículo 10 Literal q) de la LBMA: *“Aplicación masiva de productos químicos en áreas urbanas o zonas rurales próximas a centros poblados, humedales, o a cursos o masas de agua que puedan ser afectadas.”* El que, incluso, podría ser considerado como significativo en virtud de los literales b) y e) del artículo 11 de la misma ley.

54. Por lo tanto, los documentos requeridos para proyectos ubicados en zonas rurales son:

- Permiso de edificación
- Resolución de Calificación Ambiental, cuando se trate de un proyecto nuevo y requiera someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, según el Art. 3 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Informe Favorable para la Construcción (IFC) que otorga el permiso sectorial para instalar y/o edificar construcciones ajenas a la agricultura en el sector rural. Este permiso involucra sólo a las nuevas construcciones, con o sin subdivisión, según lo señalados por el Artículo 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. (Ministerio de Agricultura emite la autorización).

55. El IFC es un permiso sectorial que se debe tramitar en la Seremi de agricultura para instalar y/o edificar construcciones ajenas a la agricultura en el sector rural, para las cuales se debe solicitar el cambio de uso de suelo (de uso para la agricultura a uso de obras y edificación). La solicitud se debe dirigir al Seremi de Agricultura, indicando expresamente que el proyecto cumple con lo establecido en el Art 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y/o con los usos permitidos en las diferentes Áreas definidas por el Plan Regulador Intercomunales. Además, debe identificar o individualizar el proyecto de construcción o construcción con subdivisión predial y estar firmada por el propietario y/o su representante, los que también deben individualizarse.
56. Por último, si bien en principio no puede ser aplicada la ley de Humedales Urbanos y su reglamento para este caso, en virtud de la Ordenanza Municipal de Protección de los Humedales, que extiende su ámbito de aplicación a los humedales rurales y cauces que constituyan ecosistemas, el proyecto que se desarrolle sobre un humedal rural debe estar en conformidad los criterios de sustentabilidad mínimos de la Ley de Humedales Urbanos pues estos son la base de los criterios particulares introducidos por la Ordenanza. En conformidad a ello debe asegurarse de igual forma la mantención del ecosistema y su biodiversidad. Este último factor es relevante porque si es posible determinar dicha continuidad ecosistémica con el humedal Angachilla – que sí es un humedal urbano declarado en conformidad con la Ley N° 21.202- se encontraría dentro del área de influencia de este último. De acreditarse dicha circunstancia, debería aplicarse un estándar similar de cautela que en el caso de los humedales Cayumapu y Chorocamayo.

Humedal Llancahue

57. El Humedal Llancahue cuenta con la particularidad de encontrarse en el área periurbana de la ciudad de Valdivia, además, se encuentra cercano al Bien Nacional Protegido Fundo Llancahue. En efecto, el humedal Llancahue ha sido declarado Santuario de la Naturaleza, en virtud del DS 29 del Ministerio de Medio Ambiente, de 16 de mayo de 2022. Por lo que debe aplicarse el mismo razonamiento utilizado para el santuario del río cruces, protegido por la Ley de Monumentos Nacionales y por toda la legislación antes revisada.

Referencias

- Amstein, S. (2016). Los humedales y su protección jurídica en Chile, Tesis para optar al grado de Licenciada en Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Chile. Inedit.
- Antiao, M. (2013). Legislación aplicable a los Humedales en Chile: Análisis crítico de su protección en la normativa vigente. Valdivia: Inédito.
- Bordalí, A. (1998). La función social como delimitación interna e inherente del derecho de propiedad y la conservación del patrimonio ambiental. Revista de Derecho, N° Especial, , 153-172.
- Castellanos, C. (2001). Los ecosistemas de humedales en Colombia. Revista Luna Azul (On Line), 13, 1.
- CONAF. (2019). Plan de Manejo Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo. Sitio Ramsar Carlos Andwanter.

- Davis T.J., B. D. (1996). Manual de la Convención Ramsar: Una guía a la convención sobre los Humedales de Importancia Internacional. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, España, (1996).
- Espinoza, G. (2001). Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. . Santiago: Banco Interamericano De Desarrollo–Bid. Centro De Estudios Para El Desarrollo–Ced Santiago–Chile.
- Gamberini, V. C. (2019). Aportes y desafíos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) a la conservación de la biodiversidad en Chile. . Investigaciones Geográficas (España), (72), 9-29.
- Hauenstein E., G. M.-C. (2005). Diversidad vegetal en humedales costeros de la Región de la Araucanía. Recuperado el 28 de Sep. de 2022, de www.ceachile.cl/publicaciones/2005.%20Flora%20humedales%20Hauenstein%20et%20al.pdf
- López Portillo, J. A. (2010). Humedales. En c. E. Florescano y J. Ortiz E., Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz. Tomo 1 (págs. 227-248). Comisión del Estado de Veracruz para la conmemoración de la independencia nacional y la revolución Mexicana.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar I. 2005. Estimación y monitoreo de los peces como indicadores del uso sostenible del agua en cuencas hidrológicas. Revista Digital Universitaria UNAM, México DF, vol 6, p 14.
- Aquambiente Ltda. (anónimo). 2007. Estudios Físicos en Estuarios de Chile para Elaboración de Normas de calidad Ambiental. Estudio encargado por la Dirección de Intereses marítimos y medio ambiente acuático DGTM y MM-Armada de Chile. 50 pp.
- Addino, M.S., D. I. Montemayor, M. Escapa, M. F. Alvarez, M. S. Valiñas, B. J. Lomovasky & O. Iribarne. 2015. Effect of *Spartina alterniflora* Loisel, 1807 on Growth of the Stout Razor Clam *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786) in a SW Atlantic Estuary. J. Exp. Mar. Bio. Ecol. (463): 135 – 142.
- Bagdanaviciute, I., L. Kelpsaite & Soomere T. 2015. Multi-criteria evaluation approach to coastal vulnerability index development in micro-tidal low-lying areas. Ocean & Coastal Management 104: 124 – 135.
- Baillie, J.E.M., Hilton-Taylor, C. and Stuart, S.N. (Editors) 2004. IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xxiv +191 pp.
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C., Silliman, B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecol. Monogr. 81 (2), 169-193.
- Barría. 2018. Una pequeña historia del Humedal Angachilla. Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio. Chile.

- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2021. Resolución 1337 Exenta “Reconoce de oficio humedal urbano Angachilla, estero Catrico”, Ministerio del Medio Ambiente. Chile. Disponible en [<http://bcn.cl/2uc0n>].
- Boulton A. 1999. An overview of river health assessment: philosophies, practice, problems and prognosis. *Freshwater Biology* 41(2):469-479.
- Booij, N., Ris, C., Holthuijsen, L.H., 1999. A third-generation wave model for coastal regions: model description and validation. *JGR Oceans* 104 C4, 7649–7666.
- Camaño, A., & Fariña, J.M. 2012. Humedales costeros: Aportes científicos a su gestión sustentable. Ediciones UC. Chile.
- CONAF. 2019. Plan de Manejo: Monumento Nacional Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter. Valdivia, Chile.
- CONAF. 2021. Informe Monitoreo de Avifauna: 5 julio 2021. Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo, Sitio Ramsar Carlos Anwandter. Valdivia, Chile.
- CONAF & Universidad De Chile. 2016. Manual para el establecimiento de programas de monitoreo en humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile. Zamorano, C.; de la Maza, M.; y López, M. (editores). Santiago, Chile. 134 p.
- Correa, C, Donoso J.P. Ortiz, J.C. 2016. Estado de conocimiento y conservación de los anfibios de Chile: una síntesis de los últimos 10 años de investigación. *Gayana* 80(1): 103- 124.
- Cowx IG, Collares-Pereira MJ. 2002. Freshwater fish conservation: options for the future. *Conservation of Freshwater Fishes: Options for the Future* 443-452.
- Delgado, L. E., Tironi-Silva A., & Marín, V. H. 2019. Sistemas socio-ecológicos y servicios ecosistémicos: modelos conceptuales para el Humedal del Río Cruces (Valdivia, Chile). *Naturaleza en sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad*, 177-205.
- Diario Oficial de la República de Chile. 2022. Declara Santuario de la Naturaleza humedales de Angachilla. Normas Generales: CVE 2091804. Núm. 43.188. Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Chile.
- Dirección General de Aguas (DGA) – Chile. (Anónimo). Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. “Cuenca del Río Valdivia”. Diciembre 2004. 125 pp.
- Fagherazzi, S., D. M. FitzGerald, R. W. Fulweiler, Z. Hughes, P. L. Wiberg, K. J. McGlathery, J. T. Morris, T. J. Tolhurst, L. A. Deegan & D. S. Johnson. 2013. *Ecogeomorphology of Tidal Flats, Treatise on Geomorphology*. Elsevier Ltd. 200 pp.
- Folk, R.L. 1980. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, USA: 182 pp.
- FORECOS. 2019. La ruta de los humedales. Fondo de Protección Ambiental, MMA. Valdivia, Chile.
- Formas J. 1995. Anfibios. Pp. 314-325. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno y E

- Lozada(eds), Diversidad Biológica de Chile. CONICYT, Santiago, Chile.
- Garcés-Vargas, J., M. Ruiz, L. M. Pardo, S. Nuñez, I. Pérez-Santos. 2013. Hydrographic Features of Valdivia River Estuary south-central Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* (41): 113–125.
 - García, L., 2003. Indicadores Técnicos y evaluación de la influencia del uso de la tierra en la calidad del agua, subcuenca del Río Tascalapa Yoro., Honduras, CR: s.n.
 - Glade AA. 1988. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal (CONAF), Santiago. 65 pp.
 - Grant E, Miller D, Schmidt B et al. 2016. Quantitative evidence for the effects of multiple drivers on continental-scale amphibian declines. *Scientific Report* 6, 25625 <https://doi.org/10.1038/srep25625>.
 - Hauenstein, B. E., & Ramírez, C. (1986). The influence of salinity on the distribution of *Egeria densa* in the Valdivia River basin, Chile. *Archiv fur Hydrobiologie*. Stuttgart, 107(4), 511-519.
 - Heiselman, M. L., 1963. Forest sites, bog processes and peatland types in the glacial Lake Agassiz region, Minnesota, *Ecol. Monogr.*, 33, 327.
 - Hopkins, W.A. 2007. Amphibians as Models for Studying Environmental Change *ILAR Journal*, Volume 48, Issue 3, 2007, Pages 270–277, <https://doi.org/10.1093/ilar.48.3.270>.
 - Instituto de Asuntos Públicos. 2017. Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile, 1999-2015. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile. I.S.B.N 978-956-19-0994-6.
 - IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on 13/03/2022.
 - Jaramillo, E., Duarte, C., Labra, F., Lagos, N., Peruzzo, B., Silva, R., Velasquez, C., Manzano, M., Melnick, D. Resilience of an aquatic macrophyte to an anthropogenically induced environmental stressor in a Ramsar wetland of southern Chile. *Ambio*, <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1071-6>
 - Jennings, A.E., A. R. Nelson, D. B. Scott & J. C. Aravena. 1995. Marsh Foraminiferal Assemblages in the Valdivia Estuary, south-central Chile, Relative to Vascular Plants and Sea Level. *J. Coast. Res.* (11): 107 – 123.
 - Koh, C.H. & Khim, J.S. 2014. The Korean tidal flat of the Yellow Sea: Physical setting, ecosystem and management. *Ocean & Coastal Management*. 102:398 – 414.
 - Kueneman, J.G., et al., 2019. Community richness of amphibian skin bacteria correlates with bioclimate at the global scale. *Nature Ecology and Evolution*. 3(3):381-389. doi: 10.1038/s41559-019-0798-1.
 - Lagos, N. A., Paolini, P., Jaramillo, E., Lovengreen, C., Duarte, C., & Contreras, H. 2008. Environmental processes, water quality degradation, and decline of waterbird populations in the Rio Cruces wetland, Chile. *Wetlands*, 28(4), 938-950.
 - Mcdowall RM, Taylor MJ. 2000. Environmental indicators of habitat quality in a migratory freshwater fish fauna. *Environmental Management* 25(4):357-374.
 - Mitsch, W.J., & Gosselink, J.G. 2007. *Wetlands*. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc.,

NewYork,USA.

- Méndez, MA, Soto, ER, Torres-Pérez F & Veloso A. 2005. Anfibios y reptiles de la Cordillera de la Costa (X Región, Chile). En: Smith-Ramírez, C, JJ Armesto & C Valdovinos (Eds) Historia,Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile, pp. 441-451. Editorial Universitaria, Santiago.
- Miththapala S. 2013. Tidal flats. Coastal Ecosystems Series. Colombo, Sri Lanka: IUCN. Vol. 5. pp. 48.
- Nairn, R. B., Lu, Q., Fournier, C. P., & Pantoja, C. 2009. Three-dimensional hydrodynamic numerical modelling of the Cruces River and the Carlos Anwandter Sanctuary, Valdivia, Chile. In Proceedings, 8th International Pre desiccation Post desiccation 0.0 0.2 0.4 0.6 Chlorate Control Conference on Hidroinformatics, Concepción, Chile (pp. 1048-1056).
- Nuñez, JJ, Olivares, AP, González NI & Contreras C. 2019. Anfibios de la Cordillera de la Costavaldiviana: diversidad, vulnerabilidad y estrategias de conservación. En: Smith-Ramírez, C & FA Squeo (Eds) Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile, pp. 125-136. Editorial Universidad de Los Lagos, Osorno.
- Nuñez, JJ, Ordóñez V Vera-Sovier, V. 2021. Fauna de la cuenca de Llancahue. In book: Historia natural, servicios ecosistémicos y perspectivas de desarrollo de la Cuenca de Llancahue, Valdivia, Chile.
- Oberdorff T, Pont D, Hugueny B, Porcher JP. 2002. Development and validation of a fish- based index for the assessment of 'river health' in France. *Freshwater Biology* 47(9):1720- 1734.
- Oikonos-ROC-OPCC, 2022. Guía para una Iluminación Amigable con Aves Marinas en Chile.
- Ortiz, J. C.; Heatwole, H. 2010. Status of conservation and decline of the amphibians of Chile. pp. 20-29. En: Heatwole, H.; Barrio-Amorós, C. L. (eds) *Amphibian Biology, Volume 9: Status of decline, Western Hemisphere. Part I: Paraguay, Chile and Argentina*: Surrey Beatty & Sons Pty Ltd, Chipping Norton, Australia.
- OMS, 1998. Guías para la Calidad del Agua Potable, Ginebra, Suiza: s.n.
- Paller M, Reichert M, Dean J, Seigle J. 2000. Use of fish community data to evaluate restoration success of a riparian stream. *Ecological Engineering* 15: S171-S187.
- Pino M., 1994. Geomorfología, sedimentología y dinámica de la circulación en estuarios micromareales del centro sur de Chile. Resumen XIV Jornadas de Ciencias del Mar, Puerto Montt, Chile: 106-107.
- Pino, M. 2008. Determinación de la Posición de la Cabecera del Estuario del Río Cruces, Región de los Ríos, Chile. Informe inédito para CONAMA. 14 pp.
- Perillo, G. 2003. Dinámica del transporte de sedimentos. © MMIII Asociación Argentina deSedimentología. Argentina. 201 pp.
- Pérez-Olmedilla, M., Sanchez-Carrillo, S., & Rojo, C. 2001. Función depuradora de los humedales II: una revisión bibliográfica sobre el papel del sedimento. *Humedales mediterraneos*, 1, 123-130.
- Pethick, J. S. 1984. An Introduction to Coastal Geomorphology – Dept. of Geography,

- University of Hull. 260 pp.
- Rabanal, FE Nuñez JJ. 2012. Discovery of a new population of the Critically Endangered frog *Insuetophrynus acarpicus* Barrio, 1970 (Anura: Cycloramphidae): Latitudinal and altitudinal extension in the Valdivian Coastal Range, Southern Chile. *Check List* 8(4): 810-812.
 - Ramírez, C. & M. Álvarez. 2012. Flora y vegetación hidrófila de los humedales costeros de Chile. En: J.M. Fariña & A. Camaño (eds.), *Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 101-145.
 - Ramírez, C., & San Martín, C. 2006. Diversidad de macrófitos chilenos. En: Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R., & Ramírez C. *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 21-61.
 - Ramsar Convention. 1971: Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitats de Aves Acuáticas. Ramsar (Irán), 2 de febrero de 1971.
 - Rodríguez, R. & B. Fica. 2020. *Guía de Campo Plantas Vasculares Acuáticas en Chile*. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile. 216 pp.
 - Sanders, H. L. 1958. Benthic Studies in Buzzards Bay. *Animal-Sediment Relationships I. Limnol. Oceanogr.* (3): 245 – 258.
 - Scott MC, Hall Jr LW. 1997. Fish assemblages as indicators of environmental degradation in Maryland coastal plain streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 126(3):349-360.
 - Schlatter, R. & Sielfeld, W. 2006. Avifauna y mamíferos acuáticos de humedales en Chile. En: Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R., & Ramírez C. *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
 - Sendra, J. 1992. *Sistemas de Información Geográfica*, Madrid, España: Rialp S.A.
 - Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2015. *La Ley de Caza y su reglamento*. XVI Edición: agosto de 2015. Disponible en: https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/ley_de_caza_y_su_reglamento_2015.pdf.
 - Servicio de Evaluación Ambiental GUÍA PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS POR RUIDO Y VIBRACIÓN EN EL SEIA. 2019. Artículo 11 de la Ley 19.300
 - Snelgrove, P. V. R & C. A. Butman. 1994. Animal Sediment Relationships Revisited - Cause Versus Effect. *Oceanogr. Mar. Biol., Annu. Rev.* (32): 111 – 177.
 - Soto-Galera E, Díaz-Pardo E, López-López E, Lyons J. 1998. Fish as indicators of environmental quality in the Río Lerma Basin, México. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 1(3-4):267-276.
 - Tironi-Silva, A., Marín, V. H., & Delgado, L. E. 2014. Un modelo Hidrodinámico 3D del humedal del Río Cruces: cálculo del tiempo de residencia utilizando MOHID. *Aqua-LAC*, 6(2), 50-57.
 - UACH. 2015. *Informe Final Programa de Diagnóstico Ambiental del Humedal del Río*

- Cruces y sus ríos tributarios: 2015-2020. Informe Final. Convenio Arauco y Constitución S. A. y Universidad Austral de Chile. 1518 pp.
- UACH. 2019. Informe Final Catastro de los humedales urbanos de Valdivia.
 - UACH. 2020. Programa de Monitoreo Ambiental Actualizado del Humedal del Río Cruces y sus ríos tributarios: 2015-2020. Convenio Arauco y Constitución S. A. y Universidad Austral de Chile. 992 pp.
 - Vandenbruwaene, W., C. Schwarz, T. J. Bouma, P. Meire & S. Temmerman. 2015. Landscape-scale Flow Patterns Over a Vegetated Tidal Marsh and an Unvegetated Tidal Flat: Implications for the Landform Properties of the Intertidal Floodplain. *Geomorphology*. (231)40–52.
 - Velázquez-Velázquez E, Vega-Cendejas ME. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas* 57:12-15.
 - Victoriano, P. F., González, A. L., & Schlatter, R. 2006. Estado de conocimiento de las aves de aguas continentales de Chile. *Gayana (Concepción)*, 70(1), 140-162.
 - Vidal, MA & Labra, LA. 2008. *Herpetología de Chile*. Chile: Science Verlag.
 - Wolanski, E. 2007. *Estuarine Ecohydrology*. Elsevier. 155 pp.
 - Weller M. 1999. *Wetland Birds, hábitat resources and conservation implications*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 271 pp.
 - WCS CHILE. 2019. Chile, país de humedales: 40 mil reservas de vida. 160-165.
 - Wichert G, Rapport D. 1998. Fish community structure as a measure of degradation and rehabilitation of riparian systems in an agricultural drainage basin. *Environmental Management* 22(3):425-443
 - Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., & Wei, L. 2021. World's forgotten fishes vital for hundreds of millions of people but one-third face extinction, warns new report.

10. EQUIPO DE TRABAJO

- **Universidad de Austral de Chile**

Dr. Eduardo Jaramillo Lopetegui, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias. Investigador Responsable del Estudio.

Dr. Daniel Melnick d'Étigny, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias. Cambios en elevación del terreno por ciclo sísmico.

Dr. José Nuñez Navarro, Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias. Herpetofauna.

Dr. Mario Manzano Castillo, asociado al equipo de trabajo de E. Jaramillo. SST, sedimentos submareales e ictiofauna.

MSc. Gabriela Biscarra Alvarado, asociado al “Bird Ecology Lab”, Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias.

MSc. Marcia González Zapata, asociada al equipo de trabajo de E. Jaramillo. Asistente de laboratorio (SST) y administración del estudio.

Biól. Mar. César Barrales Acuña, asociado al equipo de trabajo de E. Jaramillo. Logística de terreno y laboratorio (ictiofauna).

Biól. Mar. Felipe Navarro Grob, asociado al equipo de trabajo de E. Jaramillo. Análisis texturales y granulométricos de sedimentos submareales.

Dr. Felipe Paredes Paredes, Instituto de Derecho Público. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales (análisis de normativas legales relacionadas a humedales).

Abog. Catalina Quiroz Vidal, Instituto de Derecho Público. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales (análisis de normativas legales relacionadas a humedales).

Periodista Felipe Leiva, revisión de artículos de prensa.

Médico Veterinario, Paula Marín Vial, Centro de Educación Continua. Edición de informes.

- **Universidad de Concepción**

Dr. Marcos Moreno Switt, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físico - Matemáticas. Cambios en elevación del terreno por ciclo sísmico.

- **Universidad de Valparaíso**

Dr © Manuel Contreras López, Universidad de Valparaíso. Variabilidad mareal.

- **Consultora Sistemas Socioecológicos**

Biól. Mar. Andrés Camaño Moreno. Proyecciones ambientales de los estudios de terreno.

Dr © Roberto Agredano Martín, Consultor Independiente. Recomendaciones de ingeniería.

11. ANEXOS

ANEXO 1. DATOS OBTENIDOS DEL TERRENO VIRTUAL

Para la identificación de los tramos se usó una nomenclatura distinta a los Dm. Para el Tramo 1, Humedal Acceso Norte, se usó el identificador HAN; para el Tramo 2, Humedal Acceso Sur, se usó el identificador HAS_1, y; para el Tramo 3, Humedal Acceso Sur, se usó el identificador HAS_2. Las imágenes de Street View están identificadas en base a estos códigos. El Tramo 1 incluye además 71 puntos con el identificador HAN_EXT que corresponden con la extensión que se hizo de ese tramo y que se detalló en la introducción.

Tabla 1. Datos obtenidos del terreno virtual para el Tramo 1, Humedal Acceso Norte (Intersección de la ruta en su tramo Dm 23.100 al 37.900 con el Humedal Río Pichoy – Río Cayumapu – Río Cruces).

| ID | Dm | Intersecciones con la ribera | Distancia hasta la ribera (oriente) | Distancia hasta la ribera (poniente) | Buffer de vegetación con la ribera | Distancia del buffer de vegetación (oriente) | Distancia del buffer de vegetación (poniente) | Intersecciones con áreas designadas (nombre) | Fecha Imágenes Street View |
|-----------|--------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|---|--|----------------------------|
| HAN_EXT1 | 23.100 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 98.7 | 33 | - | - |
| HAN_EXT2 | 23.200 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 94.9 | 170 | - | - |
| HAN_EXT3 | 23.300 | A ambos lados | 10 | 31 | Presente a ambos lados | 10 | 31 | - | oct-15 |
| HAN_EXT4 | 23.400 | A ambos lados | 0 | Puente vehicular | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_EXT5 | 23.500 | A ambos lados | 33.7 | 121.6 | Presente a ambos lados | 33.7 | 121.6 | - | - |
| HAN_EXT6 | 23.600 | A ambos lados | 11 | 15.6 | Presente a ambos lados | 11 | 15.6 | - | oct-15 |
| HAN_EXT7 | 23.700 | A ambos lados | 137 | 135 | Presente a ambos lados | 137 | 135 | - | - |
| HAN_EXT8 | 23.800 | A ambos lados | 260 | 241 | Presente a ambos lados | 5.4 | 23.4 | - | - |
| HAN_EXT9 | 23.900 | A ambos lados | 370.6 | 177.4 | Presente a ambos lados | 9.4 | 27.6 | - | - |
| HAN_EXT10 | 24.000 | A ambos lados | 12.2 | 29.3 | Presente a ambos lados | 12.2 | 29.3 | - | oct-15 |
| HAN_EXT11 | 24.100 | A ambos lados | 9 | 100.9 | Presente a ambos lados | 9 | 100.9 | - | - |
| HAN_EXT12 | 24.200 | A ambos lados | 8.1 | 84 | Presente a ambos lados | 8.1 | 84 | - | oct-15 |
| HAN_EXT13 | 24.300 | A ambos lados | 9.8 | 330 | Presente a ambos lados | 9.8 | 148.8 | - | - |
| HAN_EXT14 | 24.400 | A ambos lados | 16.5 | 358 | Presente a ambos lados | 16.5 | 91.5 | - | - |
| HAN_EXT15 | 24.500 | A ambos lados | 105.7 | 403.7 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT16 | 24.600 | A ambos lados | 137.3 | 460 | No presente | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | |
|---------------|------------|---------------|-------|---------------------|------------------------------|-------|-------|---|--------|
| HAN_EXT1 7 | 24.70 0 | A ambos lados | 136.2 | 546 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT1 8 | 24.80 0 | A ambos lados | 162.8 | 668.6 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT1 9 | 24.90 0 | A ambos lados | 211.1 | 704 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT2 0 | 25.00 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 22.2 | 124.7 | - | - |
| HAN_EXT2 1 | 25.10 0 | No presente | | - | Presente al lado poniente | - | 19.6 | - | - |
| HAN_EXT2 2 | 25.20 0 | No presente | | - | Presente al lado poniente | - | 16 | - | - |
| HAN_EXT2 3 | 25.30 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT2 4 | 25.40 0 | No presente | | - | Presente al lado poniente | - | 24.5 | - | - |
| HAN_EXT2 5 | 25.50 0 | No presente | | - | Presente al lado poniente | - | 126.7 | - | - |
| HAN_EXT2 6 | 25.60 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT2 7 | 25.70 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT2 8 | 25.80 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT2 9 | 25.90 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 50 | 86.4 | - | - |
| HAN_EXT3 0 | 26.00 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT3 1 | 26.10 0 | No presente | | - | Presente al lado oriente | 38.3 | - | - | - |
| HAN_EXT3 2 | 26.20 0 | No presente | | - | Presente al lado oriente | 438.9 | - | - | - |
| HAN_EXT3 3 | 26.30 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 411.9 | 112.5 | - | - |
| HAN_EXT3 4 | 26.40 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 359.8 | 39.4 | - | - |
| HAN_EXT3 5 | 26.50 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 188.8 | 37.2 | - | - |
| HAN_EXT3 6 | 26.60 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 80 | 21.9 | - | - |
| HAN_EXT3 7 | 26.70 0 | No presente | | - | Presente al lado poniente | - | 34.1 | - | - |
| HAN_EXT3 8 | 26.80 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 45.6 | 201.3 | - | - |
| HAN_EXT3 9 | 26.90 0 | No presente | | - | Presente al lado poniente | - | 228.8 | - | - |
| HAN_EXT4 0 | 27.00 0 | No presente | | - | Presente al lado poniente | - | 81.6 | - | - |
| HAN_EXT4 1 | 27.10 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT4 2 | 27.20 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT4 3 | 27.30 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT4 4 | 27.40 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT4 5 | 27.50 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT4 6 | 27.60 0 | A ambos lados | 29.5 | 28.7 | Presente a ambos lados | 29.5 | 16.7 | - | oct-15 |
| HAN_EXT4 7 | 27.70 0 | A ambos lados | 0 | Puente vehicular | No presente | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | |
|---------------|------------|---------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|---|--------|
| HAN_EXT4 8 | 27.80 0 | Al lado poniente | | 40.5 | Presente al lado poniente | - | 40.5 | - | - |
| HAN_EXT4 9 | 27.90 0 | Al lado poniente | | 95.2 | Presente al lado oriente | 85.5 | - | - | - |
| HAN_EXT5 0 | 28.00 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT5 1 | 28.10 0 | No presente | | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT5 2 | 28.20 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 91 | 38.7 | - | - |
| HAN_EXT5 3 | 28.30 0 | No presente | | - | Presente al lado poniente | - | 34.9 | - | - |
| HAN_EXT5 4 | 28.40 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 12.6 | 46.8 | - | - |
| HAN_EXT5 5 | 28.50 0 | No presente | | - | Presente al lado oriente | 97.8 | - | - | - |
| HAN_EXT5 6 | 28.60 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 109 | 71.3 | - | - |
| HAN_EXT5 7 | 28.70 0 | No presente | | - | Presente al lado oriente | 107.6 | - | - | - |
| HAN_EXT5 8 | 28.80 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 63.8 | 49.6 | - | - |
| HAN_EXT5 9 | 28.90 0 | No presente | | - | Presente a ambos lados | 110 | 101.8 | - | - |
| HAN_EXT6 0 | 29.00 0 | No presente | | - | Presente al lado oriente | 21.1 | - | - | - |
| HAN_EXT6 1 | 29.10 0 | No presente | - | - | Presente al lado oriente | 113 | - | - | - |
| HAN_EXT6 2 | 29.20 0 | No presente | - | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT6 3 | 29.30 0 | No presente | - | - | Presente a ambos lados | 24 | 14 | - | - |
| HAN_EXT6 4 | 29.40 0 | Al lado poniente | - | 178.8 | Presente al lado oriente | 89.3 | | - | - |
| HAN_EXT6 5 | 29.50 0 | Al lado poniente | - | 172 | Presente a ambos lados | 67 | 35.8 | - | - |
| HAN_EXT6 6 | 29.60 0 | Al lado poniente | - | 172.4 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT6 7 | 29.70 0 | Al lado poniente | - | 164.2 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT6 8 | 29.80 0 | No presente | - | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT6 9 | 29.90 0 | No presente | - | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT7 0 | 30.00 0 | No presente | - | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_EXT7 1 | 30.10 0 | No presente | - | - | No presente | - | - | - | - |
| HAN_1 | 30.20 0 | Al lado poniente | - | 384.7 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_2 | 30.30 0 | A ambos lados | 18.8 | 24 | Presente a ambos lados | 10 | 15 | - | feb-13 |
| HAN_3 | 30.40 0 | Al lado poniente | - | 25 | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_4 | 30.50 0 | Al lado poniente | - | 20 | Presente al lado oriente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_5 | 30.60 0 | A ambos lados | 168.7 | 360.8 | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_6 | 30.70 0 | A ambos lados | 181.2 | 286.8 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_7 | 30.80 0 | A ambos lados | 193.2 | 246.3 | No presente | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | |
|--------|------------|---------------------|-------|-------|-----------------------------|------|------|---|--------|
| HAN_8 | 30.90 0 | A ambos lados | 170 | 134.5 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_9 | 31.00 0 | A ambos lados | 55.6 | 65.6 | Presente al lado oriente | 49.6 | - | - | oct-15 |
| HAN_10 | 31.10 0 | A ambos lados | 106.2 | 24 | Presente al lado oriente | - | - | - | feb-13 |
| HAN_11 | 31.20 0 | Al lado poniente | - | 31 | Presente a ambos lados | - | 15.6 | - | feb-13 |
| HAN_12 | 31.30 0 | Al lado poniente | - | 35.8 | Presente a ambos lados | - | 23.8 | - | oct-15 |
| HAN_13 | 31.40 0 | Al lado poniente | - | 13.7 | Presente a ambos lados | - | 17.4 | - | oct-15 |
| HAN_14 | 31.50 0 | Al lado poniente | - | 19.1 | Presente al lado oriente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_15 | 31.60 0 | Al lado poniente | - | 14.5 | Presente al lado oriente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_16 | 31.70 0 | Al lado poniente | - | 29.4 | Presente a ambos lados | - | 12.4 | - | feb-13 |
| HAN_17 | 31.80 0 | Al lado poniente | - | 71 | Presente a ambos lados | - | 56.7 | - | oct-15 |
| HAN_18 | 31.90 0 | Al lado poniente | - | 186 | Presente a ambos lados | - | 186 | - | - |
| HAN_19 | 32.00 0 | Al lado poniente | - | 423 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_20 | 32.10 0 | Al lado poniente | - | 403 | Presente al lado oriente | - | - | - | - |
| HAN_21 | 32.20 0 | Al lado poniente | - | 344 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_22 | 32.30 0 | Al lado poniente | - | 264.5 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_23 | 32.40 0 | Al lado poniente | - | 207 | Presente al lado oriente | - | - | - | - |
| HAN_24 | 32.50 0 | Al lado poniente | - | 65.9 | Presente a ambos lados | - | 45.6 | - | - |
| HAN_25 | 32.60 0 | Al lado poniente | - | 58.4 | Presente a ambos lados | - | 39.3 | - | - |
| HAN_26 | 32.70 0 | Al lado poniente | - | 48.4 | Presente a ambos lados | - | 25.8 | - | - |
| HAN_27 | 32.80 0 | A ambos lados | 9.8 | 13.5 | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_28 | 32.90 0 | A ambos lados | 7.9 | 9.6 | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_29 | 33.00 0 | Al lado poniente | - | 11.4 | Presente al lado oriente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_30 | 33.10 0 | Al lado poniente | - | 10 | Presente al lado oriente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_31 | 33.20 0 | A ambos lados | 6.8 | 12.7 | Presente al lado oriente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_32 | 33.30 0 | A ambos lados | 8.3 | 19.6 | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_33 | 33.40 0 | Al lado poniente | - | 13.9 | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_34 | 33.50 0 | Al lado poniente | - | 24.4 | Presente al lado oriente | - | - | - | - |
| HAN_35 | 33.60 0 | Al lado poniente | - | 73.7 | Presente a ambos lados | - | 73.7 | - | - |
| HAN_36 | 33.70 0 | Al lado poniente | - | 59.8 | Presente a ambos lados | - | 41.5 | - | oct-15 |
| HAN_37 | 33.80 0 | Al lado poniente | - | 50 | Presente a ambos lados | - | 25.6 | - | - |
| HAN_38 | 33.90 0 | Al lado poniente | - | 38 | Presente a ambos lados | - | 21 | - | - |

| | | | | | | | | | |
|--------|------------|---------------------|----|--------|------------------------------|----|-------|--------|--------|
| HAN_39 | 34.00 0 | Al lado poniente | - | 26 | Presente al lado oriente | - | - | - | - |
| HAN_40 | 34.10 0 | A ambos lados | 12 | 22.8 | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_41 | 34.20 0 | A ambos lados | 12 | 27.4 | No presente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_42 | 34.30 0 | Al lado poniente | - | 37.6 | Presente a ambos lados | - | 37.6 | - | - |
| HAN_43 | 34.40 0 | Al lado poniente | - | 93.4 | Presente al lado poniente | - | 93.4 | - | - |
| HAN_44 | 34.50 0 | Al lado poniente | - | 60 | Presente al lado poniente | - | 60 | - | - |
| HAN_45 | 34.60 0 | Al lado poniente | - | 26.3 | Presente al lado poniente | - | 26.3 | - | - |
| HAN_46 | 34.70 0 | Al lado poniente | - | 46.7 | Presente al lado oriente | - | - | - | oct-15 |
| HAN_47 | 34.80 0 | Al lado poniente | - | 25 | Presente a ambos lados | - | 25 | - | - |
| HAN_48 | 34.90 0 | Al lado poniente | - | 55.8 | Presente a ambos lados | - | 55.8 | - | - |
| HAN_49 | 35.00 0 | Al lado poniente | - | 13.5 | Presente a ambos lados | - | 103.5 | - | - |
| HAN_50 | 35.10 0 | Al lado poniente | - | 144 | Presente al lado poniente | - | 144 | - | - |
| HAN_51 | 35.20 0 | Al lado poniente | - | 278.5 | Presente a ambos lados | - | - | - | - |
| HAN_52 | 35.30 0 | Al lado poniente | - | 474.6 | Presente a ambos lados | - | - | - | - |
| HAN_53 | 35.40 0 | Al lado poniente | - | 699.4 | Presente a ambos lados | - | - | - | - |
| HAN_54 | 35.50 0 | Al lado poniente | - | 810.2 | Presente a ambos lados | - | - | - | - |
| HAN_55 | 35.60 0 | Al lado poniente | - | 887.6 | Presente al lado oriente | - | - | - | - |
| HAN_56 | 35.70 0 | Al lado poniente | - | 767.1 | No presente | - | - | - | - |
| HAN_57 | 35.80 0 | Al lado poniente | - | 697.2 | No presente | - | - | RAMSAR | - |
| HAN_58 | 35.90 0 | Al lado poniente | - | 642 | No presente | - | - | RAMSAR | - |
| HAN_59 | 36.00 0 | Al lado poniente | - | 602.7 | No presente | - | - | RAMSAR | - |
| HAN_60 | 36.10 0 | Al lado poniente | - | 130.9 | Presente al lado poniente | - | 55 | RAMSAR | - |
| HAN_61 | 36.20 0 | Al lado poniente | - | 124.5 | Presente al lado poniente | - | 72 | RAMSAR | - |
| HAN_62 | 36.30 0 | Al lado poniente | - | 203.3 | Presente al lado oriente | - | - | RAMSAR | - |
| HAN_63 | 36.40 0 | Al lado poniente | - | 271.82 | Presente al lado oriente | - | - | RAMSAR | - |
| HAN_64 | 36.50 0 | Al lado poniente | - | 191 | Presente a ambos lados | - | - | RAMSAR | - |
| HAN_65 | 36.60 0 | Al lado poniente | - | 181.9 | Presente a ambos lados | - | - | RAMSAR | - |
| HAN_66 | 36.70 0 | Al lado poniente | - | 161 | Presente a ambos lados | - | 161 | RAMSAR | - |
| HAN_67 | 36.80 0 | Al lado poniente | - | 102 | Presente a ambos lados | - | 102 | RAMSAR | - |
| HAN_68 | 36.90 0 | Al lado poniente | - | 51.5 | Presente a ambos lados | - | 51.5 | RAMSAR | - |
| HAN_69 | 37.00 0 | A ambos lados | 26 | 32 | Presente a ambos lados | 26 | 32 | RAMSAR | - |

| | | | | | | | | | |
|--------|------------|---------------------|------|-------|------------------------------|------|-------|--------|---|
| HAN_70 | 37.10 0 | A ambos lados | 84.7 | 168.1 | Presente a ambos lados | 84.7 | 168.1 | RAMSAR | - |
| HAN_71 | 37.20 0 | Al lado poniente | - | 161.5 | Presente al lado poniente | - | 92.2 | RAMSAR | - |
| HAN_72 | 37.30 0 | Al lado poniente | - | 166.1 | Presente al lado poniente | - | 104 | RAMSAR | - |
| HAN_73 | 37.40 0 | Al lado poniente | - | 175.8 | Presente al lado poniente | - | 131.4 | RAMSAR | - |
| HAN_74 | 37.50 0 | Al lado poniente | - | 186.9 | Presente al lado poniente | - | 186.9 | RAMSAR | - |
| HAN_75 | 37.60 0 | Al lado poniente | - | 229 | Presente al lado poniente | - | 107.3 | RAMSAR | - |
| HAN_76 | 37.70 0 | Al lado poniente | - | 270.5 | Presente al lado poniente | - | 112.2 | RAMSAR | - |
| HAN_77 | 37.80 0 | Al lado poniente | - | 333.2 | Presente al lado poniente | - | 93.5 | - | - |
| HAN_78 | 37.90 0 | Al lado poniente | - | 368.8 | Presente al lado poniente | - | 57.1 | - | - |

Tabla 2. Datos obtenidos del terreno virtual para el Tramo 2, Humedal Acceso Sur (Intersección de la ruta en su tramo Dm 32.000 al 39.400 con el Humedal Santo Domingo).

| ID | Dm | Intersecciones con la ribera | Distancia hasta la ribera (orient e) | Distancia a hasta la ribera (poniente e) | Buffer de vegetación con la ribera | Distancia del buffer de vegetación (oriente) | Distancia del buffer de vegetación (poniente e) | Intersecciones con áreas designadas (nombre) | Fecha Imágenes Street View | Observaciones |
|---------|------------|------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|--|---|--|----------------------------|---------------|
| HAS1_1 | 32.00 0 | Al lado poniente | - | 130.8 | Presente a ambos lados | - | 80 | | - | |
| HAS1_2 | 32.10 0 | Al lado poniente | - | 86.5 | Presente al lado poniente | - | 86.5 | | - | |
| HAS1_3 | 32.20 0 | Al lado poniente | - | 94.3 | Presente a ambos lados | - | 94.3 | | oct-15 | |
| HAS1_4 | 32.30 0 | Al lado poniente | - | 86.4 | Presente al lado poniente | - | 86.4 | | oct-15 | |
| HAS1_5 | 32.40 0 | Al lado poniente | - | 18.6 | Presente al lado poniente | - | 18.6 | | oct-15 | |
| HAS1_6 | 32.50 0 | Al lado poniente | - | 20.3 | Presente al lado poniente | - | 20.3 | | - | |
| HAS1_7 | 32.60 0 | Al lado poniente | - | 12.3 | Presente al lado poniente | - | 12.3 | | - | |
| HAS1_8 | 32.70 0 | A ambos lados | 8.8 | 15.6 | Presente al lado poniente | - | 15.6 | | oct-15 | |
| HAS1_9 | 32.80 0 | A ambos lados | 11 | 24.2 | Presente al lado poniente | - | 24.2 | | oct-15 | |
| HAS1_10 | 32.90 0 | Al lado poniente | - | 51 | Presente al lado poniente | - | 51 | | - | |
| HAS1_11 | 33.00 0 | Al lado poniente | - | 86 | Presente al lado oriente | - | - | | - | |
| HAS1_12 | 33.10 0 | Al lado poniente | - | 79.3 | Presente a ambos lados | - | 79.3 | | - | |
| HAS1_13 | 33.20 0 | Al lado poniente | - | 37.1 | Presente al lado poniente | - | 37.1 | | oct-15 | |
| HAS1_14 | 33.30 0 | Al lado poniente | - | 39.7 | Presente al lado poniente | - | 39.7 | | - | |

| | | | | | | | | | | |
|---------|--------|------------------|---|-------|---------------------------|---|-------|--|--------|---|
| HAS1_15 | 33.400 | Al lado poniente | - | 48 | Presente a ambos lados | - | 48 | | oct-15 | |
| HAS1_16 | 33.500 | Al lado poniente | - | 68.7 | Presente al lado poniente | - | 68.7 | | - | |
| HAS1_17 | 33.600 | Al lado poniente | - | 123 | No presente | - | - | | oct-15 | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_18 | 33.700 | Al lado poniente | - | 186 | Presente al lado poniente | - | 186 | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_19 | 33.800 | Al lado poniente | - | 257.4 | Presente a ambos lados | - | 257.4 | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_20 | 33.900 | Al lado poniente | - | 948 | Presente al lado oriente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_21 | 34.000 | Al lado poniente | - | 900 | Presente al lado oriente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_22 | 34.100 | Al lado poniente | - | 922 | Presente al lado oriente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_23 | 34.200 | Al lado poniente | - | 916 | Presente al lado oriente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_24 | 34.300 | Al lado poniente | - | 326.9 | No presente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_25 | 34.400 | Al lado poniente | - | 245 | No presente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_26 | 34.500 | Al lado poniente | - | 167.4 | Presente al lado oriente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_27 | 34.600 | A ambos lados | 0 | 0 | No presente | - | - | | oct-15 | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_28 | 34.700 | Al lado poniente | - | 493.3 | Presente al lado oriente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del |

| | | | | | | | | | | |
|---------|------------|------------------|------|-------|---------------------------|---|------|---------------------|--------|---|
| | | | | | | | | | | trazado original |
| HAS1_29 | 34.80 0 | Al lado poniente | - | 470.8 | Presente al lado oriente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_30 | 34.90 0 | Al lado poniente | - | 84.2 | Presente al lado poniente | - | 84.2 | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_31 | 35.00 0 | Al lado poniente | - | 42 | Presente al lado poniente | - | 42 | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_32 | 35.10 0 | Al lado poniente | - | 67.9 | Presente al lado oriente | - | - | | - | Puntos de R&Q se desvían del trazado original |
| HAS1_33 | 35.20 0 | Al lado poniente | - | 62.7 | Presente al lado oriente | - | - | | - | |
| HAS1_34 | 35.30 0 | Al lado poniente | - | 38 | Presente al lado oriente | - | - | | oct-15 | |
| HAS1_35 | 35.40 0 | Al lado poniente | - | 120.1 | Presente a ambos lados | - | 71.4 | | - | |
| HAS1_36 | 35.50 0 | Al lado poniente | - | 58.1 | Presente a ambos lados | - | 29 | | - | |
| HAS1_37 | 35.60 0 | Al lado poniente | - | 15.5 | Presente a ambos lados | - | 15.5 | | - | |
| HAS1_38 | 35.70 0 | Al lado poniente | - | 49 | Presente a ambos lados | - | 49 | | - | |
| HAS1_39 | 35.80 0 | Al lado poniente | - | 68.7 | Presente a ambos lados | - | 11.4 | | - | |
| HAS1_40 | 35.90 0 | Al lado poniente | - | 45.2 | Presente al lado oriente | - | - | | - | |
| HAS1_41 | 36.00 0 | Al lado poniente | - | 69.7 | Presente al lado oriente | - | - | | - | |
| HAS1_42 | 36.10 0 | Al lado poniente | - | 50.5 | Presente al lado oriente | - | - | | - | |
| HAS1_43 | 36.20 0 | Al lado poniente | - | 15.5 | Presente al lado poniente | - | 15.5 | HUMEDAL ANGACHILL A | oct-15 | |
| HAS1_44 | 36.30 0 | A ambos lados | 12.7 | 10.6 | Presente al lado poniente | - | 10.6 | HUMEDAL ANGACHILL A | oct-15 | |
| HAS1_45 | 36.40 0 | A ambos lados | 15.9 | 10.9 | Presente al lado poniente | - | 10.9 | HUMEDAL ANGACHILL A | - | |
| HAS1_46 | 36.50 0 | A ambos lados | 17.6 | 9.4 | Presente al lado poniente | - | 9.4 | HUMEDAL ANGACHILL A | - | |
| HAS1_47 | 36.60 0 | A ambos lados | 13 | 12.6 | Presente al lado poniente | - | 12.6 | HUMEDAL ANGACHILL A | - | |
| HAS1_48 | 36.70 0 | A ambos lados | 0 | 0 | No presente | - | - | HUMEDAL ANGACHILL A | oct-15 | Puente |

| | | | | | | | | | | |
|---------|--------|------------------|------|------|---------------------------|------|------|--------------------|--------|--|
| HAS1_49 | 36.800 | Al lado poniente | - | 11.5 | Presente a ambos lados | - | 11.5 | HUMEDAL ANGACHILLA | - | |
| HAS1_50 | 36.900 | Al lado poniente | - | 11 | No presente | - | - | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_51 | 37.000 | A ambos lados | 9.9 | 7 | Presente a ambos lados | 9.9 | 7 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_52 | 37.100 | A ambos lados | 11.3 | 7 | Presente a ambos lados | 11.3 | 7 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_53 | 37.200 | A ambos lados | 10.7 | 7.6 | Presente a ambos lados | 10.7 | 7.6 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_54 | 37.300 | A ambos lados | 21.8 | 7.7 | Presente a ambos lados | 21.8 | 7.7 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_55 | 37.400 | Al lado poniente | - | 7 | Presente a ambos lados | 11.1 | 7 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_56 | 37.500 | Al lado poniente | - | 7 | Presente al lado poniente | - | 7 | HUMEDAL ANGACHILLA | - | |
| HAS1_57 | 37.600 | Al lado poniente | - | 7.2 | Presente al lado poniente | - | 7.2 | HUMEDAL ANGACHILLA | - | |
| HAS1_58 | 37.700 | Al lado poniente | - | 25.3 | Presente al lado poniente | - | 25.3 | HUMEDAL ANGACHILLA | - | |
| HAS1_59 | 37.800 | Al lado poniente | - | 3.9 | Presente a ambos lados | - | 3.9 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_60 | 37.900 | Al lado poniente | - | 6.4 | Presente al lado poniente | - | 6.4 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_61 | 38.000 | A ambos lados | 5.4 | 5.3 | Presente al lado poniente | - | 5.3 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_62 | 38.100 | A ambos lados | 5.2 | 6.9 | Presente al lado poniente | - | 6.9 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_63 | 38.200 | A ambos lados | 7.5 | 5.3 | Presente al lado poniente | - | 5.3 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_64 | 38.300 | A ambos lados | 7.2 | 8.1 | Presente al lado poniente | - | 8.1 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_65 | 38.400 | A ambos lados | 9 | 8.5 | Presente a ambos lados | 9 | 8.5 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_66 | 38.500 | A ambos lados | 8 | 5.5 | No presente | - | - | HUMEDAL ANGACHILLA | - | |
| HAS1_67 | 38.600 | A ambos lados | 7.3 | 6.2 | Presente al lado oriente | 7.3 | - | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_68 | 38.700 | A ambos lados | 6.7 | 5.7 | No presente | - | - | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |

| | | | | | | | | | | |
|---------|--------|------------------|-----|-------|---------------------------|-----|-------|--------------------|--------|--|
| HAS1_69 | 38.800 | A ambos lados | 9.3 | 7.3 | No presente | - | - | HUMEDAL ANGACHILLA | - | |
| HAS1_70 | 38.900 | A ambos lados | 8.6 | 9.4 | Presente a ambos lados | 8.6 | 9.4 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | |
| HAS1_71 | 39.000 | A ambos lados | 12 | 9.6 | Presente a ambos lados | 12 | 9.6 | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | Canal costado oriente de la carretera |
| HAS1_72 | 39.100 | Al lado poniente | - | 7.3 | Presente al lado poniente | - | 7.3 | HUMEDAL ANGACHILLA | - | Canal costado oriente de la carretera |
| HAS1_73 | 39.200 | A ambos lados | 7.4 | 18.2 | No presente | - | - | HUMEDAL ANGACHILLA | oct-15 | Canal que intersecta la carretera en su costado oriente y poniente |
| HAS1_74 | 39.300 | Al lado poniente | - | 166.2 | Presente al lado poniente | - | 166.2 | HUMEDAL ANGACHILLA | - | |
| HAS1_75 | 39.400 | Al lado poniente | - | 164 | Presente al lado poniente | - | 164 | HUMEDAL ANGACHILLA | - | |

Tabla 3. Tramo 3, Humedal Acceso Sur (Intersección de la ruta en su tramo Dm 41.800 al 42.200 con la laguna Llancahue).

| ID | Dm | Intersecciones con la ribera | Distancia hasta la ribera (oriente) | Distancia hasta la ribera (poniente) | Buffer de vegetación con la ribera | Distancia del buffer de vegetación (oriente) | Distancia del buffer de vegetación (poniente) | Intereses biótico | Intersecciones con áreas designadas (nombre) | Fecha Imágenes Street View |
|--------|--------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|---|-------------------|--|----------------------------|
| HAS2_1 | 41.800 | No presente | - | - | Presente al lado oriente | - | - | - | - | oct-15 |
| HAS2_2 | 41.900 | Al lado oriente | 18.3 | - | No presente | - | - | - | - | oct-15 |
| HAS2_3 | 42.000 | Al lado oriente | 17.5 | - | No presente | - | - | - | - | oct-15 |
| HAS2_4 | 42.100 | Al lado oriente | 38.8 | - | Presente al lado oriente | 38 | - | - | - | oct-15 |
| HAS2_5 | 42.200 | Al lado oriente | 145.9 | - | No presente | - | - | - | - | oct-15 |