8. DIAGNÓSTICO DE HUMEDALES PRIORIZADOS

8.1. DIAGNÓSTICO LEGAL Y ADMINISTRATIVO

8.1.1. Marco jurídico y normativo

<u>Conceptualización de los humedales, elementos y características</u>

Tal como ocurre con diversos conceptos vinculados al derecho ambiental, al constituirse los humedales como una categoría que entremezcla componentes jurídico-normativos y técnico-científicos, establecer con claridad un sentido o definición unívoca y determinada resulta de suyo complejo. Por ello, es preferible acudir a los registros normativos que según su completitud y alcance regulador los conceptualizan con mayor claridad.

Así, el **artículo 1º de la Convención sobre humedales de importancia internacional (Convención Ramsar)** se otorga una conceptualización con la que la mayor parte de la doctrina acuerda. En este sentido, los conceptualiza como: “Son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, 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 de seis metros”, definición que debe necesariamente complementarse con lo dispuesto en el artículo 2º.1 que afirma que los humedales “podrán comprender sus zonas ribereñas o adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal”

Con el establecimiento de este marco conceptual es posible determinar que existe un amplísimo conjunto de ecosistemas que pueden encajar en esta dimensión, y por lo tanto, instituirse como objeto de protección que es en última instancia el objetivo de una categoría jurídica. Ahora bien, las normas internacionales si bien se admiten como un marco regulatorio aplicable, resultan muchas veces criterios o nociones programáticas más que

valores normativos aplicables directamente, por lo que es necesario revisar otros conceptos legales para dar perspectiva a la noción de humedal.

Tal es el caso del concepto establecido en el **Decreto Supremo Nª 771 de 1981 del Ministerio de Relaciones Exteriores** que se vincula directamente con la mencionada Convención Ramsar, en la medida que es el instrumento jurídico que le da validez a la misma en el derecho interno al promulgarla. En él, 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 saldas, incluyendo zonas de agua de mar cuya profundidad o exceda de seis metros durante la marea baja"

Otro concepto, con un marcado contenido normativo es el dispuesto en el **artículo 8 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 Nº 771, de 1981, del Ministerio de Relaciones exteriores."

Por su parte, el **Proyecto de Ley sobre Humedales Urbano**s 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". La propuesta, además, obliga a las Municipalidades a establecer, mediante ordenanzas, los criterios mínimos sobre el uso racional de humedales urbanos existentes en los límites de cada comuna.

Adicionalmente, es necesario constatar también la conceptualización que nos entrega el **reglamento de suelos, aguas y humedales de la ley 20.283 que en su artículo 2º** afirma

que se entenderá como humedales 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". Este último concepto resulta particularmente relevante en la medida que fija un mecanismo institucional de determinación de la categoría en sí misma, es decir, aunque la propia definición establece criterios que delimitarán cuándo se está en presencia de un humedal, será en última instancia un acto de la autoridad administrativa indicada la que dará forma a esta categoría de protección.

Con ello, se plantea una fórmula de cierre a un concepto que per sé se anticipa desbordante de contenido, difuso en sus límites y que incluye nociones técnico-jurídicas, y por supuesto otras de las diversas ciencias duras tales como la biología o la química.

Por ello es también necesario incluir aquí definiciones afirmadas por expertos en la dimensión científica del concepto, tales como la propuesta por Moller Doepking que indica 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; en síntesis, un ambiente de permanente transición entre el acuático y el terrestre, presentando características de ambos"[1]

[1] Sobre el concepto de Humedal, ver: Moller Doepking, Patricia Y Muñoz Pedreros. Andrts. Humedales y Educación Ambiental Unión Mundial para la Naturaleza. Cea Ediciones. Valdivia, 1998. p. 2. v Unión Para La Conservacion De La Naturaleza. Conservación de Humedales. Cea Ediciones. Valdivia, 1997, p.5.

De la revisión de estos conceptos legales es posible deducir no solo un marco estructural que defina qué entendemos por humedales al momento de estudiarlos, regularlos o determinarlos, sino también incluye una valoración evidente en torno a su importancia, y la necesidad de protección de los mismos. De ahí que su conceptualización tienda a la amplitud, pues se trata de categorías con alto contenido ecológico, cuya tutela resulta esencial para la preservación de la biodiversidad y el medio ambiente. Esto queda de manifiesto por ejemplo en las disposiciones iniciales que la Convención RAMSAR establece como consideraciones reconociendo "las funciones ecológicas fundamentales de los humedales como reguladores de los regímenes hidrológicos y como hábitat de una fauna y flora características, especialmente de aves acuáticas" y afirmando su convencimiento "que los humedales constituyen un recurso de gran valor económico, cultural, científico y recreativo, cuya pérdida sería irreparable"[2]

Naturaleza jurídica

Derivada de la multiformidad y variedad de ecosistemas que pueden ser incluidos en la categoría de humedales de acuerdo a la conceptualización planteada en el apartado anterior, es necesario precisar cuáles son en específico las aristas que dan forma jurídica al concepto de humedal. Al respecto, es necesario plantear que por su caracterización estamos hablando aquí evidentemente de una estructura jurídica mixta pero que es fácilmente reconducible a la idea de un bien inmueble. Sin embargo, el elemento que aparece como particularmente problemático es aquel que dice relación con si los humedales se instituyen como bienes privados, o bienes públicos.

Ello es relevante pues es de esta caracterización que dependerá la forma en que los humedales han de ser protegidos por el ordenamiento jurídico, en la medida que una u otra categoría ofrecen diferentes límites, medios y espacios de acción, que son evidentemente

[2] Consideraciones iniciales establecidas por las partes contratantes en Convención RAMSAR

distintos y que según su contenido dificultarán o facilitarán la tutela de los humedales en cada circunstancia.

Así las cosas, debemos partir distinguiendo los dos componentes elementales de un humedal, a saber, una extensión de tierra o 'predio colindante' a un humedal y por supuesto la zona húmeda o 'las aguas' propiamente tales.

Al respecto, la naturaleza del denominado predio colindante parece ser la más clara, pues tratándose de un bien inmueble el estatuto jurídico aplicable dependerá en principio de quien sea el propietario riberano, es decir, el que detente el dominio acreditado de la propiedad cuya extensión delimita con alguna extensión de agua, pudiendo este corresponder a uno o más particulares o incluso el Estado, según sea el caso.

En el caso de las aguas, para la comprensión de su naturaleza jurídica es necesario atender al tenor de lo prescrito en el **artículo 595 del Código Civil** que afirma que "Todas las aguas son bienes nacionales de uso público" lo que implica reconocer consiguientemente que lo que se adquiere por los privados no es sino un derecho de aprovechamiento de las mismas, que lo faculta a su utilización pero que en ningún caso materializa o conlleva un derecho de propiedad. Con ello, se zanja de forma palmaria la naturaleza jurídica de las aguas en cuanto componentes de un humedal. No son objeto de apropiación por parte de los privados, y su utilización será limitada conforme a la concesión del derecho de aprovechamiento correspondiente.

Ahora bien, esto debe entenderse en concordancia con lo dispuesto por el a**rtículo 30 del Código de Aguas** que indica en su inciso tercero "*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 Desplanque afirma que este tipo de regulación *"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"[3], dejando así al arbitrio de los dueños de predios colindantes el uso de los recursos vinculados a un humedal, con la consiguientes consecuencias ecológicas en caso de abuso o uso indiscriminado de los mismos como se indicará en lo que sigue. Por último, el artículo 33 del mismo código, establece que "*Son riberas o márgenes las zonas laterales que lindan con el álveo o cauce".*

En conclusión, entendemos que la naturaleza jurídica de los humedales no se encuentra particularmente definida, sin perjuicio de las luces que entregan las normas citadas, las que se vinculan más bien con la propiedad de la extensión de tierra y los derechos de aprovechamiento, que de una comprensión integral y protectora de la categoría de humedal. Por ello, resulta conveniente el reconocimiento expreso de un estatuto que consagre y reconozca la categoría de humedal en la legislación común y sectorial, permitiendo centrar el análisis, la dictación y aplicación de normas ya no a la problemática de la propiedad de estos – o a la de qué uso está permitido o prohibido en cada caso según el titular del dominio- sino orientarlo directamente a la tutela de los humedales en cuanto categoría jurídica autónoma, reconociendo su importancia para la sociedad, el ecosistema y el medioambiente.

Clasificación [4]

A este respecto es necesario indicar que, como hemos afirmado, nuestro ordenamiento jurídico carece de una regulación unívoca, uniforme, concentrada y/o detallada de los humedales, antes bien su recepción es difusa. Por ello, para identificar clasificaciones o tipologías que describan con precisión y normativamente a los humedales debemos acudir a entes externos al sistema jurídico nacional.

[3] AmsteinS., 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, año 2016, p.113

[4] Davis T.J., Blasco D. y Carbonell M., Manual de la Convención Ramsar: Una guía a la convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, Ministerio de Medio Ambiente, España, (1996), p. 2.

Así, conforme a la literatura revisada, y en particular la clasificación derivada de la propia Convención Ramsar, es posible distinguir a lo menos cinco tipologías dentro de la taxonomía de los humedales, estos son:

- Marino (humedales costeros incluyendo costas rocosas y arrecifes de coral)
- Estuarino (incluye deltas, marismas de marea y pantanos de manglar)
- Lacustre (referente a lagos)
- Ribereños (asociados a ríos y arroyos)
- Palustre (significa lodazales, marismas, pantanos y ciénagas)

Además, existen humedales construidos por el ser humano, 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[5].

Cabe señalar, que esta amplia gama de sistemas de humedales, sumado al concepto amplísimo que poseen, han 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[6].

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[7] :

a) Pantanos: Se forman en suelos anegados con aguas dulces, en depresiones, llanuras o junto a ríos, lagos o esteros. Están constituidos por plantas palustres (de

5 Ibidem, p. 3.
6 Cfr. Davis T.J., Blasco D. y Carbonell M., Manual de la Convención Ramsar… p. 160 5
7 Hauenstein E., González M., Peña-Cortéz F., Muñoz Pedreros A., Diversidad vegetal en humedales costeros de la Región de la Araucanía, (2005), p. 228, disponible en: www.ceachile.cl/publicaciones/2005.%20Flora%20humedales%20Hauenstein%20et%20al.pdf (última visita (01-08-2018)

pantanos), también denominadas helófitos, como lo son junquillos y totoras. Constituyen un refugio seguro para la fauna silvestre, especialmente la avifuauna 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.

Hasta ahora hemos delimitado un marco conceptual de los humedales que nos permite identificar el contenido que el legislador debería considerar en orden a regular esta categoría jurídica. Ahora bien, en los apartados siguientes haremos una revisión de las diversas normas que inciden en el tratamiento de los humedales en el ordenamiento jurídico nacional.

Marco jurídico en el derecho interno

En el siguiente apartado intentaremos realizar un arqueo general de aquellas normas que se relacionan, inciden o vinculan con la noción de humedales, valorando en qué medida su contenido contribuye a su protección, o por el contrario aparecen como un riesgo potencial. También se evaluará, según sea el caso, si el contenido de las mismas y su interpretación conjunta ofrecen alternativas de solución a los conflictos que en la práctica se producen a este respecto.

a) Regulación constitucional

La Carta Fundamental de 1980 establece en su contenido a lo menos dos disposiciones de importancia para comprender la regulación aplicable a los humedales en nuestro ordenamiento jurídico. En primer lugar, encontramos lo dispuesto en el artículo19 Nº8 de la Constitución Política de la República (CPR) que consagra el derecho fundamental a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, afirmando el deber del Estado de tutelar y preservar la naturaleza. Esta declaración aplicable a los humedales por defecto, supone comprender que es exigible al Estado una labor activa en su protección y no solo una función normalizadora y vigilante. Avanzando en el análisis, la CPR afirma que "La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente". Con ello, se amplía el deber del Estado facultándolo incluso para la restricción racional y proporcionada de otros derechos fundamentales a instancias de la protección del medio ambiente.

En lo pertinente, esta disposición resulta interesante si se le valora en razón de la regulación revisada en acápites anteriores. Piénsese en el marcado conflicto existente entre la hipervaloración que en nuestro sistema tiene el derecho a la propiedad y la protección del medio ambiente. De acuerdo a esta disposición, el Estado podría perfectamente limitar el dominio de, por ejemplo, los propietarios de predios ribereños o de predios colindantes a un humedal si el ejercicio de este supone una afectación que ponga en riesgo su existencia, permanencia y conservación.

Esto es coherente con lo dispuesto en el numeral 24º del artículo 19, que en su inciso segundo 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". Con esta afirmación, la CPR propone un mecanismo de tutela de una incidencia potencial importante, por cuanto resuelve una

posible colisión de derechos fundamentales fijando como criterio interpretativo la protección del patrimonio medioambiental.

En este sentido, Andrés Bordalí afirma "¿Qué debemos entender por conservación del patrimonio ambiental? Al respecto, ya la Corte Suprema , en reiteradas ocasiones, ha señalado que: El patrimonio ambiental, la preservación de la naturaleza de que habla la Constitución y que ella asegura y protege, es todo lo que naturalmente nos rodea y que permite el desarrollo de la vida y tanto se refiere a la atmósfera como a la tierra y sus aguas, a la flora y fauna, todo lo cual conforma la naturaleza con sus sistema ecológico de equilibrio entre los organismos y el medio en que viven"8, conforme a este criterio los humedales podrían adquirir sin mayor esfuerzo dentro de las categorías tuteladas por la CPR.
Por otro lado, es relevante mencionar aquella forma específica en que la Carta Fundamental garantiza la protección del derecho fundamental a un medio ambiente libre de contaminación. El artículo 20 establece que "Procederá, también, el recurso de protección en el caso del Nº 8 del artículo 19, cuando el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto u omisión ilegal imputable a una autoridad o persona determinada" regulando así una vía procesal ad hoc a la tutela de los humedales en la medida que se cumpla con los requisitos establecidos.

b) Código Civil

La recepción que tienen los humedales en cuanto categoría jurídica en el derecho civil es más bien indirecta, así es posible encontrar alusiones y conceptualizaciones en las que podemos situar la noción de humedales ya que el concepto propiamente tal no es incorporado, atendido el contexto histórico de producción del Código Civil chileno.

Así, para el legislador de 1855, el concepto "humedales" como se ha expuesto en el primer apartado de este trabajo le es ajeno. Al respecto, cabe señalar que el Código Civil chileno

8 Bordalí, A.: La función social como delimitación interna e inherente del derecho de propiedad y la conservación del patrimonio ambiental, Revista de Derecho, Nº Especial, agosto 1998, pp. 153-172. Disponible en: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0718-09501998000100013&script=sci_arttext (última visita: 10-08-2018)

utiliza la expresión “terreno inundado” a propósito de la regulación de la accesión como modo de adquirir el dominio, en específico, de las accesiones del suelo. Así las cosas, el referido artículo señala que: “Si una heredad ha sido inundada, el terreno restituido por las aguas, dentro de los 5 años subsiguientes, volverá a su dueño”.

En relación con los objetos del dominio, hasta los tiempos de la Revolución Industrial, era la propiedad territorial la fundamentalmente importante; el suelo y sus edificaciones constituían definitivamente la riqueza material de mayor envergadura[9]. De lo anterior no es casual que el Código Civil Chileno establezca una regulación del suelo, la cual es aplicable a los humedales.

La norma es relevante en tanto la realidad local da cuenta que después del gran terremoto de 1960 se produjo el hundimiento de terrenos aledaños a las riberas de los ríos que conforman la parte baja del río Valdivia[10.] Ahora bien, la referida norma nos lleva de inmediato a cuestionarnos sobre ¿Cuál es la situación de aquellos terrenos inundados por más de 5 años?, de lo expuesto hasta ahora queda en evidencia que la intención del legislador en este punto era establecer un régimen de propiedad de los suelos ocupados por aguas. A este respecto, cabe señalar que con anterioridad a la ley N° 16.640, de Reforma Agraria, había aguas que eran bienes nacionales de uso público y otras que pertenecían a los particulares, desde esa ley (1967), todas las aguas existentes en el territorio nacional son bienes nacionales de uso público[11]. En este sentido, cobra relevancia establecer si el dominio sobre estas “inundaciones” es de carácter público o privada, por cuanto esta determinación permitirá constatar los límites y restricciones para las intervenciones en estos suelos según se trate de uno u otro caso. Pues bien, tendremos que distinguir si la ocupación del suelo por las aguas es permanente o no, debido a que en el primer caso la

9 Peñailillo D., Los Bienes: La propiedad y otros derechos reales, segunda edición, Santiago de Chile 1991, Editorial Jurídica de Chile, p.62

10 Carlos Rojas, Valdivia 1960. Entre Aguas y Escombros (Valdivia: Ediciones Universidad Austral de Chile, 2010) citado por: Guerra y Lara, ¿Públicos o privados? Desafíos para la protección de los humedales urbanos y periurbanos de Valdivia a partir de la regulación de los cauces naturales” En Revista de Derecho Ambiental, año V N°8, pp. 184-206

11 Peñailillo D., Ibid, p. 53

inundación cambiaría de carácter, es decir, el terreno al ser ocupado por las aguas de forma permanente se convierte en cauce, y pasa a ser del dominio público como todo cauce natural[12].

Así las cosas, es necesario tener a la vista un concepto de bienes nacionales. Según lo prescrito por el artículo 589 del Código Civil (CC) son "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, se llaman bienes nacionales de uso público o bienes públicos". Así, debemos identificar los diversos estatutos jurídicos relativos a distintos tipos de bienes públicos, tales como aquellos de dominio público marítimo, terrestre, fluvial y lacustre, y aéreo. En este punto, cabe detenerse en lo concerniente a los bienes nacionales de uso público fluvial y lacustre que se refieren a todas las aguas del territorio nacional dentro de los cuales entenderíamos a los humedales o territorio inundado de acuerdo a la nomenclatura empleada por el Código de Bello.

El Código Civil establece una regulación primigenia relativa a los humedales, no como objeto de protección atendido a su época de dictación, sin embargo, ofrece un marco normativo que sirve de base para la regulación posterior de 1981 al dictarse un Código de Aguas que recoge el modelo de propiedad imperante en nuestro sistema.

c) Código de Aguas

El **Código de Aguas, dictado por el DFL Nª 1122 de 1981 del Ministerio de Justicia en su artículo segundo inciso** cuarto reconoce indirectamente a los humedales al definir *"Son aguas detenidas las que están acumuladas en depósitos naturales o artificiales, tales como lagos, lagunas, pantanos, charcas, aguadas, ciénagas, estanques o embalses."*

12 Cfr. Chacón, Tomo II, pág. 129, citado por Claro Solar Luis, Explicaciones de Derecho Civil Chileno y Comparado, De los Bienes, Volumen III, Editorial Jurídica de Chile, 1979, p. 169.

Con la definición anterior, constatamos que la recepción es similar a la planteada por el **Código Civil, e incluso el artículo 34** del mismo código hace un reenvío al Código de Bello 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."*

Por su parte, resulta también relevante destacar lo indicado por el **artículo 58 del propio Código de Aguas** que reza en su inciso final: "*No se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas y de los llamados bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta, sino con autorización fundada de la Dirección General de Aguas, la que previamente deberá identificar y delimitar dichas zonas."* Con esta norma se busca, evidentemente, restringir el uso desmesurado de los recursos hídricos en zonas en que estos son escasos, y donde por consiguiente, los humedales adquieren una importancia vital no solo para el ecosistema sino incluso para la supervivencia humana.

Para ello, se regula como exigencia para la exploración de humedales públicos o privados la autorización de la DGA. Al respecto debe acudirse a lo dispuesto en el **artículo 79 del reglamento del SEIA**, pues en él se consagran los requisitos que la declaración de impacto ambiental o DEIA debe cumplir para obtener la mencionada autorización:

a) La ubicación de los terrenos donde se realizarán los trabajos, expresada en coordenadas Universal Transversal Mercator UTM y la extensión que se desea explorar.
b) La identificación de los bienes fiscales o bienes nacionales de uso público, tales como humedales o cauces naturales, que se encuentren en el área de exploración.
c) Las características del bofedal o vega, incluyendo sus componentes ambientales tales como suelos, flora, vegetación, fauna u otros relevantes.
d) El régimen de alimentación del bofedal o vega y descripción del sistema hídrico en que se inserta.
e) El caudal máximo de agua que se pretende alumbrar.

f) Los usos existentes y los derechos de aprovechamientos constituidos de las aguas superficiales y subterráneas que se encuentran en la zona que se va a explorar.
g) El efecto esperado de la exploración de las aguas subterráneas, sobre la vega y el bofedal.

La siguiente referencia a los humedales la encontramos en el **artículo 63 del Código de Aguas**, donde se regulan derechamente aquellas zonas *"que correspondan a acuíferos que alimenten vegas y los llamados bofedales"* [13]en que intervenciones como las descritas se encuentran de plano prohibidas, según el criterio de la propia DGA que es el organismo que detenta la capacidad de establecerlas mediante resolución fundada, identificándolas y delimitándolas previamente.

d) Ley de Bases Generales de Medio Ambiente N° 19.300

Hasta ahora hemos constatado que el tratamiento normativo dado a los humedales se vincula más con referencias tangenciales a algunos de sus elementos, y donde prácticamente no existe recepción del concepto. Sin embargo, en la ley sobre Bases Generales de Medio Ambiente (LBGMA) la situación es distinta.

La Ley N° 19.300 de 1994, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia sobre Bases generales del Medio Ambiente se avoca directa y expresamente la noción de humedales como objeto de protección. No obstante, en un principio su aplicación fue más bien tímida en la medida que consagraba un modelo conjunto de normas que intentaba coordinarse con la institucionalidad existente en materia medioambiental, antes que reformarla directamente. Es con las modificaciones planteadas por la ley 20.417 que genera una institucionalidad jerárquica, técnica y con un marco orientador definido, estableciendo notorios avances en el diseño de políticas públicas y la dotación de órganos fiscalizadores, además de avances normativos y directrices precisas marcadamente protectoras.

[13] Esta regulación es aplicable sólo para las Regiones de Tarapacá y Antofagasta.

En este contexto, es dable destacar el conjunto de principios reguladores consagrados en la Ley N° 19.300, los cuales resultan de vital importancia en la medida que señalan y delimitan el objetivo primordial del propio cuerpo normativo, ofreciendo respuestas jurídico-políticas a problemáticas ligadas al medio ambiente. Al respecto, principios como el Contamina-paga, o el Principio de Responsabilidad medioambiental, el Principio Preventivo o el de Participación, buscan ampliar el espectro de actores y acciones que puedan utilizarse en la protección del medio ambiente, y en lo pertinente, resultan estos principios también primordiales a la hora de analizar la protección de los humedales, por cuanto sus directrices formulan un curso de acción integral y participativo.

Ahora bien, en lo estrictamente normativo en esta ley encontramos no solo alusiones a los humedales, sino intentos claros de regulación de los mismos, tal es el caso de lo prescrito en el **artículo 11** donde se especifica 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 y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar".* Es así como se puede constatar como exigencia que los proyectos o actividades dispuestas en el artículo 10 y que involucren o afecten a humedales protegidos requerirán ineludiblemente un Estudio de Impacto Ambiental.

Lógicamente, hablamos aquí de una protección ya no superficial sino patente de los humedales, tanto por el reconocimiento de estos como categoría jurídica como por determinar que cualquier proyecto o actividad que tenga la potencialidad de afectar y eventualmente dañar un humedal, debe superar un Estudio de Impacto Ambiental. Con ello, no se busca suprimir todas las actividades colindantes a los humedales, sino establecer criterios objetivos que permitan el desarrollo humano en concordancia con la protección del ecosistema y el medioambiente.

Por otro lado, los **artículos 35 y 36** regulan el caso de que en pleno ejercicio de las facultades que el derecho de propiedad le otorga al titular del dominio de un inmueble, este desee configurar un área protegida silvestre se entenderán incorporadas a esta *"las porciones de mar, terrenos de playa, playas de mar, lagos, lagunas, glaciares, embalses, cursos de agua, pantanos y otros humedales, situados dentro de su perímetro."* En tal sentido, el **artículo 36** afirma que sobre estas áreas los organismos públicos han de conservar sus facultades en lo que corresponda, modificando con ello profundamente el régimen jurídico aplicable a la propiedad privada.

e) Código Sanitario

Dictado por el DFL Nº 725 de 1967 del Ministerio de Salud Pública, el Código Sanitario consagra al menos dos normas que pueden entenderse relacionadas con el tratamiento de los humedales en el ordenamiento jurídico interno.

En primer lugar, el artículo 31 del código sanitario entrega al Servicio Nacional de Salud la prerrogativa de sanear los distintos sitios en los que se hubiese generado una epidemia para "la protección sanitaria del agua potable y el saneamiento de las aguas corrientes que se utilicen para el riego", naturalmente se trata más bien aquí de la constatación de una alusión, más que una regulación que resulte adecuada o eficaz en la protección de un humedal.

Distinto es el caso de la mención que se hace en el artículo 73, en la medida que este dispone "Prohíbese descargar las aguas servidas y los 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. Sin perjuicio de lo establecido en el Libro IX de este Código, 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."

A diferencia de lo establecido en el artículo 31, se trata aquí de un precepto legal que posee mayor incidencia en la protección eventual de un humedal, particularmente de los cursos de agua, por cuanto busca evitar que se materialicen actos que contaminen o afecten la configuración natural de los cursos de agua, exigiendo no solo una labor de mitigación previa a la descarga de residuos -la denominada "depuración" - sino facultándose directamente a la autoridad para suspender la actividad contaminante y exigir los protocolos y acciones necesarias para evitar la contaminación. Así, ante la amenaza latente de polución de un humedal, esta disposición resulta imprescindible pues permite exigir un acto administrativo ineludible con miras a detener inmediatamente la afección al medio ambiente, o en su caso, la destrucción, alteración o modificación de un humedal.

f) Ley sobre recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal y Reglamento de Suelos Aguas y Humedales y su reglamento.

La Ley N° 20.283 de 2008 del Ministerio de Agricultura conforma un cuerpo normativo destinado según su artículo primero a *"la protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental"* no obstante se vincula directamente con la regulación y protección de los humedales pues en el inciso tercero de su artículo 17 consagra *"De la misma forma, el 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 los criterios señalados en el inciso anterior, así como también los requerimientos de protección de las especies que lo habitan."* Reenviando y entregando al reglamento la tarea de materializar la protección de los humedales, utilizando los criterios citados referenciados en el inciso segundo, estos 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".*

En cumplimiento de lo dispuesto en este artículo, mediante el **DS Nº 82 del año 2010 del Ministerio de Agricultura**, se dictó el denominado **Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales de la Ley N°20.283**. En él, se realiza un tratamiento algo más detallado de la categoría en análisis, partiendo por lo dispuesto en el **artículo 2º** que entrega un concepto de humedal para efectos del propio reglamento. Así, entiende por humedales a aquellos *"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."*

Luego, a partir del **artículo 3º** y siguientes, el reglamento se da a la tarea de establecer una serie de preceptos específicos con miras a la regulación de los humedales, generando prohibiciones y restricciones como las dispuesta en el **artículo 10º** que indica "*En los humedales declarados sitios Prioritarios de Conservación, por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, o sitios Ramsar, prohíbase la corta, destrucción, eliminación o menoscabo de su vegetación hidrófila nativa*", o por otro lado, lo dispuesto en el **artículo 11º** señalando *"Prohíbase 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.

Por su parte, con el **artículo 13** se establece que *"En humedales, manantiales y cauces naturales de agua, prohíbase su utilización como vía de tránsito de maquinarias y equipos que comprende a trineos, catangos y similares."* Y a su vez, con **el artículo 14** regula otra

prohibición, la de depositar desechos de explotación en *"cuerpos de agua, humedales, manantiales y cauces naturales de agua".*

Luego, encontramos la regulación respecto de la construcción de caminos vinculada a los humedales que es regulada por el **artículo 17**, donde cabe destacar preceptos relativos a la pendientes de los caminos, o el lugar en el que deben verterse los derrames producidos por los caminos, los cuales no podrán afectar ni ser depositados en humedales o manantiales; el establecimiento de una noción programática clave, tal es, que la construcción de caminos *"no debe obstruir el libre escurrimiento de los cauces naturales de aguas y manantiales"* fijando así un criterio clarificador del nivel de prioridad que debe darse a la protección de los humedales y los ecosistemas subyacentes cuando esta colisiona con el desarrollo vial o urbano. 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, por cierto- para la tutela de los humedales, dando respuesta a problemáticas concretas y prácticas 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, verificando posteriormente la denuncia en el Juzgado de Policía Local competente para que sancione, restrinja o tutele el cumplimiento de las normas según corresponda.

g) Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

Dentro de las regulaciones pertinentes y relativas a la protección de humedales, es imprescindible revisar la estructura normativa que rodea al denominado Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. El SEIA corresponde a un procedimiento de carácter administrativo que encaja dentro de las funciones y prerrogativas entregadas al Servicio de Evaluación Ambiental, o SEA.

Mediante este procedimiento se busca controlar y verificar cual es el calibre del impacto ambiental que tendrá el desenvolvimiento o desarrollo de una determinada actividad o proyecto, evaluando si en su implementación y funcionamiento el mismo cumple con las normativas medioambientales vigentes. Para ello, el organismo se sirve de dos instrumentos formales que detallarán, según el caso, la resolución del órgano. Así, por un lado, tenemos el Estudio de Impacto Ambiental o EIA y la denominada Declaración de Impacto Ambiental o 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 Ley de Bases Generales del Medio Ambiente ya referenciada.

Al ser este el mecanismo de control que el Estado posee respecto de las actividades que puedan dañar el medio ambiente, es importante constatar que dentro de las actividades que deben ser sometidas al SEIA encontramos los 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 agua, señaladas en la letra a) del artículo 10 de la ley 19.300.

Naturalmente, esta disposición se vincula con la protección de los humedales en la medida que tanto las obras relacionadas con drenajes, desecación o dragado aparecen como las principales amenazas de los cursos de agua que dan vida a un humedal, afectando con ello al ecosistema integral que se genera alrededor de ellas.

Es entonces en este aspecto que el reglamento del SEIA precisa el tipo de obras que han de someterse necesariamente a la evaluación de impacto ambiental correspondiente. **El artículo 3 establece:** *"Tipos de proyectos o actividades. Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:*

a.2. Drenaje o desecación de:

a.2.1 Vegas y bofedales ubicados en las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, cualquiera sea su superficie de terreno a recuperar y/o afectar.

a.2.2 Suelos "ñadis", cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea igual o superior a doscientas hectáreas (200 ha).

a.2.3 Turberas.

a.2.4 Cuerpos naturales de aguas superficiales tales como lagos, lagunas, pantanos, marismas, vegas, albúferas, humedales o bofedales, exceptuándose los identificados en los literales anteriores, cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea igual o superior a diez hectáreas (10 ha), tratándose de las Regiones de Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo; o a veinte hectáreas (20 ha), tratándose de las Regiones de Valparaíso a la Región del Maule, incluida la Región Metropolitana de Santiago; o a treinta hectáreas (30 ha), tratándose de las Regiones del Bío Bío a la Región de Magallanes y Antártica Chilena."

Así, es posible entender que todo ecosistema que cumpla con los requisitos para ser calificado de humedal según estas características y que pueda verse en situación de afectación, modificación, contaminación o destrucción, deberá ser sometido a la evaluación correspondiente. Al respecto, y tal como lo señala Antiao Valenzuela, resulta interesante observar que la clasificación de humedales o bofedales aquí referenciada no se encuentra acompañada de la especificación "protegidos". Por lo que el área de protección se extiende a todos los ecosistemas que cumplan con estas características y no solo a los establecidos por actos de autoridad.[14]

Con todo, la doctrina ha criticado a este respecto el criterio utilizado para valorar la exigencia de sometimiento al SEIA, en cuanto no prioriza los múltiples componentes

14 Antiao M., "Legislación aplicable a los Humedales en Chile: Análisis crítico de su protección en la normativa vigente", Universidad Austral de Chile, año 2013, p.19,

integrales que dan forma a un humedal, ni sus características ecológicas y sistémicas, sino que para efectos de la desecación solo resulta relevante la extensión de territorios, es decir, la cantidad de hectáreas afectadas.

Así, y como suele ocurrir con el establecimiento de criterios formales y no materiales, se acaba por limitar la función protectora de los humedales que da forma al propio cuerpo normativo, infringiendo de paso el deber del Estado de tutelarlos, por cuanto la relevancia de una actividad que afecte a los humedales no vendrá dada por la acción en sí misma, sino por la extensión del daño o el tamaño del humedal dañado, lo que resulta incongruente si hablamos del drenaje o desecación pues esta constituye una de las principales fuentes de amenaza para los humedales, particularmente los urbanos.

Una crítica similar es posible aplicar respecto de lo dispuesto en el **artículo 2** del mismo reglamento, que al definir las áreas protegidas solo incluye los humedales declarados como tales por un acto de autoridad, excluyendo a aquellos humedales que cumplen con los criterios naturales y jurídicos para ser considerados como tales pero que por no existir un acto oficial que los declare protegidos se encuentran entregados a una desregulada utilización y/o afectación sin que medie sanción alguna.

h) Ley y Reglamento de Fomento de la inversión privada en obras de Riego y Drenaje

Debemos entender que realizar un análisis concerniente a la regulación aplicable a los humedales no solo implica valorar aquellas normas que se orientan patentemente a su protección, sino también comprender qué normas pueden afectarlos. Ejemplo de esto último es lo que ocurre con la **Ley N° 18.450 de 1985 del Ministerio de Agricultura, referida al Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje.**

Eso pues, el contenido y objetivo de esta norma dice relación con 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. Resulta paradójico desde

la perspectiva aquí utilizada que el mismo ente garantista y protector del medio ambiente regule con beneficios una actividad que se instituye como uno de los principales riesgos para la subsistencia de los humedales, a saber el drenaje.

Si analizamos el contenido del reglamento en su artículo 1 nº 9, podemos apreciar que se entiende por obras de drenaje aquellas destinadas "*evacuar el exceso de las aguas superficiales o subsuperficiales de los suelos en los que constituyen una limitante para el desarrollo de los cultivos…"*

Así, 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 las mismas, 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 a un humedal, lo que aparece patentemente como contradictorio con las demás regulaciones aquí tratadas.

i) Resoluciones y ordenanzas municipales relativas al uso y protección de los humedales

Para dar cumplimiento al mandato constitucional de satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de la comuna, las municipalidades cuentan con dos grandes grupos de funciones: las funciones privativas y las funciones compartidas. Para el desarrollo de estas funciones los municipios no requieren autorización previa o delegación de ningún ministerio o servicio que tenga competencia sobre la materia. Dentro de las primeras encontramos la disposición del **artículo 3°** que establece entre otras, la de la letra b), la cual establece que les 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 a lo establecido en el Código Civil, 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. Con todo, es necesario señalar que los planos reguladores en Chile no cuentan con el ámbito de competencia para proteger humedales, Así lo establece la **circular N° 0935** del primero de diciembre del año 2009 de la División de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda Urbanismo, que señala que *"el Plan regulador Comunal sólo tiene facultad para reconocer las áreas de protección de recursos de valor natural."*

Pues bien, relacionado con lo anterior, el **artículo 12** establece que las resoluciones que adopten las municipalidades se denominarán ordenanzas, reglamentos municipales, decretos alcadicios o instrucciones. Por tanto, cabe preguntarse, cuál de estos instrumentos es el más idóneo para establecer la protección de humedales. En este sentido, creemos que los reglamentos municipales y las ordenanzas pueden responder a la necesidad de regular el tratamiento que reciben los humedales, a lo menos desde el punto de vista local. El inciso tercero del ya referido artículo 12, señala que los reglamentos municipales serán normas generales obligatorias y permanentes, relativas a materias de orden interno de la municipalidad. Por su parte, las ordenanzas municipales son definidas como normas generales y obligatorias aplicables a la comunidad. Por tanto, ambos instrumentos al ser de carácter general se presentan como alternativas idóneas para hacer frente desde la regulación local, al detrimento constante y sostenido que han venido sufriendo los humedales en el último trienio. Al menos, respecto de aquellos humedales que gozan de protección o reconocimiento oficial, de esta forma, frente al vacío legal en esta materia, aparece de manifiesto la necesidad de contar con un sistema que proteja a los humedales

que no gozan de reconocimiento oficial quedando supeditados a las normas del derecho común o privado.

Con todo, las solas reglas del derecho privado podrían perjudicar la función social que constitucionalmente se le reconoce a la propiedad en Chile, la Constitución Política acepta que una persona pueda ser privada de su propiedad por expropiación. Sin embargo, para proceder es necesaria la concurrencia de los siguientes requisitos copulativos: existencia de ley, general o especial, que autorice la expropiación; existencia de una causa de utilidad pública o de interés nacional que así haya sido calificada por el legislador al aprobar la ley, y; previo pago al afectado, antes de la toma de posesión del bien expropiado, del total de la indemnización que corresponda ello según se establece en el artículo 19 N° 24 de la Constitución Política de la República.

De esta forma, la Ley de Municipalidades establece que, *"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"*. Aún más, conforme a la modificación introducida por Ley Nº19.939 (Diario Oficial del 13 de febrero de 2004) a la Ley de Municipalidades, se dispuso lo siguiente: *"Asimismo, declárense de utilidad pública los inmuebles destinados a vías locales y de servicios y a plazas que hayan sido definidas como tales por el Concejo Municipal a propuesta del alcalde, siempre que se haya efectuado la provisión de fondos necesarios para proceder a su inmediata expropiación".* De este modo, vemos que una ley general, la Ley de Municipalidades, autoriza la expropiación de inmuebles por causa de utilidad pública.

La referida ley 19.939, que asimismo modificó el DFL 458, de 1975, del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, Ley General de Urbanismo y Construcciones, dispuso lo siguiente: *"Las expropiaciones que realicen las municipalidades en virtud de una declaratoria de utilidad pública se sujetarán al procedimiento contemplado en el decreto ley Nº2.186, de 1978, Ley Orgánica de Procedimiento de Expropiaciones".*

La interpretación relativa a las normas sobre expropiación aparece con un carácter excepcional. Entendemos que, dadas las características de nuestro sistema jurídico en torno a la robusta protección de la propiedad privada, esta alternativa podría estimarse impracticable por la excesiva onerosidad que conlleva. Sin embargo, si la legislación reconociera y situara a los humedales como categoría objeto de protección en atención a la invaluable función natural que desempeña sostendremos que es una posible vía de solución, sin perjuicio del carácter excepcional y gradual con el que se debiera aplicar.

j) Ley General de Urbanismo y Construcciones y su Ordenanza

La Ley General de Urbanismo y Construcciones, dictada por Decreto con Fuerza de Ley N°458 de 1976 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 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 Ordenanza General de Urbanismo y Construcción dictada por Decreto Supremo N°47 de 1992 correspondiente al mismo ministerio. Esta última regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, urbanización y construcción, y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en los dos últimos, según lo establece expresamente el artículo 2° del referido DFL.

La normativa en esta materia es atingente al estudio de la normativa vinculada con los humedales por cuanto el crecimiento de la población y su consecuente expansión urbanística ha provocado un aumento en la necesidad de viviendas y servicios que ha llevado a la pérdida de numerosas hectáreas de estos ecosistemas. Así las cosas, puede ser que el humedal se destruya directamente mediante su drenaje y relleno con el objeto de construir sobre ellos zonas residenciales. En el mismo sentido, es posible que se afecten de forma indirecta mediante la contaminación de alrededores con los desechos propios de la construcción15, por tanto, es en este contexto que interesa revisar la presente normativa.

15 Cfr. Amstein S., Los humedales y su protección jurídica, p.p 46-47.

El **DFL N°458 de 1976 del MINVU** establece dentro de sus normas complementarias que en los planes reguladores se podrán definir áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos, distinguiendo al respecto dos nomenclaturas a saber: "zonas no edificables" y "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.

Es del caso señalar que la Ordenanza identifica como áreas de riesgo, las *"zonas inundables o potencialmente inundables".* Así, las caracteriza como aquellas zonas que encuentran -entre otras causas- a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.

Lo interesante de la Ordenanza es que al definir como zona de riesgo las áreas inundables, establece que, para autorizar actividades, se requerirá que se acompañe a la respectiva solicitud de permiso de edificación un estudio fundado, elaborado por 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. A su turno, señala que el plan regulador establecerá las normas urbanísticas aplicables a los proyectos una vez que cumplan con los demás requisitos establecidos.

Ahora bien, tanto el plan regional de desarrollo urbano, planes reguladores intercomunales o metropolitano y los planes comunales pueden definir el uso de suelo permitido en el área de su competencia, de manera que podrán establecer 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 a 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, tal y como señala Antiao Valenzuela, 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[16].

k) Ley de Caza

Dictada en 1996 por el Ministerio de Agricultura, la ley N° 19.473 y su Reglamento dictado por el Decreto N°5 de 1998 del mismo Ministerio en su regulación se vinculan solo tangencialmente con los humedales y su protección. En tal sentido, a instancias de restringir el desarrollo de una actividad determinada acaba tutelando ciertos elementos de un ecosistema humedal.

El **artículo séptimo,** por ejemplo, afirma la prohibición de *"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".*

16 Cfr. Antiao M. Legislación aplicable a los humedales en Chile: Análisis crítico de su protección en la normativa chilena, p.p 32-34.

Esta disposición a su vez es complementada por el propio reglamento que especifica su contenido precisando por ejemplo en el **artículo 4º, 5º y 6º** las especies cuya caza se encuentra terminantemente prohibida por medio de un extenso listado que reconoce no solo la denominación común y científica de las especies protegidas y el estado de protección. Luego, indica la instauración de las reconocidas cuotas máximas por jornada y el conjunto de especies que serán calificadas como perjudiciales y dañinas, razón por la cual se extiende o favorece su caza.

Con ello, se protege uno de los componentes elementales de un humedal, nos referimos naturalmente al conjunto de especies que se vinculan directamente con estos en la configuración de un ecosistema dinámico e interrelacionado. 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.

8.1.2. Títulos de propiedad

Materiales y métodos

El estudio de título y propiedad se llevó a cabo en los tres sistemas de humedales priorizados: Sistema de Humedal Mahuiza y Angachilla; Las Mulatas; y LLancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas. Para su realización, se utilizó la delimitación de humedales realizadas en el contexto de este estudio, y el Mapa de Roles del Sistema de Impuestos Internos (https://www4.sii.cl/mapasui/internet/). Se seleccionaron los predios que limitaban con el sistema de humedales construyendo una tabla con el rol del predio y nombre del propietario (Figura 8.1.2.1).

Con el mapa de ubicación de los predios y su información, se procedió a hacer un estudio de título de la propiedad en el Conservador de Bienes Raíces de VALDIVIA.

Resultados

Se revisaron 218 predios, de las cuáles solo fue posible recabar antecedentes sobre 135 en el caso de las inscripciones (Tabla 8.1.2.1) y de 48 en el caso de los títulos vigentes (Tabla 8.1.2.2). Las principales dificultades en el levantamiento de información fueron: a) Mapa de roles desactualizado y con errores, b) Una misma persona con más de un predio en la comuna, lo que dificulto llegar al predio objeto de este estudio y c) La magnitud de la tarea.

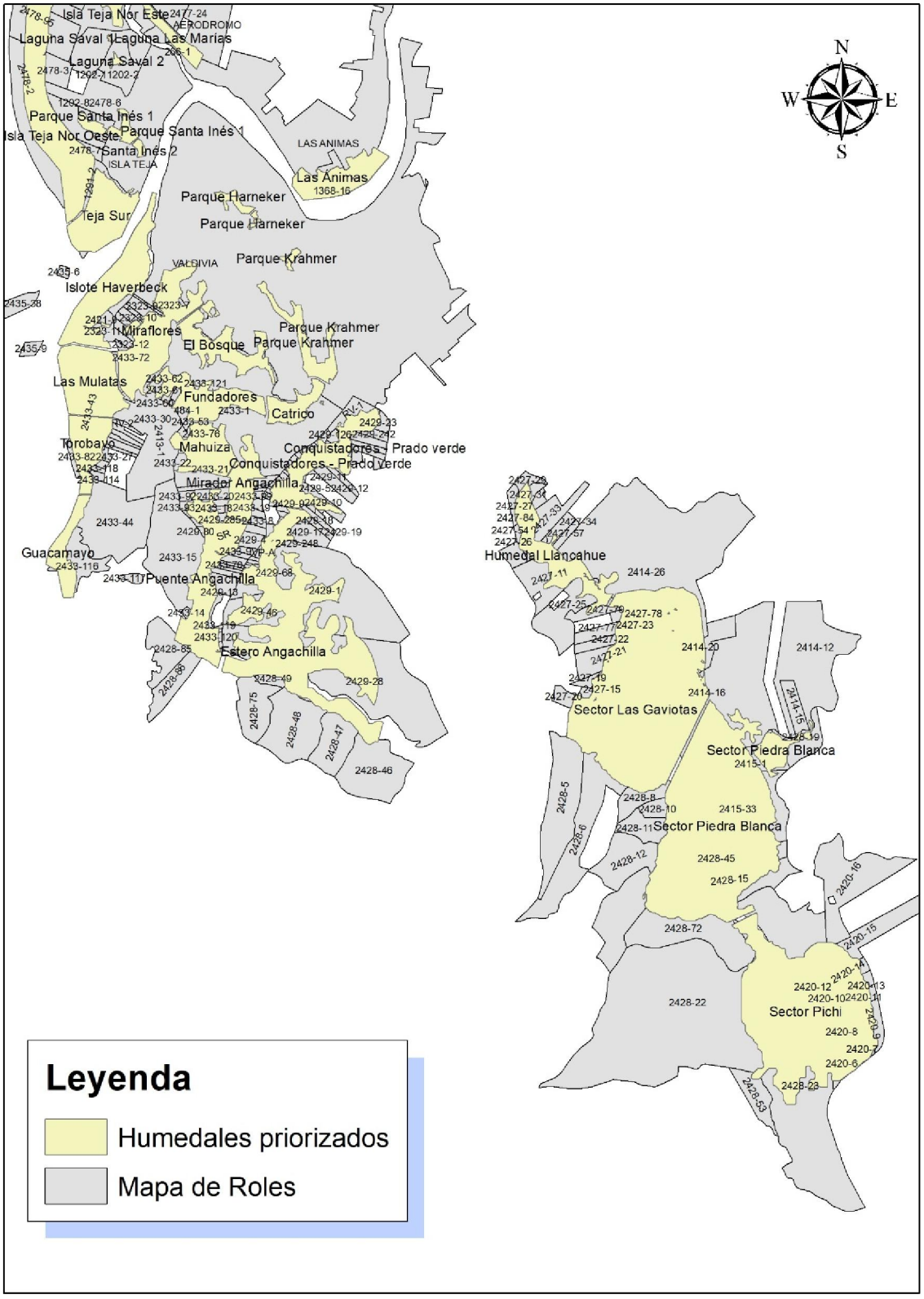

Figura 8.1.2.1
Predios estudiados

Tabla 8.2.1
Inscripciones de los predios aledaños a los Humedales priorizados

ID	ROL	NOMBRE DEL PREDIO	INSCRIPCIONES
1	2477-25	Chacra Santa Elena, Las Animas	666-637-1966
2	2477-10	El puerto	1407-1373-1948
3	2477-11	El puerto	192-208-1970
4	2477-14	Cau Cau	230-227-1955
5	2435-9	Los pinos	706-1164-1976
6	2429-242	Santa Elena Lote 2	520-852-1992
7	2429-243	Santa Elena Lote C	521-853-1992
8	2433-118	Las Mulatas	815-1151-1984
9	2433-109	Sector Las Mulatas SN	755-1046-1983
10	2433-114	Las Mulatas	476-838-1990
11	2433-92	Los Aromos Las Mulatas	1486-2197-1993
12	2433-93	Los Aromos Hijuela N°3	951-1418-1994
13	2433-8	Angachilla	346-343-1959
14	2427-58	KM 8 Carretera	35-63-1987
15	2433-9	La Piragua	59-98-1941
16	2429-46	Chacra La florida Angachilla	2048-2818-1999
17	2433-119	Miraflores	4083-4580-2013
18	2428-8	Teja	1416-2375-1989
19	2428-15	Santo Domingo Teja	822-791-1945
20	2428-15	Santo Domingo Teja	822-791-1945
21	2420-6	Hijuela 00012	310-469-1940
22	2477-31	Cabo Blanco	904-1357-1973/121-126-1970
23	2477-27	Cabo Blanco	913-1366-1994/3287-3931-2008
24	2435-6	Quinta Torobayo	905-1441-1979/ 465-640-1996
25	2413-1	Hijuela 4 Lomas del Sol	44-53-1980/1065-1931-2003
26	2433-29	El Peral	389-788-1920/668-958-1952
27	2433-23	Los Castaños	469-577-1978
28	2433-22	Mi Rincón	1020-1361-1981
29	2429-132	Esperanza El Bajo	536-800-1982/360-328-1962
30	2433-20	Los Aromos Hijuela N°2	497-846-1988/3174-3611-2013

ID	ROL	NOMBRE DEL PREDIO	INSCRIPCIONES
31	2427-34	Fundo Sonia	894-1562-1986/998-1158-1977
32	2429-19	Angachilla KM 5 El Mirador	1447-1367-2018/2250-2195-2018
33	2429-18	Angachilla KM 5 Int	1120-1669-1973/70-108-1939
34	2429-285	Angachilla Hijuela 1	1237-2089-1989/269-348-1995
35	2427-55	Las Gaviotas Salida Carretera Sur	610-1061-1986
36	2427-11	Hijuela El Hualve Sector Las Gaviotas	165-167-1967/1609-1654-1955
37	2414-16	Pieda Blanca	1531-2568-1989/2634-3034-2013
38	2427-22	El Hualve Lote 2 Sector Las Gaviotas	869-1352-1982/725-1099-1994
39	2429-28	Angachilla Nuevo	470-783-1987
40	2427-19	Victoria	926-1453-1982/1425-1863-2005
41	2428-19	Pieda Blanca	1486-2030-1998/1487-2031-1998
42	2428-48	Rancho Grande	413-450-1964/308-285-1963
43	2428-47	Rancho Grande Hijuela C	1657-2776-1992/304-417-1973
44	2428-45	Santo Domingo	1188-1115-1945/140-155-1945
45	2428-12	Tejas	48-79-1988-1305-1773-1981
46	2477-9	El puerto	1059-1822-1990/158-180-1975/255-301-2006 lote b 1
47	2477-33	Amelia	497-480-1963/497-480-1963/388-590-1940
48	2433-30	Las Mulatas	1006-0676-1987/378-592-1968/1040-1015-1966
49	2429-10	El Avellano Angachilla KM 5	507-615-1978/14592280-1982/207-195-1960
50	2428-49	Rancho Grande Hijuela E	232-388-1991
51	2415-1	Pieda Blanca	1195-1963-1991
52	2428-5	Las Gaviotas	221-397-1934/ 222-398-1934/218-392-1934
53	2428-6	Las Gaviotas	482-652-2003/5-6-1985/86-144-1988
54	2477-1	Cabo Blanco	2622-3018-2012/2904-3352-2012
55	2421-9	Cufeo Hijuela 00030	732-955-1974/136-126-1963/844-1267-1942/914-1493-1943

ID	ROL	NOMBRE DEL PREDIO	INSCRIPCIONES
56	2433-43	Las Mulatas	369-406-1970/392-432-1970/393433-1970/314-335-1965
57	2414-20	Chacra San José	212-251-1975/152-154-1967/174-172-1964/254-226-1962
58	2428-23	Fundo Elena	1860-3112-1992/929-1470-1979
59	2428-53	Fundo Elena	1860-3112-1992/929-1470-1979
60	2478-2	Isla Teja	660-996-1938/666-1003-1938/674-1015-1938/682-1027-19387/683-1028-1938
61	2433-27	Las Mulatas Quinta Paredes	852-1325-1982/853-1326-1982/595-922-1993/664-1006-1994/97-133-2000
62	2429-12	Predio Los Guindos Sector Angachilla	1855-3150-1992/1666-2854-1988/745-811-1969/1214-1185-1966/1221-2067-1989
63	2433-82	Las Mulatas	242-326-1998/498-653-1980/1752-2947-1992/60-72-2010/2623-2969-2011
64	2427-31	LLancahue	483-498-1957x2/338-433-1976/637-630-1946x2
65	2427-27	LLancahue	1367-2150-1982/492-666-1974/682-896-1974/868-920-1964/205-227-2007
66	2427-26	Las Gaviotas	796-1268-1985/697-1072-1993/445-586-1999
67	2429-68	Hijuela 4 Angachilla	14-22-1991
68	2429-69	Hijuela 5 Angachilla	13-21-1991
69	2427-20	Las Parras	257-457-1934/312-579-1935/355-617-1934/399-696-1934/404-712-1937
70	2477-24	Cau Cau	177-180-1967/179-181-1967/179-170-1955/218-361-1941/218-362-1941/95-251-1927
71	2433-62	Nahuiza Sector Las Mulatas	1090-1513-1984/985-1676-1989/1031-1752-1989/679-902-2003/680-903-2003/680-904-2003

ID	ROL	NOMBRE DEL PREDIO	INSCRIPCIONES
72	2429-23	Santa Elena Lote 1	682-1154-1991/403-440-1981/1037-1386-1981/486-755-1993/1383-1418-1956/1383-1418-1956
73	2433-60	Mahuiza	1090-1513-1984/985-1676-1989/1031-1752-1989/679-902-2003/680-903-2003/680-904-2003
74	2429-126	Esperanza	211-256-1980/704-817-1977/988-1581-1976/350-335-1961/431-452-1954/42-64-1974
75	2429-9	Angachilla Km 5	612-865-1984/1761-3017-1988/652-1133-1986/1009-1655-1922/665-748-2007/665/749-2007
76	2429-17	El cerro	70-104-1974/786-1025-1974/692-1016-1973
77	2433-10	Angachilla	724-1225-1991/
78	2433-117	Isla Máfil	958-1339-1984/1136-1573-1984/491-679-1996/1104-1568-1996/829-1158-2000/2719-4322-2004
79	2420-15	Santo Domingo Fundo Cufeo Hijuela 14	387-384-1959/687-711-1955/
80	2428-72	Fundo Rincón Nuevo Piedra Blanca	438-409-1966/
81	2477-15	Cabo Blanco	904-1357-1973/121-126-1970/
82	2477-8	El Puerto	112-101-1946/ 1305-1305-1946/ 144-298-1931/ 585-957-1943/ 1289-1192-1947/ 489-606-1975
83	2477-12	Cabo Blanco Parcela Villa Melita	145-239-1990/262-437-1991/ 958-1232-1978/958-1233-1978/959-1234-1978/1087-1433-2002/4069-4567-2013
84	2477-13	Cabo Blanco Parc Villa Melita	958-1233-1978
85	2427-33	Chacra Ranger Llancahue	819-820-1951/152-229-1938/922-985-1951/96-164-1941/819-872-1951/1126-1534-1995/1125-1533-1995

ID	ROL	NOMBRE DEL PREDIO	INSCRIPCIONES
86	2433-44	Fdo Sta Rosa De Las Mulatas	69-92-1979/3395-505-1976
87	2427-42	Las Gaviotas	819-1249-1993/659-1142-1989/1368-1504-2014
88	2427-54	Las Gaviotas 1	609-1060-1986
89	2427-25	El Hualue Las Gaviotas	318-296-1960/318-296-1993/1029-1325-1972/880-1163-1998
90	2429-67	Angachilla Hj 3	930-1460-1982/
91	2427-78	Las Gaviotas	886-1477-1991
92	2427-23	Las Gaviotas	886-1477-1991/
93	2433-61	Mahuiza	38-59-1941/655-672-1965/359-348-1950/130-192-1944/130-193-1944/359-348-1950/38-60-1941/574-543-1950
94	2427-84	Llancahue	398-690-1986/761-1149-1994/156-195-1995/198-269-1998/1828-1933-2015
95	2433-14	San Jorge	1332-1346-1954/376-401-1951/847-882-1955/777-1092-1984/120-130-1975/1369-1796-1968/1467-1495-1963/480-463-1961
96	2420-11	Hijuela 00005	924-866-1947/884-1446-1943/696-702-1956/191-177-1950/612-592-1963/572-634-1969
97	2427-29	Llancahue Kilometro 7	398-690-1986/833-1033-1972/341-577-1987/658-1141-1989/659-1142-1989/761-1149-1994/156-195-1995/198-269-1998/1828-1933-2015
98	2427-79	El Hualve Las Gaviotas	1029-1325-1972/282-406-1984/129-204-1993/511-605-2006
99	2427-21	El Hualve Sector Las Gaviotas Valdivia	731-1224-1987/752-777-1967/
100	2477-30	Ca Cau Cabo Blanco	680-1142-1987

ID	ROL	NOMBRE DEL PREDIO	INSCRIPCIONES
101	2433-121	La Mahuiza	935-1609-1990/134-221-1988/1244-2083-1992/719-1237-1989/907-1547-1989/1037-1761-1989/1777-2959-1989/1278-1738-1995/793-1111-1997/1310-1598-2008
102	2433-21	Los Pelues	865-1207-1997
103	2429-80	Angachilla	866-1347-1982/922-1444-1982/63-60-1957/
104	2414-12	Piedra Blanca	1531-2568-1989/2634-3034-2013
105	2415-33	Parcela N 2	199-328-1941
106	2429-11	Prado Verde Km 5 Angachilla	235-392-1988/897-1460-1976/
107	2429-11	Prado Verde Km 5 Angachilla	897-1460-1976/
108	2429-72	Angachilla Hj 8	921-1442-1982/922-1445-1982/63-60-1957/
109	2429-13	Ngachilla Km 5	2172-2904-2000/287-305-1977/
110	2414-15	P La Culebra	746-756-1956/114-101-1950/142-130-1950/252-346-1952/746-756-1956/201-336-1988/147-256-1986/147-255-1986/231-260-1981/1512-1432-1950
111	2428-46	Rancho Grande	1501-2571-1990
112	2420-7	Hijuela 00011	38-53-1996/254-422-1941/280-249-1962/438-404-1960/439-405-1960/1283-1281-1946/
113	2433-116	Guacamayo	141-235-1987/433-721-1991/1481-2545-1990/769-894-1977/346-402-1972-367-418-1971/794-815-1965/1324-1378-1965
114	2420-14	Hijuela 000010000	619-1012-1943/74-79-1945/1354-1257-1947
115	2420-9	Hijuela	1021-965-1945/1250-1249-1946/758-731-1945/987-935-1945
116	2477-34	La Patagua	127-240-1935/207-424-1932/246-494-1932/59-111-1934/273-435-1939/1391-2286-1987/1047-

ID	ROL	NOMBRE DEL PREDIO	INSCRIPCIONES
			1649-1982/341-441-1980/1097-1297-2009/1098-1298-2009/1100-1300-2009/4291-4817-2013/4292-4818-2013/4292-4819-2013
117	2478-6	Los Manzanos	601-852-1984/602-853-1984/603-854-1984/603-855-1984/604-856-1984/683-824-1975/1020-1352-2002/1818-2348-2002/1742-2236-2003/854-1129-2005/39-49-2009/498-604-2009/2695-3054-2011/2417-2939-2009
118	2433-72	Las Mulatas	145-342-1930
119	2427-57	Kilometro Ocho Carretera Sur	510-893-1990/276-459-1988/171-286-1987/1708-2928-1988/1311-1947-1993/1310-1952-1994/1583-2335-1994/152-201-1997/693-829-2009/278-345-2010/283-351-2010/284-352-2010/466-520-2014/467-521-2014/2735-2843-2015/3912-3819-2017
120	2429-1	Angachilla Viejo	1675-2183-1981/1676-2185-1981/787-1019-1978/86-135-1992/865-1207-1997/1355-1851-1997/1335-1743-2002
121	2429-13	Angachilla Km 5	287-305-1977/2172-2904-2000/
122	2429-336	Paillao Lt D2	139-229-1988/389-650-1991/437-728-1991/438-729-1991/1127-1919-1988/50-86-1987/1052-1754-1987/1876-3137-1992/1930-3223-1992/1216-1814-1993/279-424-1994/361-491-1996/169-230-1998/700-926-1999/701-927-1999/821-1090-2005/822-1091-2005/1270-1441-2012
123	2433-18	Los Pelues	77-111-1982/1086-1621-1973
124	2429-1	Angachilla Viejo	1675-2183-1981/1676-2185-1981/787-1019-1978/86-135-

ID	ROL	NOMBRE DEL PREDIO	INSCRIPCIONES
			1992/865-1207-1997/1355-1851-1997/1335-1743-2002/
125	2433-15	Fundo Miraflores Sector Angachilla Valdi	388-521-1998/1323-1804-1998/943-1582-1987/779-1096-1984/1293-19321994/225-300-1997/225-301-1997/1322-1803-1998/1494-2034-2001/
126	2433-19	Los Pelues	968-1380-1944
127	2478-3	Isla Teja Los Robles Sn	1677-2272-1998
128	2428-75	Angachilla Hij 1	1095-1812-1991
129	2428-10	Tejas	1246-1300-1965/660-631-1961/1014-943-1961++
131	2478-1	Fdo Teja Norte Lt C	895-1147-1978/1379-2056-1994/
132	2433-1	Funod Huachocopihue	1209-2082-1990
163	2429-244	Paillao Lt D1	342-536-1993/1302-1933-1993/1347-1998-1993/1268-1895-1944/116-156-1996/252-339-1998/1923-2533-2000/1037-1371-2002/1882-2547-1999/
165	2433-24	Nahuiza	964-1613-1987/973-1625-1987/863-814-1958/994-1019-1957/637-638-1956/994-1019-1957/
172	2414-26	El Colmenar	50-62-1980/65-80-1980/1539-2093-1998
200	2429-65	Angachilla Hj 1	921-1442-1982/

Las inscripciones presentadas, muestran que alrededor de un 3% poseen más de 10 inscripciones (traslaciones de dominio), más del 17% presentan más de 5 inscripciones, 45% presenta entre dos y cuatro inscripciones y solo un 35% posee una sola inscripción.

Al analizar los dominios vigentes encontrados, se evidencia primeramente una atomización de la propiedad, adicionalmente se evidencian nuevos propietarios en algunas zonas como predios fiscales, forestales y de inmobiliarias (Anexos digitales).

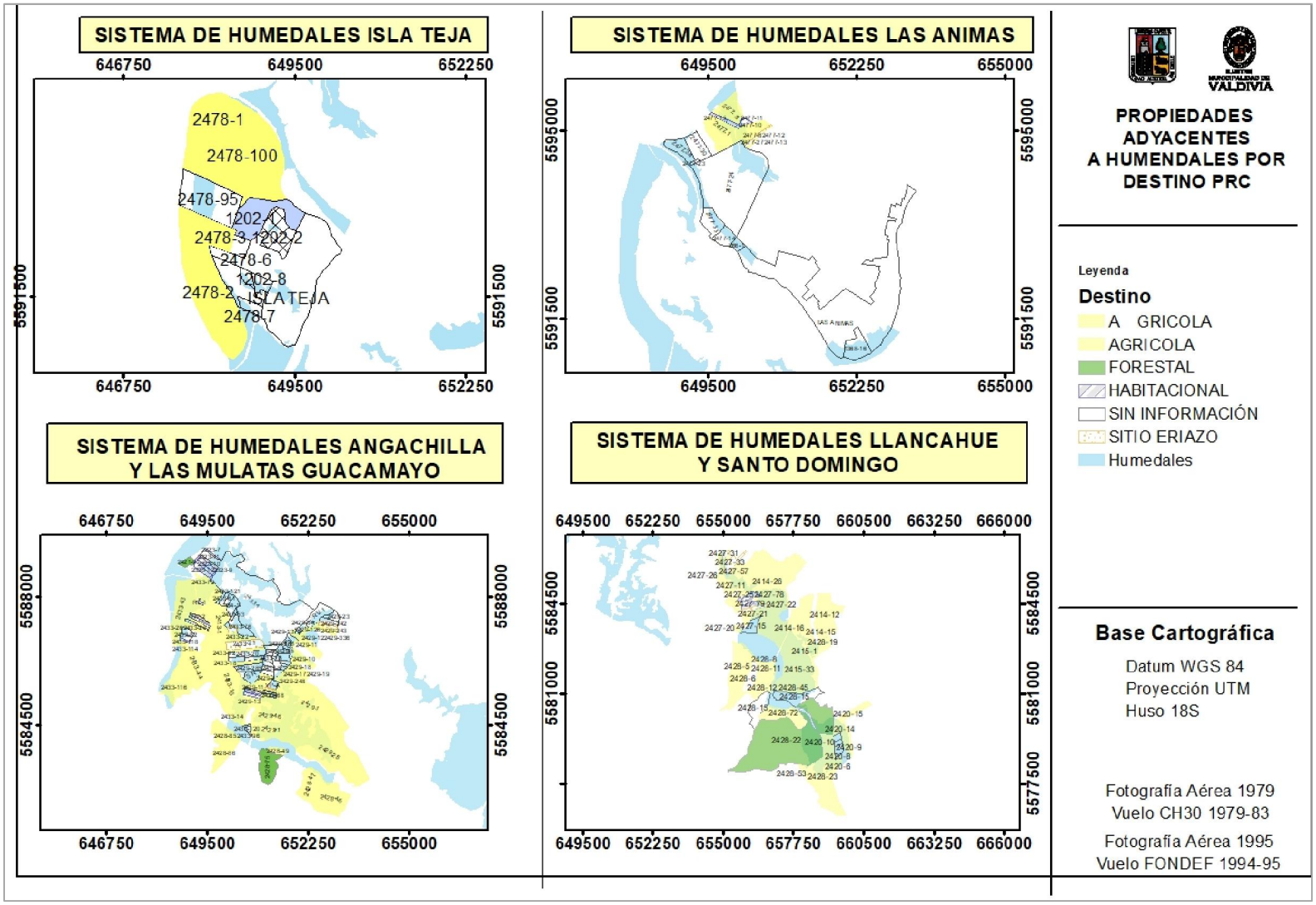

Figura 8.1.2.2
Predios según destino señalado por SII

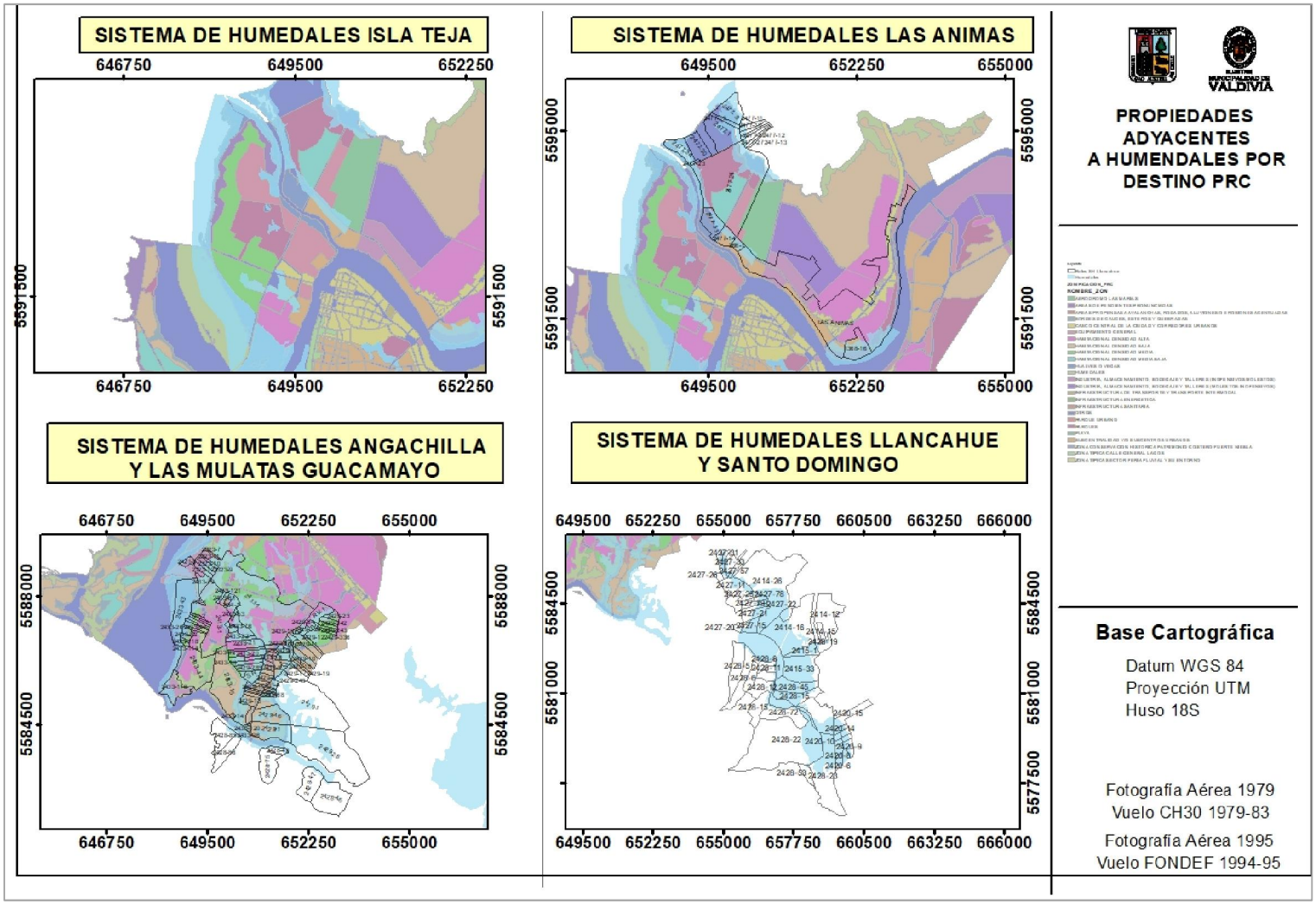

Figura 8.1.2.3
Predios según tipo de zonificación PRC

8.1.3. Conclusiones

Del análisis pormenorizado de los cuerpos normativos del derecho interno que resultan aplicables directa o tangencialmente a la categoría jurídica de humedales, es posible deducir ciertos elementos conclusivos.

En primer lugar, es evidente la carencia que existe en la legislación actual y vigente de un cuerpo normativo estructurado, funcional, único y ad hoc que regule la protección de los humedales. Como vimos, la tutela de los humedales se encuentra entregada al Estado por la CPR, ello se infiere de las normas analizadas, en específico del artículo 19 N°8, y para ello se ha incurrido en una disfuncionalidad normativa evidente. La dispersión jurídica aquí constatada aparece como una debilidad basilar en la medida que impide un actuar eficaz de los órganos del Estado en la protección de este tipo de ecosistemas tan común y relevante en nuestra zona.

En segundo lugar, ya no desde lo estructural sino de fondo, se aprecia una clara antinomia entre el contenido de ciertas disposiciones de cuerpos normativos sectoriales con las normas reguladoras generales. Así, por ejemplo, ciertos elementos de la ley de caza o de la ley de fomento a la inversión privada en obra de riesgo y drenaje que contradicen directamente la CPR o el reglamento de suelos, aguas y humedales. Con ello, se dificulta no solo la aplicación práctica de las normativas, forzando a los tribunales a abrir vías de interpretación confusas y contradictorias, sino que además se complejiza también el estudio de las propias normativas a objeto de mejorarlas.

En tercer lugar, y no obstante estas falencias constatadas, es posible identificar elementos normativos que resultan útiles para la protección de los humedales. Así, la valoración de la función social de la propiedad, o el uso que las Municipalidades puedan dar a las facultades

que su LOC les ofrece aparecen como una solución innovadora dentro de un sistema que carece de esa característica. Es importante a este respecto, valorar dichas disposiciones desde criterios interpretativos que tengan viabilidad tanto jurídica como práctica, a fin de evitar entregar soluciones simplistas e invalidantes al conflicto que existe a nivel local entre el desarrollo social y urbano y la protección de los humedales.

Respecto a la propiedad de los predios adyacente a los humedales cabe señalar que:

a) Con los antecedentes existentes no es posible rastrear las inscripciones de la totalidad de los predios que colindan con el humedal.
b) Se evidencia un dinamismo en el traspaso de tierra y una fragmentación de la propiedad
c) Dentro de los propietarios se encuentran grupos de especial importancia para lograr acuerdos publico privados como: Sociedades Inmobiliarias y Forestales
d) Adicionalmente existen predios fiscales, revisten especial interés los predios en posición de SERVIU, por el destino de estos terrenos.

8.2. DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO

8.2.1. Antecedentes

La calidad de las aguas de un humedal es de vital importancia para los organismos que viven en él, como también para los múltiples usos y funciones que cumple. Conocer los parámetros microbiológicos y biológicos, físicos y químicos de sus aguas, aporta información clave acerca de las características básicas del humedal y posibles fuentes de contaminación.

Algunos parámetros claves que determinan la calidad de aguas de un humedal son: su conductividad eléctrica, turbidez, alcalinidad del agua, oxígeno, nitrógeno, fósforo, sulfato, carbono orgánico, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), materia orgánica (MO) y metales pesados.

La conductividad eléctrica es un parámetro físico, que se entiende a partir de la concentración de solutos polares[17] en el agua. Baja conductividad eléctrica es característico para aguas blandas (lluvia), mientras alta conductividad eléctrica es típica de agua salada. Procesos de descomposición de materia orgánica o contaminación de aguas superficiales y/o subterráneas también se manifiestan en un aumento de la conductividad eléctrica.

Otro parámetro físico de relevancia es la turbidez del agua, que mide la presencia (cantidad) de partículas en suspensión (los que no sedimentan). Mayor cantidad de partículas significa menor transparencia (claridad) del agua. Las partículas pueden ser de origen inorgánico (arena, arcilla y otros materiales) y orgánico. Generalmente la turbidez por partículas en suspensión es mayor en humedales de zonas estuarinas.

[17] Diferencia entre las electronegatividades de los átomos que se enlazan

Por su parte la alcalinidad es un parámetro químico, que se refiere a la capacidad del agua para neutralizar ácidos, lo que se debe principalmente a los contenidos de carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-). Es un importante parámetro que describe la capacidad de buffer del agua frente a ácidos. Si la alcalinidad es baja, el pH cambiaría rápidamente frente a acidificación o basificación. En la zona sur de Chile, las aguas superficiales generalmente tienen una alcalinidad baja (< 1 meq/L) o muy baja (< 0,5 meq/L), es decir, son aguas "blandas" con baja cantidad de iones. En áreas con influencia mareal la cantidad de iones drásticamente aumenta, con ello generalmente también la alcalinidad.

El Oxígeno es un parámetro químico, fundamental para la sobrevivencia de organismos. Valores alrededor de 8-12 mg/L indican una muy buena oxigenación en agua, valores menores a 3 mg/L indican una mala oxigenación que significa para muchos organismos una condición crítica de sobrevivencia. En agua con baja oxigenación, muchas substancias, como como por ejemplo metales (Fe, Cu, Zn, As, etc.) se reducen y se solubilizan lo que puede aumentar su concentración en el agua a niveles tóxicos para organismos.

Otro parámetro químico es el Nitrógeno, importante componente de la materia orgánica (en forma reducida: - NH_2) y por eso un importante nutriente para plantas y algas. Dentro de las fracciones inorgánicas en aguas superficiales el Amonio (NH_4) está prácticamente siempre relacionado con la degradación de materia orgánica, el ingreso de una contaminación orgánica, el ingreso de agua subterránea anóxica y otras fuentes potenciales. En aguas bien oxigenadas (oxígeno > 3-5 mg/L) el Amonio se oxida a Nitrito (NO_2) y Nitrato (NO_3) y puede ser incorporadas (como NH_4, NO_3) por plantas y algas. En concentraciones elevadas estas fracciones inorgánicas pueden ser nocivos para la biota, especialmente el Nitrito (> 0,3 mg/L) y Amonio en forma de Amoniaco (en aguas muy básicas, pH > 9). La fracción de Nitrógeno orgánico puede consistir en forma disuelta u orgánica. La suma de Nitrógeno orgánico y Nitrógeno inorgánico es Nitrógeno total. Valores típicamente bajos (indicando baja productividad) son menores a ≈ 250 µg N/L, valores entre ≈250-600 µg N/L indican mesotrofía, mayores valores eutrofia.

Por su parte el Fósforo (parámetro químico), es un nutriente esencial para toda biota. Muchas veces es limitante para el crecimiento de plantas y algas, debido a sus escases en el medio ambiente. Forma complejos insolubles con metales (p.e. Fe) en aguas bien oxigenadas, pero puede disolverse en aguas con baja oxigenación. Ambientes donde existen concentraciones de fósforo soluble y bioacumulable determinan la productividad autotrófica del sistema. Valores típicos de ambientes poco productivos (oligotróficos) tienen valores de P (fósforo) menores a 10-20 µg/L, ambientes medianamente productivos 10 – 30µg/L y ambientes > 30-50 µg/L se considera muy productivos (eutróficos). En humedales con aguas estancadas se puede esperar valores mayores debido a una disminución de oxigenación y una re suspensión mayor del sedimento.

Dentro de los parámetros químicos se encuentra el Sulfato, que es un anión principal en el agua y se encuentra en agua dulce (Sur de Chile) en concentraciones < 5 (-10) mg/L. En agua del mar su concentración es mucho mayor (hasta gramos por litro). También proviene de RILES de industria de madera (planta celulosa) en aportes significativos.

Dentro de los parámetros biológicos se encuentra el carbono orgánico, parámetro que define la productividad de un ecosistema acuático. Indirectamente, también indica el consumo potencial de oxígeno producto de la actividad biológica, principalmente debido a la oxidación de Carbono por parte de las bacterias. También entrega una estimación potencial de la fuente o sumidero de gases de efecto invernadero del sistema en estudio.
Otro parámetro biológico, es la Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO5), que define el consumo de oxígeno producto de la actividad biológica, principalmente debido a la oxidación de carbono por parte de las bacterias (la oxidación de otros compuestos reducidos como p.e. amonio también consume mucho oxígeno). Significa que hay una relación directa con la concentración de carbono orgánico (disuelto, total) y la DBO5 en el agua.

La materia orgánica (MO) – parámetro biológico - es un componente universal en aguas naturales y afecta el funcionamiento de ecosistemas acuáticos y está compuesta principalmente por los elementos carbono, nitrógeno y fósforo (C-N-P). La comprensión de la dinámica de la materia orgánica disuelta (DOM) da una idea de los potenciales efectos ecológicos inducidos por cambios climáticos y cambios en el uso de suelo sobre los ecosistemas acuáticos y también en relación con descargas urbanas e industriales.

Los altos contenidos de materia orgánica de tipo proteica (autóctona), correspondientes al material orgánico lábil y con una razón C:N baja, indican zonas de alta productividad primaria y/o lugares que podrían presentar contaminación orgánica puntual o difusa. Las sustancias de tipo húmicas, correspondientes al material orgánico relativamente refractario y con una razón de C:N alta, generalmente indican aportes de materia orgánica proveniente de fuentes alóctonas y/o material orgánico recientemente humificado en el cuerpo de agua. Los metales (pesados) son aquellos elementos químicos que tienen un determinado peso atómico (> 5 g/cm3). Su peligrosidad está ligado a su eventual acumulación en organismo lo que es potencialmente peligroso para la salud de los organismos. Metales con alto potencial de peligro son Cd, Hg, Pb y As entre otros metales de menor toxicidad (Zn, Cu). En áreas no contaminados su concentración (en forma disuelta) es generalmente muy baja (rango < 5 ppb), mientras en áreas con intervención humana su concentración puede aumentar a valores de ppm.

8.2.2. Material y métodos

En base de la información recopilada y evaluada se seleccionaron en conjunto con la contraparte técnica tres microcuencas o sistema de humedales priorizados, en donde para cada uno de ellos, durante los meses de invierno 2018 (julio) y verano 2019 (enero), se trabajó en tres sitios o estaciones de muestreo distintos (2 réplicas) para realizar un diagnóstico microbiológico y fisicoquímico (Fig. 8.2.2.1).

Para la toma de muestra se usaron diferentes recipientes de acuerdo con los parámetros químicos y biológicos a medir. Las muestras fueron conservadas en cooler con hielo y transportadas al laboratorio LIMNOLAB y Laboratorio de Alimentos y Aguas de la UACh para analizar los parámetros listados las técnicas utilizadas se detallan en las tablas 8.2.2.1; 8.2.2.2 y 8.2.2.3.

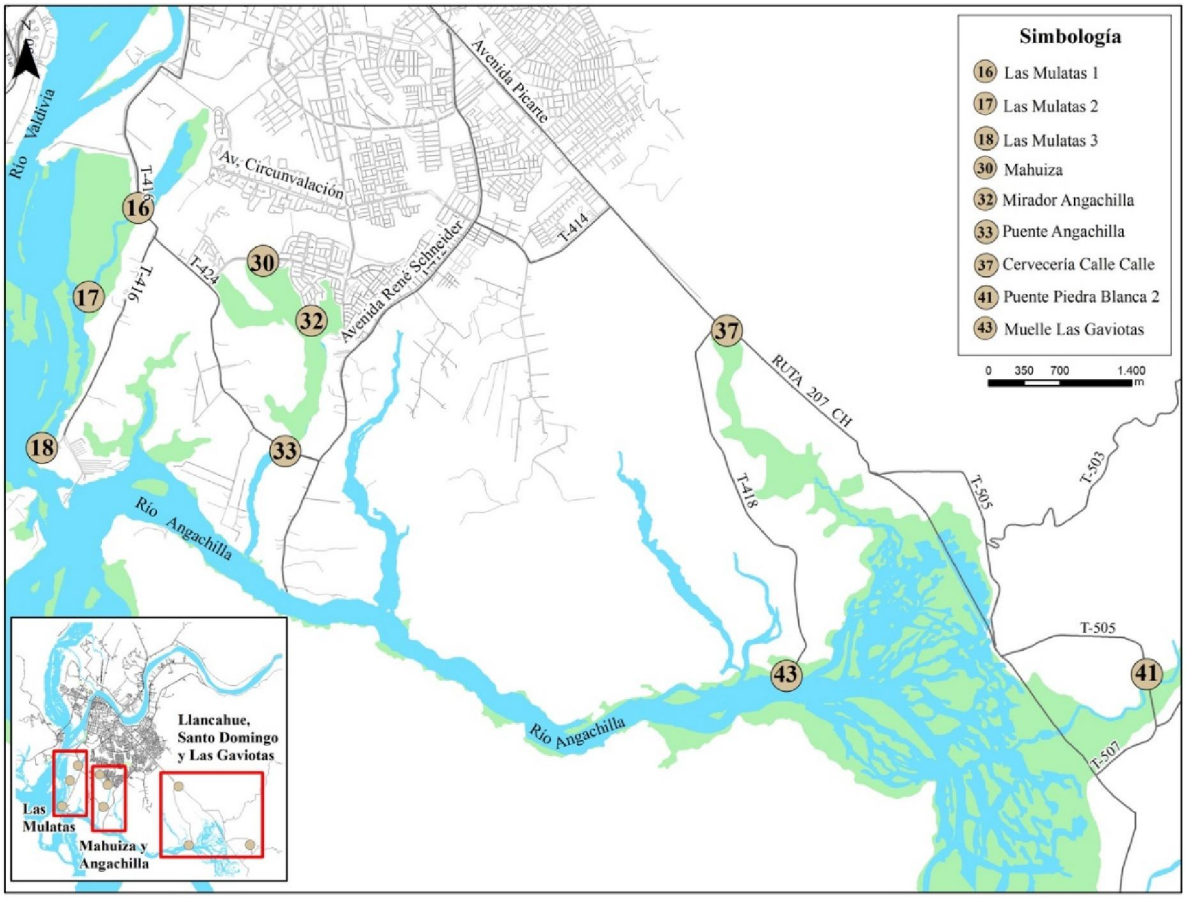

Figura 8.2.2.1.
Ubicación de los sitios de muestreo en los humedales de Las Mulatas (sitios 16, 17 y 18), Mahuiza y Angachilla (30, 32 y 33) y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (37, 41 y 43).

Se realizaron mediciones *in situ* del agua superficial en cada una de las estaciones seleccionadas para evaluar los siguientes parámetros:

a) *Temperatura:* Medición con sonda multiparamétrica Sea & Sun M90 (y/o WTW 3420 (Weilheim, Alemania) Precisión: 0,1 °C.

b) *Conductividad eléctrica:* Medición con sonda WTW 3420 (Weilheim, Alemania). Precisión: 0,3 µS/cm.

c) *pH:* Medición con sonda WTW 3420 (Weilheim, Alemania). Precisión: 0,01

d) *Oxígeno disuelto:* Medición con oxigenómetro (sensor óptico) WTW FDO 925 (Weilheim, Alemania), Precisión: 0,1 mg/L. Se medirá perfiles en cada estación (2-6 profundidades). (Weilheim, Alemania) Precisión: 0,1 µS/cm.

e) *Caudal:* mediciones de flujo de agua con un velocímetro C2 (marca OTT, Kempten, Alemania) usando el método de velocidad-área, midiendo la velocidad de la corriente en un transecta de orilla-orilla en una distancia de cada metro y en una profundidad que corresponde a ~ 60% de la profundidad máxima en este lugar. Posteriormente se calculó el caudal en base a la profundidad, al área y la velocidad medida en cada intervalo de medición. Sin embargo, por falta de caudal medible no se determinó caudales.

Tabla 8.2.2.1.
Métodos de ensayo de factores microbiológicos medidos en el agua de los humedales prioritarios ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Ensayo	**Método de ensayo** **Código de identificación**	**Producto a que se aplica**	**Límite de detección (MDL)**
Coliformes fecales	SM 2012	Agua superficial	

Tabla 8.2.2.2.
Métodos de ensayo de factores físicos-químicos medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Ensayo	Método de ensayo Código de identificación	Producto a que se aplica	Límite de detección (MDL)
Sólidos Suspendidos Totales	NCh 2313/4, Of 95	Agua superficial	
Turbidez	Medición con turbidometro AL250T-IR (AGUALYTIC, Alemania).	Agua superficial	0,1 unidades NTU
Alcalinidad	Método de titulación con indicador bromocresol verde (APHA 2005).	Agua superficial	0,1 meq/L
Nitrógeno amoniacal	Método del Salicilato según 4500-NH3 F. Standard Methods (2005) cubeta de 50 o 100 mm.	Agua superficial	0,005 mg N-NH4/
Nitrito	Método colorimétrico diazonio según 4500-NO2 - B. Standard Methods (2005). Equipos: Segmented Flow Analyser (SFA) SKALAR, 550 nm, cubeta de 50 mm.	Agua superficial	0,002 mg N-NO2/L
Nitrato	Método de Reducción con Columna de cadmio y medición como nitrito según 4500-NO3 – E Standard Methods (2005). Segmented Flow Analyser (SFA) SKALAR, 550 nm, cubeta de 50 mm.	Agua superficial	0,002 mg N-NO3/L
Fósforo soluble	Método azúl del ácido ascórbico según 4500-P – E. Standard Methods (2005) cubeta de 50 o 100 mm.	Agua superficial	0,003 mg P-PO4/L

Ensayo	Método de ensayo Código de identificación	Producto a que se aplica	Límite de detección (MDL)
Fósforo Total (PT)	Método de digestión básica con Hidróxido de Sodio y Persulfato de Potasio según Koroleff (1983) y 4500-P B/5 Standard Methods (2005). Cubeta de 50 o 100 mm.	Agua superficial	0,005 mg P/L
Sulfato	Método análogo a ASTMD516, APHA 4500-SO42- E	Agua superficial	0,5 mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno, DBO5*	NCh 2313/5 Of. 2005	Agua superficial	2 mg/L

SM: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 2012,
ASTM: American Society for Testing and Materials.

En el caso de los parámetros químicos, se estudió cuantitativamente y cualitativamente la materia orgánica disuelta (MOD), que es un parámetro crítico para caracterización de la situación actual de los humedales porque permite obtener indicaciones sobre el origen de carbono, incluyendo por ejemplo descargas orgánicas. Esto ha sido comprobado en similares estudios en el Sur de Chile (y otros lugares de mundo). El carbono orgánico disuelto se cuantificó mediante una oxidación catalítica a alta temperatura de forma automatizada inyectando la muestra sobre un catalizador de platino a 680ºC en atmósfera rica en oxígeno (Tabla 8.2.2.3). Esto se ha realizado utilizando analizador de carbono automatizado HighTOC Elementar Systems (Hanau, Alemania) del laboratorio LIMNOLAB, Instituto de Cs. Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias, UACh (Fig. 8.2.2.2).

Tabla 8.2.2.3.
Métodos de ensayo de factores físicos-químicos medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Ensayo	Método de ensayo Código de identificación	Producto a que se aplica	Límite de detección (MDL)
Carbono Orgánico Disuelto (COD)	High Temperature Catalytic Oxidation (HTCO) Elementar HighTOC	Agua superficial	0,1 mg/L
Caracterización de Materia Orgánica Disuelta (DOM)	Espectrofluorimetría y espectrofotometría según Fellman et al. (2010)	Agua superficial	Cualitativo, Semi-cuantitativo
Determinación de Color	Método APHA 2120C – Espectrofotometría duplicada Pt-Co	Agua superficial	1 CU

Figura 8.2.2.2.
Analizador de carbono automatizado HighTOC Elementar Systems (Hanau, Alemania).

Para el parámetro de Materia Orgánica Disuelta (MOD), se utilizó el análisis fluorométrico, óptico e identificación de los fluoróforos presentes en las muestras se utilizó un espectro - fluorómetro Varian Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer. Posterior a ello realizó un análisis PARAFAC para la identificación cualitativa y cuantitativa de los componentes, el cual se llevó a cabo utilizando el software MATLAB con la caja de herramientas de corrección DOMFluor.

En el caso de los parámetros químicos de metales pesados disueltos, las muestras se obtuvieron en aguas superficiales de cada estación, para lo cual, se filtraron 2 ml de agua con un filtro de jeringa de 0,2 µm en un frasco Eppendorf de 2 mL. Posteriormente se fijaron las muestras con 3 gotas de HNO3 suprapure para medirlas finalmente con el método de Total reflection X ray fluorescence Spectroscopy (TXRF) utilizando el instrumento PICOTAX (Bruker, USA, Alemania) en el laboratorio químico del Helmholz Centre for Environmental Research en Magdeburg, Alemania (Tabla 8.2.2.4). El elemento Zn no se pudo siempre determinar bien por un problema de contaminación del ácido utilizado.

Tabla 8.2.2.4.
Métodos de ensayo para determinar metales pesados disueltos, medidos en el agua de los humedales priorizados durante junio, julio y diciembre 2018.

Ensayo	Método de ensayo Código de identificación	Producto a que se aplica	Límite de detección (MDL)
Fe, Cu, Ni, Mn, Zn, Cd, Cr, Pb	TXRF: Total reflection X ray fluorescence Analysis con PICOFOX Bruker, ISO 20289:2018(en) Surface chemical analysis — Total reflection X-ray fluorescence analysis of water	Agua superficial	< 0,002 mg/L dependiendo del elemento

8.2.3. Resultados

Parámetros microbiológicos

La Tabla 8.2.3.1 muestra las concentraciones de Coliformes fecales en el agua de los sitios de estudio. Los valores de las mismas fueron inferiores a 1000 NMP/100 mL, lo que según la Guía CONAMA, para el Establecimiento de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas, corresponden a aguas de Clase 1 o aguas de muy buena calidad (NMP < 1000).

La comparación estacional (invierno vs. verano) de las Coliformes fecales, muestra que en el sector del humedal Las Mulatas se evidenciaron mayores concentraciones durante invierno: 71,5-195,0 NMP/100 ml en comparación con el verano 15,0-64,0 NMP/100 ml (Tabla 8.2.3.1); por el contrario, en los otros dos sectores las concentraciones de Coliformes fecales fueron más bajas durante la campaña de invierno (< 41 NMP/100 ml). Las concentraciones más altas de estas bacterias se detectaron en las estaciones número 32 (Mirador Angachilla) y 41 (Puente Piedra Blanca 2) (240 y 160 NMP/100mL, respectivamente) (Tabla 8.2.3.1).

Tabla 8.2.3.1.
Concentración de Coliformes Fecales (NMP/100mL) medidos en el agua de los humedales priorizados durante julio 2018 y enero 2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

Sector	**Sitios muestreo**	**Coliformes fecales (NMP/100mL)**	
		Julio 2018	**Enero 2019**
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	71,5 (54,4)	33,0 (0)
	17 (Las Mulatas 2)	195,0 (35,4)	15,0 (2,8)
	18 (Las Mulatas 3)	120,0 (14,1)	64,0 (21,2)
Mahuiza y Angachilla	30 (Mahuiza)	4,5 (0)	18.0 (7,1)

Sector	Sitios muestreo	Coliformes fecales (NMP/100mL)	
	32 (Mirador Angachilla)	3,1 (1,9)	240,0 (155)
	33 (Puente Angachilla)	7,5 (7,8)	64,0 (21,2)
Llancahue, Santo Domingo	37 (Cervecería Calle Calle)	10,8 (8,8)	36,5 (13,4)
y Las Gaviotas	41 (Puente Piedra Blanca 2)	41,0 (11,3)	160,0 (113,8)
	43 (Muelle Las Gaviotas)	28,0 (7,1)	20,0 (4,2)

Parámetros físico químicos

Las Tablas 8.2.3.2 a 8.2.3.11 muestran la variabilidad espacial y estacional de los parámetros físicos químicos en el agua de los humedales priorizados (Las Mulatas; Mahuiza y Angachilla; y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas).

a) Temperatura

Durante las campañas de invierno, los valores de temperatura mostraron pequeñas diferencias entre sectores con valores que oscilaron entre 4,9 a 8,7 °C. Por el contrario, durante la campaña de verano las temperaturas presentaron diferencias importantes entre los sectores estudiados. Valores altos fueron detectados en el sector Las Mulatas (20,1 a 22,8 °C) , valores medios en el sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (11,7 a 18 °C), y valores bajos en el sector Mahuiza y Angachilla (13,1 a 15,4 °C) (Tabla 8.2.3.2).

b) Conductividad eléctrica

Durante la campaña de invierno la conductividad eléctrica fue en general relativamente baja (< 200 µS/cm) en todos los sitios, mientras que, durante la campaña de verano estos registros aumentaron en Las Mulatas 1, Mahuiza (punto de muestreo 30), Mirador Angachilla (punto de muestreo 32), Puente Angachilla (punto de muestreo 33) y Cervecería Calle Calle – punto de muestreo 37- (≈1,5 – 2,5x veces), y en Las Mulatas 2 (punto de

muestreo 17), Las Mulatas 3 (punto de muestreo 18) y Muelle Las Gaviotas – punto de muestreo 43 - (9-60x veces) (Figura 7.2.3.1). Estos cambios están relacionados con la disminución del caudal durante el verano, por lo tanto un mayor ingreso de agua salobre hacia las estaciones estudiadas. Únicamente en el sitio Puente Piedra Blanca, (sitio de muestreo 41) que drena la cuenca Llancahue, no se observaron cambios de la conductividad eléctrica entre invierno y verano (23-26 µS/cm) (Tabla 8.2.3.2).

c) pH

Respecto de valores de pH (6,3 -7,4), todos los sitios estudiados se presentan muy parejos con aguas más bien neutras con pequeños contrastes (menor a una unidad de pH) entre los diferentes sitios de cada sector, en ambas campañas de estudio (Tabla 8.2.3.2).

Tabla 8.2.3.2.
Temperatura (°C), Conductividad (µS/cm) y pH medidos en el agua de los humedales priorizados durante julio 2018 y enero 2019.

Sector	Estaciones	Temperatura (°C)		Conductividad (µS/cm)		pH	
		Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	5,5	21,0	185,5	310,0	6,4	7,2
	17 (Las Mulatas 2)	6,7	22,8	168,3	1460,0	6,8	6,4
	18 (Las Mulatas 3)	8,7	20,1	49,3	2830,1	6,6	7,4
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	4,9	13,5	138,9	253,5	6,4	6,5
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	6,1	13,1	59,7	140,7	6,7	6,1
	33 (Puente Angachilla)	5,0	15,4	132,4	352,1	6,6	6,8
Llancahue , Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	6,8	16,0	59,7	143,5	7,0	6,9
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	6,3	11,7	23,5	25,5	6,2	6,9

Sector	Estaciones	Temperatura (°C)		Conductividad (µS/cm)		pH	
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	7,4	18,0	72,1	4650,3	6,4	6,9

Las concentraciones de N-NO2, en todos los sitios estuvieron bajo o en el rango del límite de detección.

Tabla 8.2.3.3.
Concentración de Amonio (N-NH4), Nitrato (N-NO3), Nitrito (N-NO2) y Nitrógeno Total (N-TOTAL) medidos en el agua de los humedales priorizados durante julio 2018 y enero 2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. < 2= bajo el límite de detección del método.

Sector	Estaciones	N-NH4 (µg/L)		N-NO3 (µg/L)		N-NO2 (µg/L)		N-TOTAL (µg/L)	
		Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	38,4 (1,1)	21,7 (0,9)	551,0 (3,3)	< 2	< 2	< 2	941 (10)	572 (13)
	17 (Las Mulatas 2)	25,7 (1,0)	74,8 (2,2)	219,0 (2,7)	< 2	2,2 (0,3)	< 2	474 (13)	693 (24)
	18 (Las Mulatas 3)	20,4 (0,5)	20,2 (1,4)	53,8 (1,1)	4,8 (0,1)	< 2	< 2	161 (3)	249 (8)
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	10,1 (1,2)	216,7 (10,7)	851,0 (19)	< 2	< 2	< 2	1494 (65)	963 (8)
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	9,2 (1,0)	23,6 (2,7)	34,1 (0,1)	3,0 (2,0)	< 2	< 2	152 (3)	528 (11)
	33 (Puente Angachilla)	13,3 (0,7)	14,4 (3,4)	117,0 (1,0)	< 2	< 2	< 2	338 (1)	475 (11)
Llancahue, Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	8,9 (1,2)	16,6 (1,7)	16,6 (2,7)	3,0 (0,3)	< 2	< 2	115 (1)	326 (19)

					51,9		< 2		
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	5,9 (0,3)	12,4 (1,1)	87,7 (1,8)	(0,6)	< 2		184 (9)	151 (2)
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	5,8 (0,2)	23,4 (16,5)	25,8 (1,4)	< 2	< 2	< 2	143 (9)	275)

d) Nitrógeno

Los niveles de las diferentes fracciones de Nitrógeno disuelto y total mostraron en general una alta heterogeneidad entre sectores, estaciones y campañas de muestreo. Las concentraciones más bajas (< 350 µg N/L) se detectaron en el sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas. Mientras que los otros dos sectores presentaron valores altos (eutróficos) de hasta 1,5 mg N/L, como lo detectado en la estación 30 Mahuiza. Otros sitios con valores relativamente altos (entre 350 y 950 µg N/L) fueron Las Mulatas 1 y Las Mulatas 2 durante ambas campañas, Mirador Angachilla y Puente Angachilla solo durante la campaña de verano (Tabla 7.2.10) (Figura 7.2.3). Este escenario podría atribuirse a una mayor influencia de centros urbanos (*i.e.* casas) en las cercanías de los humedales, mientras que para el caso del sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas existe una menor densidad poblacional. Las fracciones de Nitrógeno más importantes fueron el Nitrógeno orgánico y el Nitrato, en todos los sitios. Este último nutriente, típico para zonas de uso humano (fertilizantes, ganadería, agricultura, aguas servidas) causó un aumento en los niveles de Nitrógeno en las estaciones Las Mulatas 1, La Mulatas 2 y Mahuiza, durante la campaña de invierno. El Amonio solo fue importante en relación con el Nitrógeno total solamente en verano en la estación Mahuiza, donde alcanzó un valor muy alto (217 µg N-NH_4/L) que coincide con la anoxia del lugar. En los otros sitios el Amonio fue generalmente menor a 25 µg N-NH_4/L, con excepción de Las Mulatas 2 (75 µg N-NH_4/L) durante la campaña de verano (Tabla 7.2.10) (Figura 7.2.3).Las concentraciones de N-NO_2, en todos los sitios estuvieron bajo o en el rango del límite de detección.

e) Fósforo

Durante la campaña de invierno las concentraciones de Fósforo (P) fueron bastante bajas en todos los sectores, en el rango de aguas oligotróficas (< 10 µg P/L) o mesotróficos (10-30 µg P/L) (Tabla 8.2.3.6) (Fig. 8.2.3.1). En verano se observó un aumento en las concentraciones de Fósforo en todos los sitios, que fue solo moderado en el sector Llancahue, Santo Domingo y La Gaviotas, con valores típicos de aguas oligo- a mesotróficas proveniente de zonas con, relativamente, poca intervención humana. Mayores valores de

Fosforo (condición eutrófica) se evidenciaron en los otros dos sectores: estación número 30 (Mahuiza) – donde se obtuvo la menor oxigenación y se detectó la máxima concentración de Fosforo, causado por Fosforo orgánico (1567 µg P/L) - la estación de muestreo número 17 (Las Mulatas 2) (133 µg P/L); estación de muestreo 32 (Mirador Angachilla) y estación de muestreo 33 (Puente Angachilla) (112 y 63 µg P/L, respectivamente). Respecto a las fracciones de P, en general predominó en P orgánico dentro del P total, salvo en invierno en el sector Mahuiza y Angachilla, donde el P soluble alcanzó entre 40-65% del P total. En los demás sitios el P soluble reactivo fue siempre muy bajo en términos absolutos (< 10 µg P/L) (Tabla 8.2.3.6) (Fig. 8.2.3.1), debido probablemente al hecho que fue el nutriente limitante respecto al nitrógeno (relación Nitrógeno: Fósforo fue 13-320: 1).

Tabla 8.2.3.6.
Concentración de Fosfatos (P-PO4) y Fosforo Total (P-TOTAL) medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. < 2= bajo el límite de detección del método

Sector	Estaciones	P-PO4 µg/L		P-TOTAL µg/L	
		Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	5,4 (0,3)	< 2	15,6 (0,3)	51,0 (2,9)
	17 (Las Mulatas 2)	4,1 (0,0)	< 2	14,7 (0,1)	132,5 (14,9)
	18 (Las Mulatas 3)	3,2 (0,1)	< 2	9,9 (1,0)	24,2 (0,6)
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	21,0 (0,2)	2,6 (0,3)	33,5 (1,9)	1567,2 (46,7)

Sector	Estaciones	P-PO4 µg/L		P-TOTAL µg/L	
		Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	7,6 (0,3)	< 2	14,8 (0,6)	112,1 (3,5)
	33 (Puente Angachilla)	10,0 (0,0)	3,6 (0,1)	20,4 (0,0)	62,5 (0,6)
Llancahue , Santo Domingo y Las Gaviotas	41 (Puente Piedra Blanca 2)	< 2	< 2	7,0 (0,1)	7,9 (0,9)
	43 (Muelle Las Gaviotas)	< 2	< 2	9,8 (0,6)	27,5 (2,3)

f) Sulfato

En general las concentraciones de Sulfatos fueron bajas en la mayoría de las estaciones durante la campaña de invierno, con valores < a 10 mg/L. Solo en la estación Las Mulatas 1 se observó un valor alto (20,3 mg/L), que no se asocia a agua salobres (conductividad eléctrica fue relativamente baja). Durante la campaña de verano se mantiene este escenario, excepto en las estaciones con influencia de aguas salobre como Las Mulatas 1, Las Mulatas 2 y Las Gaviotas, donde se detectaron mayores concentraciones de Sulfato (18 – 67 mg/L) (Tabla 8.2.3.7).

Tabla 8.2.3.7.
Concentración de Sulfatos (SO4) medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

Sector	**Estaciones**	**SO4 (mg/L)**	
		Julio 18	**Enero 19**
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	20,3 (0,3)	5,3 (0,8)
	17 (Las Mulatas 2)	7,6 (0,4)	18,2 (0,4)
	18 (Las Mulatas 3)	2,0 (0,1)	63,7 (0,6)
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	5,1 (0,0)	1,5 (0,1)
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	0,9 (0,1)	1,9 (0,0)
	33 (Puente Angachilla)	5,6 (0,1)	2,6 (0,3)
Llancahue , Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	2,5 (0,0)	1,3 (0,1)
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	0,9 (0,1)	1,2 (0,0)
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	2,5 (0,2)	66,9 (0,4)

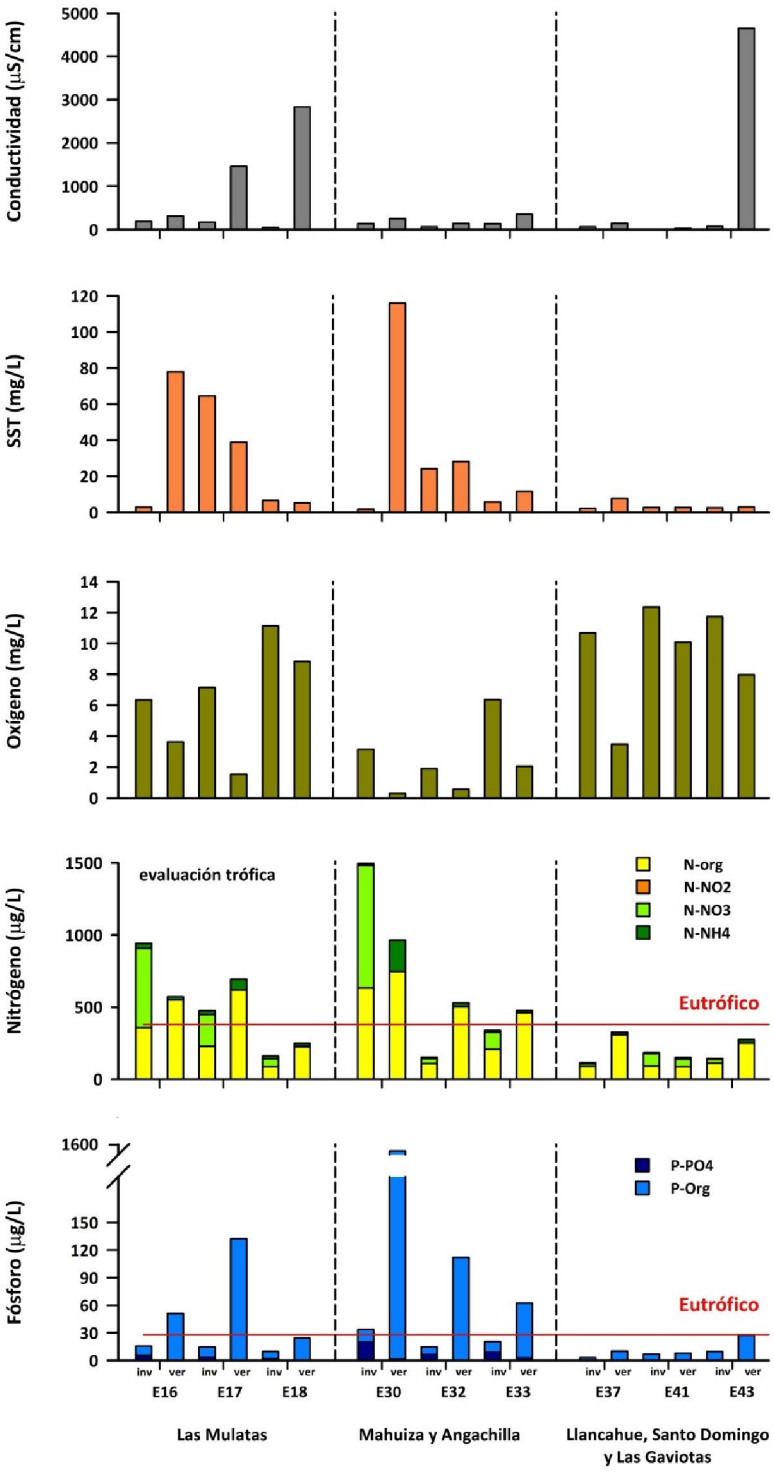
Conductividad (µS/cm)
5000
4000
3000
2000
1000
0
SST (mg/L)
120
100
80
60
40
20
0
Oxígeno (mg/L)
14
12
10
8
6
4
2
0
Nitrógeno (µg/L)
evaluación trófica
N-org
N-NO2
N-NO3
N-NH4
1500
1000
500
0
Eutrófico
Fósforo (µg/L)
P-PO4
P-Org
1600
150
120
90
60
30
0
Eutrófico
inv ver inv ver inv ver inv ver inv ver inv ver inv ver inv ver inv ver
E16 E17 E18 E30 E32 E33 E37 E41 E43
Las Mulatas
Mahuiza y Angachilla
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas

Figura 8.2.3.1.

Valores de Conductividad, concentraciónes de Solidos Suspendidos Totales, Oxígeno Disuelto y evaluación trófica de Nitrógeno y Fosforo medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

g) Carbono orgánico (disuelto, particulado y total)

En julio de 2018 (invierno), el Carbono Orgánico muestra una predominancia clara de la fracción disuelta (COD) en los tres sectores estudiados (de hasta 5 y 9x) con concentraciones relativamente bajas para humedales en general. Comparativamente las concentraciones promedio de Carbono Orgánico Disuelto (COD) fueron más altas en el sector Mahuiza y Angachilla (2,0 mg C L-1) y Las Mulatas (1,8 mg C L-1), mientras que la concentración promedio de COD en el sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas, registró valores bajos (1,0 mg C L-1) (Tabla 8.2.3.8) (Fig. 8.2.3.2).

Los valores máximos de Carbono Orgánico Disuelto (COD) se registraron en las estaciones 16 (Las Mulatas 1) con 2,8 mg C L-1, estación 33 (Puente Angachilla) con 2,5 mg C L-1 y estación 30 (Mahuiza) junto a la estación 17 (Las Mulatas 2) con concentraciones de 2,2 mg C L-1.

El Carbono Orgánico Particulado (COP) presentó en los tres sectores estudiados promedios de 0,5 mg C L-1 y un rango de variación entre 0,2 – 0,8 mg C L-1 (Tabla 8.2.8) (Fig. 8.2.3.2).
En el caso del sector La Mulatas las concentraciones de COD aumentaron drásticamente desde valores bajos de 0,5 mg C L-1 en la estación 18 (Las Mulatas 3) a 2,2 y 2,8 mg C L-1 en las estaciones 17 (Las Mulatas 2) y 16 (Las Mulatas 1) respectivamente (Tabla 8.2.3.8). Según la clasificación de calidad de aguas de acuerdo al contenido de Carbono Orgánico Disuelto el sector Las Mulatas varía entre una calidad de agua ***muy buena*** a ***regular***, el sector Mahuiza y Angachilla entre ***buena*** a ***regular*** y el sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas de ***muy buena*** a ***buena*** calidad.

El Sector Mahuiza y Angachilla presento concentraciones menores de COD que el sector Las Mulatas, donde valores de 2,2 mg C L-1 fueron registrados en la estación 30 (Mahuiza), de 1,3 mg C L-1 en la estación 32 (Mirador Angachilla) y de 2,5 mg C L-1 en la estación 33 (Puente Angachilla) (Fig. 8.2.3.2).

Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas fue el sector que presentó las concentraciones más bajas de Carbono Orgánico Disuelto, registrando valores de 1,4 mg C L-1 en la estación 37 (Cervecería Calle Calle), de 0,4 mg C L-1 en la estación 41 (Puente Piedra blanca 2) y de 1,1 mg C L-1 en la estación 43 (Muelle Las Gaviotas) (Fig. 8.2.3.2).

En enero de 2019 (verano), se observa nuevamente una predominancia clara de la fracción disuelta (COD) en los tres sectores estudiados (de hasta 9 y 17x) y concentraciones relativamente bajas para humedales en general. Comparativamente las concentraciones promedio de Carbono Orgánico Disuelto fueron más altas en el sector Mahuiza y Angachilla (6,0 mg C L-1), seguido del sector Las Mulatas (4,1 mg C L-1) mientras que las concentraciones promedio más bajas de COD se registraron en el sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (2,6 mg C L-1) (Tabla 8.2.3.8).

Los valores máximos de Carbono Orgánico Disuelto (COD) se registraron en las estaciones 30 (Mahuiza) con 9,5 mg C L-1, estación 16 (Las Mulatas) con 6,3 mg C L-1 y estación 33 (Angachilla) con 5,6 mg C L-1 (Fig. 8.2.3.2).

El Carbono Orgánico Particulado (COP) presentó en los sectores Las Mulatas; Mahuiza y Angachilla promedios de 0,7 mg C L-1, con un rango de variación entre 0,2 – 0,9 mg C L-1 para las Mulatas y 0,3 – 1,2 mg C L-1 para Angachilla, mientras que el sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas presento un promedio relativamente más bajo con valores promedio de 0,3 mg C L-1 y un rango de variación entre 0,3– 0,4 mg C L-1) (Fig. 8.2.3.2).

El sector Las Mulatas presentó el mismo patrón observado en la campaña de invierno 2018, donde las concentraciones de COD aumentan drásticamente desde valores bajos de 1,5 mg C L-1 en la estación 18 (Las Mulatas 3) a 4,6 y 6,3 mg C L-1 en las estaciones 17 (Las Mulatas2) y 16 (Las Mulatas 3) respectivamente (Fig. 8.2.3.2).

Para el sector Mahuiza y Angachilla las concentraciones de COD fueron mayores a lo observado en el sector Las Mulatas, con concentraciones de 9,5 mg C L-1 en la estación 30 (Mahuiza), 2,9 mg C L-1 en la estación 32 (Mirador Angachilla) y 5,6 mg C L-1 en la estación 33 (Puente Angachilla) (Fig. 8.2.3.2).

El sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas presentó el mismo patrón observado en la campaña de invierno 2018, con concentraciones promedio más bajas que los otros dos sectores estudiados, donde concentraciones de 0,9 mg C L-1 fueron registradas en la estación 41 (Puente Piedra Blanca 2), 2,1 mg C L-1 en la estación 43 (Muelle Las Gaviotas), sin embargo la estación 37 presenta valores más alto que algunas de las estaciones presentes en los otros sectores con un registro de 5,0 mg C L-1 (Fig. 8.2.3.2).

Tabla 8.2.3.8.
Concentraciones de Carbono Orgánico Disuelto (COD), Carbono Orgánico Particulado (COP) y Carbono Orgánico Total (COT) medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis.

Sector	**Estaciones**	**COD**		**COP**		**COT**	
		mg C L-1		**mg C L-1**		**mg C L-1**	
		Julio 18	**Enero 19**	**Julio 18**	**Enero 19**	**Julio 18**	**Enero 19**
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	2,8 (0,0)	6,3 (0,0)	0,5	0,8	3,3 (0,0)	7,1 (0,0)
	17 (Las Mulatas 2)	2,2 (0,1)	4,6 (0,1)	0,8	0,9	3,0 (0,1)	5,5 (0,0)
	18 (Las Mulatas 3)	0,5 (0,0)	1,5 (0,0)	0,2	0,3	0,7 (0,0)	1,8 (0,1)
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	2,2 (0,3)	9,5 (0,0)	0,3	1,1	2,5 (0,0)	10,6 (0,0)
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	1,3 (0,1)	2,9 (0,3)	0,7	1,8	2,0 (0,0)	4,7 (0,0)

	33 (Puente Angachilla)	2,5 (0,0)	5,6 (0,2)	0,5	0,3	3,0 (0,1)	5,9 (5,4)
Llancahue, Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	1,4 (0,0)	5,0 (0,0)	0,4	0,3	1,8 (0,2)	5,3 (0,1)
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	0,4 (0,1)	0,9 (0,0)	0,5	0,4	0,9 (0,1)	1,3 (0,0)
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	1,1 (0,1)	2,1 (0,0)	0,6	0,4	1,7 (0,5)	2,5 (0,0)

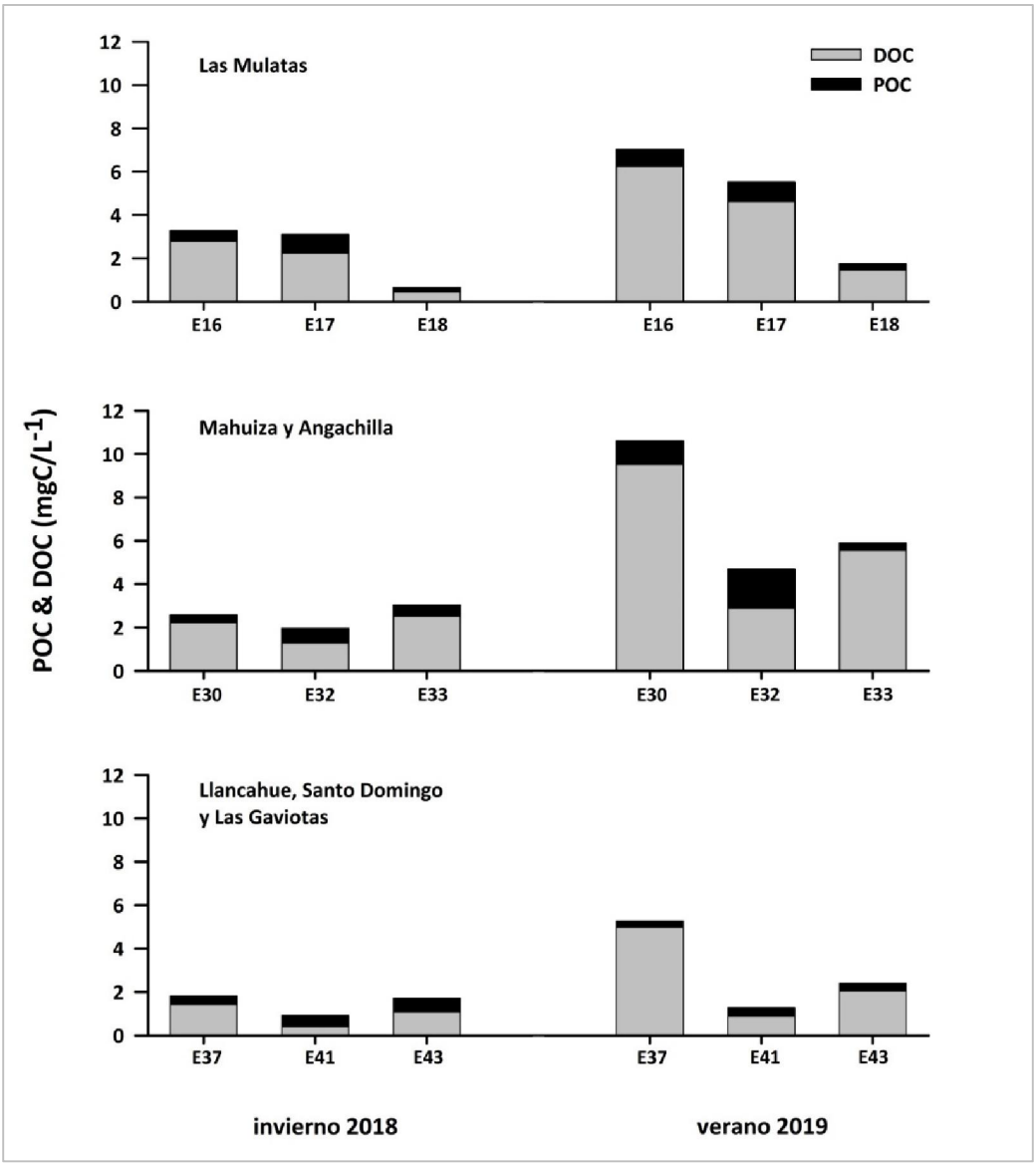

Figura 8.2.3.2.
Concentraciones de Carbono Orgánico Disuelto (COD), Carbono Orgánico Particulado (COP) y Carbono Orgánico Total (COT) medidos en el agua de los humedales prioritarios ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Materia orgánica disuelta (MOD) y Color del agua (PT-CO)

a) Caracterización de la Materia orgánica disuelta y color del agua

El análisis fluorométrico de la materia orgánica disuelta validó un modelo de 4 componentes fluorescentes característicos (fluoróforos) presentes en las muestras de los diferentes humedales urbanos (2 componentes proteicos y 2 componentes húmicos) (Fig. 8.2.3.3).

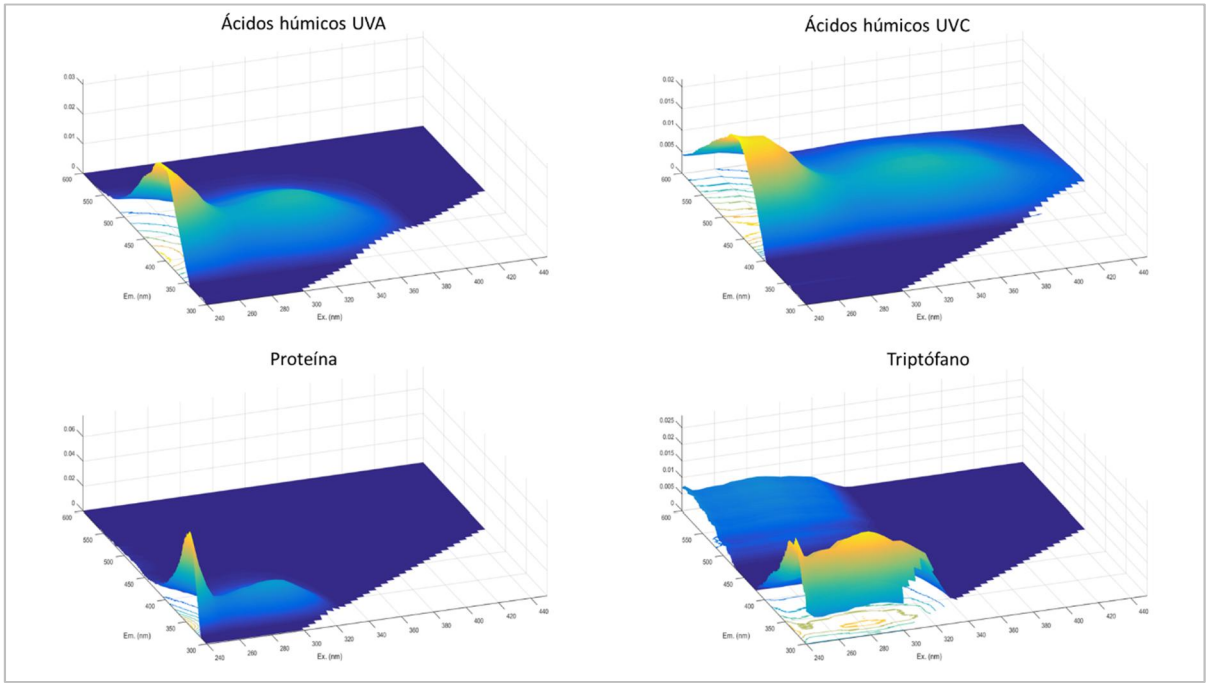

Figura 8.2.3.3.
Componentes de la materia orgánica disuelta (fluoróforos) validados mediante el análisis de factores paralelos (PARAFAC) en muestras de humedales urbanos priorizados de la ciudad de Valdivia.

Los resultados del contenido de Materia Orgánica Disuelta registrados mediante propiedades ópticas (espectrofotometría y fluorometría) muestran en general un predominio de sustancias de tipo húmicas (i.e. ac. Húmicos UVA y UVC) por sobre las sustancias orgánicas de tipo proteicas en ambos muestreos (Fig. 8.2.3.3).

Las concentraciones relativas de cada tipo de sustancias orgánicas revelan que las mayores concentraciones se encuentran en el humedal Angachilla durante el mes de enero de 2019, presentándose en este muestreo de manera general y comparativa, los valores más altos de Materia Orgánica Disuelta tanto en su fracción refractaria como proteica, sin embargo en la conformación porcentual de cada componente orgánico dentro de los humedales, la relación es prácticamente la misma a excepción del sector Llancahue, Santo Domingo y Las Mulatas, en el cual el aporte del material orgánico de característica húmicas aumenta en un 13% desde el muestreo de invierno a verano. Cabe destacar que este sector registró las concentraciones más bajas de Materia Orgánica Disuelta en ambas campañas, siendo julio de 2018 el mes que presentó las menores concentraciones (Fig. 8.2.3.4) (Tablas 8.2.3.9 y 8.2.3.10).

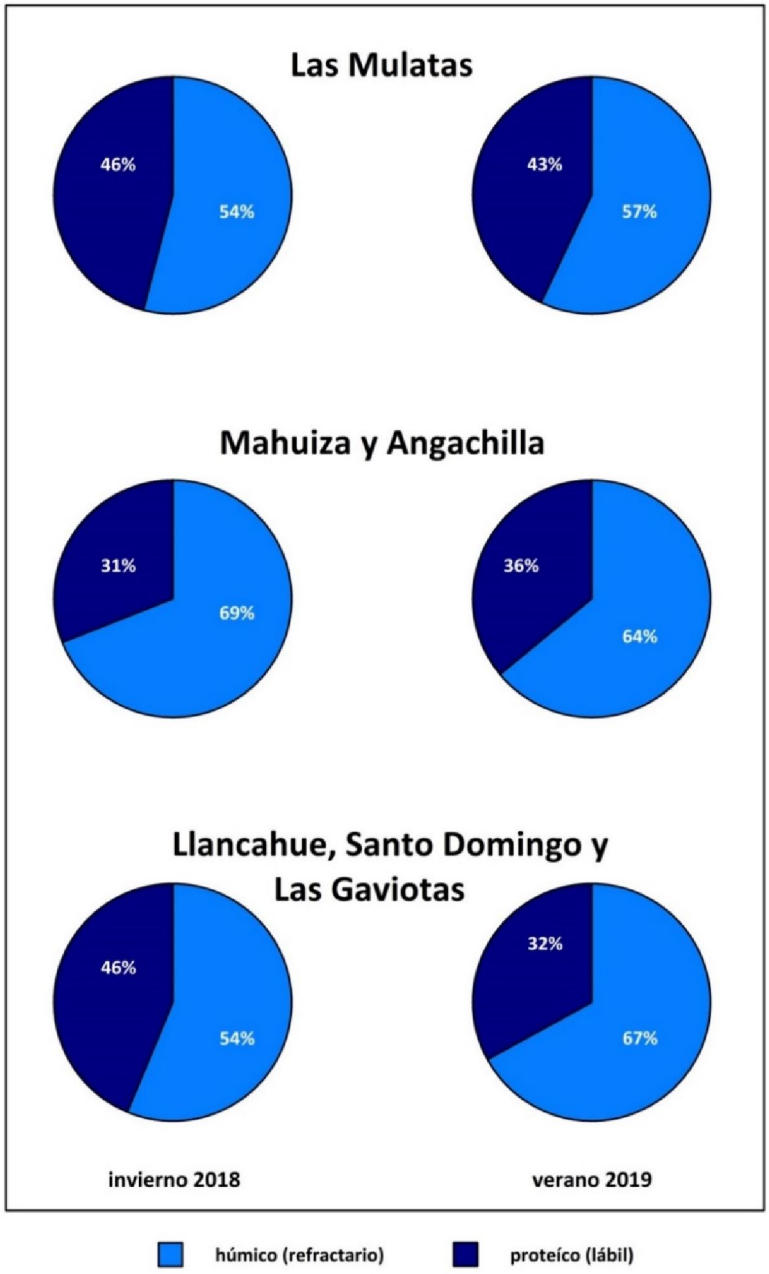

Figura 8.2.3.4.

Porcentajes de Materia Orgánica Disuelta (MOD) – húmico (refractario) v/s proteico (lábil) medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Tabla 8.2.3.9.
Componentes de la Materia Orgánica Disuelta como fluorescencias máximas en unidades Raman (UR), medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Sector	Estaciones	Ácidos húmicos UVA		Ácidos húmicos UVC		Proteínas		Triptófano	
		UR		UR		UR		UR	
		julio 18	enero 19	julio 18	enero 19	julio 18	enero 19	julio 18	enero 19
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	1,16	1,8	0,54	0,81	0,76	0,95	0,33	0,47
	17 (Las Mulatas 2)	0,73	0,91	0,39	0,45	0,42	0,4	0,13	0,54
	18 (Las Mulatas 3)	0,13	0,14	0,06	0,07	0,35	0,17	0,03	0,07
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	0,8	1,53	0,35	0,98	0,52	0,4	0,12	1,29
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	0,31	0,73	0,2	0,35	0,19	0,52	0,04	0,26
	33 (Puente Angachilla)	0,68	1,59	0,37	0,71	0,33	0,59	0,09	0,25
Llancahue, Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	0,22	1,21	0,13	0,52	0,15	0,58	0,08	0,2
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	0,06	0,11	0,05	0,07	0,12	0,08	0,04	0,03
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	0,17	0,32	0,09	0,16	0,14	0,13	0,04	0,08

Tabla 8.2.3.10.
Proporción de componentes Húmicos y Proteicos en la Materia Orgánica Disuelta expresados como fluorescencias máximas, porcentajes e Índice Color expresado en unidades de color (UC), , medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Sector	Estaciones	Total Húmico UR		Total Proteico UR		Total Húmico %		Total Proteico %		Color (Pt-Co) UC	
		Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19	Julio 18	Enero 19
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	1,7	2,61	1,09	1,42	61	64,76	39	35,24	10,84	16,1
	17 (Las Mulatas 2)	1,12	1,35	0,56	0,94	66,91	58,96	33,09	41,04	9,68	6,1
	18 (Las Mulatas 3)	0,19	0,21	0,38	0,24	33,08	46,71	66,92	53,29	2,25	3,02
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	1,15	2,51	0,64	1,69	64,27	59,73	35,73	40,27	9,94	11,48
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	0,51	1,09	0,22	0,78	69,35	58,18	30,65	41,82	7,63	9,17
	33 (Puente Angachilla)	1,05	2,3	0,42	0,84	71,52	73,19	28,48	26,81	9,3	13,79
Llancahue, Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	0,35	1,73	0,23	0,78	60,56	69,06	39,44	30,94	6,86	10,71
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	0,11	0,18	0,16	0,11	40,89	62,34	59,11	37,66	1,48	2,25
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	0,26	0,48	0,17	0,21	60,06	69,73	39,94	30,27	4,94	3,79

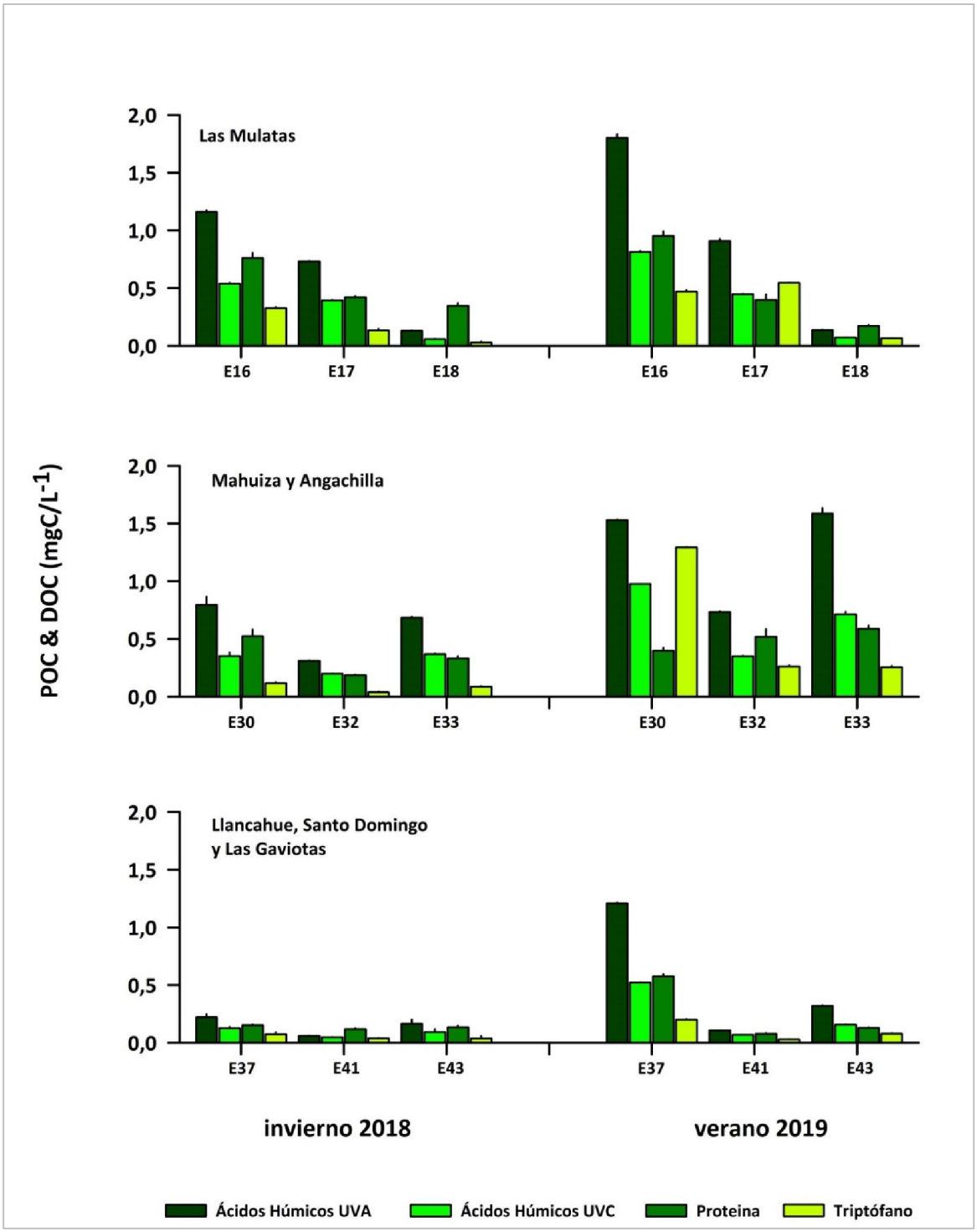

Figura 8.2.3.5.

Componentes de la Materia Orgánica Disuelta como fluorescencias máximas en unidades Raman (UR) medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Los resultados de Color (UC) muestran una tendencia similar a las concentraciones de COD, con valores en general relativamente bajos para ecosistemas de humedal, con concentraciones más elevadas en el sector Mahuiza y Angachilla en el rango de 9,17 – 13,79 UC (Pt-Co), disminuyendo levemente en el sector Las Mulatas en el rango de 2,25 – 16,1 UC (Pt-Co), presentando los valores más bajos en el sector Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas con rangos de 1,48 – 10,71 UC (Pt-Co). Se puede observar que el componente similar a ácidos húmicos UVC presenta una mayor correlación con el índice de Color (UC) en el muestreo de invierno 2018, mientras que en verano 2019 los valores de Color (UC) tienden a correlacionar mejor con el componente similar a ácidos húmicos UVA (Fig. 8.2.3.6).

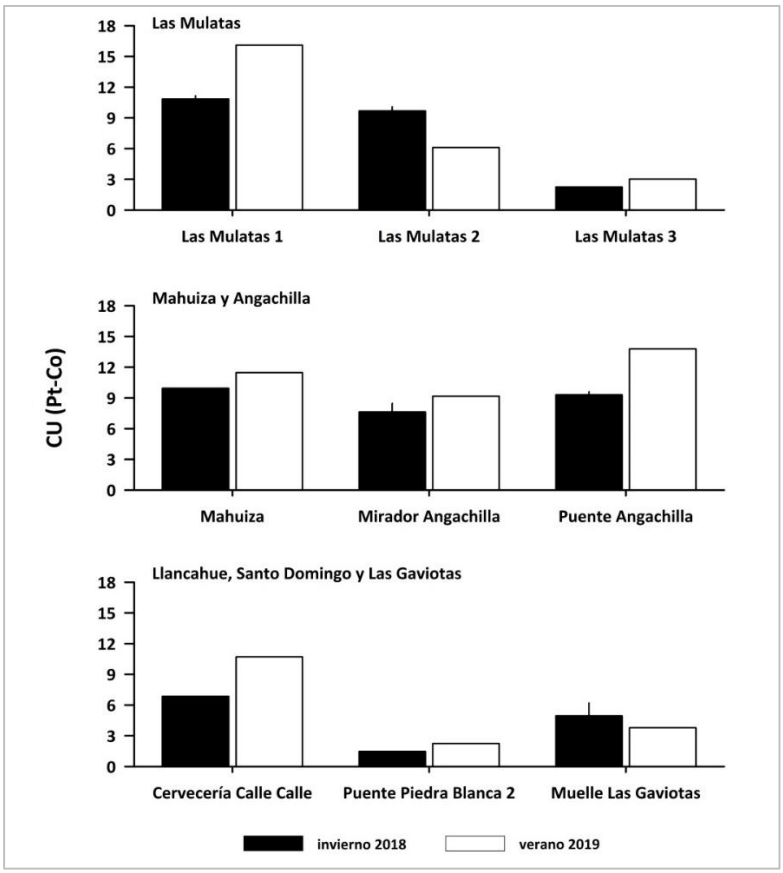

Figura 8.2.3.6.

Índice Color expresado en unidades de color (UC) medidos en el agua de los humedales prioritarios ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019.

Metales pesados

Las Tablas 8.2.3.11 a la 8.2.3.13 presentan las concentraciones promedio y desviación estándar de los principales metales disueltos encontrados en las aguas de los humedales urbanos en Valdivia. Esta fracción corresponde a las formas solubles de estos metales lo que indica su potencial de biodisponibilidad para organismos presentes en estos cuerpos de agua. En el caso del Zinc (Zn), hubo un problema de medición por una contaminación de las muestras en julio y diciembre 2018.

En general se encontraron muy bajas (< L.D., aproximadamente 0,3-1 µg/L) o bajas (< 3 µg/L) concentraciones de Cromo, Níquel, Arsénico y Plomo en todos los sitios. En el caso de Cobre, bajas concentraciones (< 3 µg/L) fueron detectados durante invierno, mientras que en verano estas aumentaron levemente (12-29 3 µg/L) en varias estaciones (Las Mulatas 3, Mirador Angachilla, Puente Piedra Blanca 2 y Muelle Las Gaviotas) (Fig. 8.2.3.7). Las concentraciones de Zinc fueron relativamente bajas en junio 2018 con valores generalmente inferiores a 15,3 µg/L.

Respecto a los metales principales, el Hierro (Fe) y Manganeso (Mn), fueron encontrados en concentraciones relativamente bajas a moderadas (Mn: < 100 µg/L; Fe: < 500 µg/L) durante la campaña de invierno en todos los sitios, pero en altas concentraciones durante la campaña de verano, en algunos sitios. Las estaciones con alta conductividad, como Las Gaviotas o con baja oxigenación como el Mirador Angachilla y Puente Angachilla presentaron valores entre 730-2170 µg Mn/L y 4300 - 15800 µg Fe/L (Fig. 8.2.1.9). En los demás sitios las concentraciones de ambos metales se mantuvieron en el rango moderado, similar a lo observado durante la campaña de invierno (el alto valor de Mn y Fe en el sitio Puente Piedra Blanca 2, debe ser verificado). Hay que destacar que la solubilidad de ambos metales depende mucho del potencial de redox y puede cambiar rápidamente, incluso durante el día.

Tabla 8.2.3.11.
Concentraciones de Cromo (Cr), Manganeso (Mn) y Hierro (Fe) disueltos, medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. < L.D.: bajo límite de detección; m.p. muestra perdida. Se destacan en rojo valores altos.

Sector	Estaciones	Cr (µg/L)			Mn (µg/L)			Fe (µg/L)		
		Jun-18	Jul-18	Dic-18	Jun-18	Jul-18	Dic-18	Jun-18	Jul-18	Dic-18
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	43,4 (2,2)	121,0 (7,0)	**2170,0 (21,0)**	246,0 (37,0)	331,0 (18,0)	**4357,0 (200,0)**
	17 (Las Mulatas 2)	< L.D.	< L.D.	m.p.	19,5(0,8)	28,6 (7,8)	m.p.	159,0 (12,0)	390,0 (43,0)	m.p.
	18 (Las Mulatas 3)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	5,2 (0,4)	7,9 (1,5)	25,4 (0,7)	6,0 (1,0)	52,2 (3,0)	211,0 (42,0)
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	19,9 (0,9)	24,2 (0,4)	**1875,0 (56,0)**	137,0 (5,0)	212,0 (3,0)	**15462,0 (280,0)**
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	152 (8,0)	55,7 (0,4)	930,0 (43,0)	**1144,0 (104,0)**	588,0 (2,0)	**7170,0 (435,0)**
	33 (Puente Angachilla)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	20,8 (0,8)	69 ,1 (4,3)	728,0	146,0 (4,0)	101,0 (2,0)	297,0
Llancahue , Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	< L.D.	0,4 (0,6)	< L.D.	41,0 (21,0)	14,7 (2,9)	80,2 (3,0)	280,0 (228,0)	99,0 (6,0)	390,0 (16,0)

Sector	Estaciones	Cr (µg/L)			Mn (µg/L)		Fe (µg/L)			
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	6,8 (0,3)	4,9 (1,6)	**1936,0 (16,0)**	69,2 (1,4)	52,0 (2,0)	**15780,0 (204,0)**
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2,3 (0,3)	3,3 (0,7)	**1910,0 (12,0)**	96,0 (10,0)	73,0 (19,0)	**15580,0 (45,1)**

Tabla 8.2.3.12.
Concentraciones de Níquel (Ni), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) disueltos, medidos en el agua de los humedales priorizados ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. < L.D.: bajo límite de detección; m.p. muestra perdida. Se destacan en rojo valores altos.

Sector	Estaciones	Ni (µg/L)			Cu (µg/L)			Zn (µg/L)		
		Jun-18	Jul-18	Dic-18	Jun-18	Jul-18	Dic-18	Jun-18	Jul-18	Dic-18
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	< L.D.	0,5 (0,1)	0,7	2,1 (0,4)	2,5 (0,4)	0,9 (0,4)	7,7 (2,6)	m.c.	m.c.
	17 (Las Mulatas 2)	< L.D.	1,2 (0,1)	m.p.	1,7 (0,3)	1,7 (0,5)	m.p.	7,4 (1,0)	m.c	m.p.
	18 (Las Mulatas 3)	< L.D.	1,0 (0,8)	5,2 (1,0)	11,1 (13)	1,4 (1,1)	**29,0 (0,9)**	**14,8 (8,2)**	m.c	m.c
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	< L.D.	0,7	1,3 (0,6)	2,0 (2,4)	1,2 (0,2)	8,5 (5,5)	11,9 (1,1)	m.c	m.c
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	< L.D.	5,8	2,1 (0,5)	1,4 (0)	1,2 (0,1)	**14,9 (0,3)**	10,5 (4,6)	m.c	m.c
	33 (Puente Angachilla)	< L.D.	0,6	0,4	1,8 (0,2)	1,5 (0,4)	1,8	10,2 (4,5)	m.c	m.c

Sector	Estaciones	Ni (µg/L)			Cu (µg/L)		Zn (µg/L)		
Llancahue , Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	< L.D.	0,4 (0,2)	1,8 (0,1)	1,4 (0,2)	1,3 (0,5)	2,2 (0,2)	11,3 (4,2)	m.c	m.c
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	< L.D.	0,5 (0,0)	1,3 (0,2)	1,8 (0,3)	2,7 (2,5)	**13,1 (0,2)**	**15,3 (2,1)**	m.c	m.c
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	< L.D.	0,7 (0,2)	1,8 (1,2)	1,8 (0,4)	1,4 (0,3)	12,3 (0,2)	**13,3 (4,1)**	m.c	m.c

Tabla 8.2.1.13.
Concentraciones de Arsénico (As) y Plomo (Pb) disueltos, medidos en el agua de los humedales prioritarios ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante julio 2018 y enero 2019. Los valores son promedios con desviación estándar en paréntesis. < L.D.: bajo límite de detección.

Sector	**Estaciones**	**As (µg/L)**			**Pb (µg/L)**		
		jun-18	**jul-18**	**dic-18**	**jun-18**	**jul-18**	**dic-18**
Las Mulatas	16 (Las Mulatas 1)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,2 (0,3)	0,7 (0,3)	1,6 (0,4)
	17 (Las Mulatas 2)	< L.D.	< L.D.	m.p.	1,4 (0,8)	0,9 (0,3)	m.p.
	18 (Las Mulatas 3)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,8 (0,0)	1,4 (0,6)	2,5 (0,4)
Mahuiza y	30 (Mahuiza)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,8 (0,4)	0,7 (0,2)	2,4 (0,3)
Angachilla	32 (Mirador Angachilla)	< L.D.	< L.D.	0,3 (0,2)	1,1 (0,1)	0,9 (0,2)	1,1 (0,2)
	33 (Puente Angachilla)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,7 (0,2)	0,7	0,8
Llancahue , Santo	37 (Cervecería Calle Calle)	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,4 (0,1)	0,4 (0,3)	0,5 (0,0)
Domingo y Las	41 (Puente Piedra Blanca 2)	< L.D.	< L.D.	0,4	1,6	0,6 (0,1)	2,2 (0,2)
Gaviotas	43 (Muelle Las Gaviotas)	< L.D.	< L.D.	0,5	0,9 (0,2)	0,4 (0,3)	2,2 (0,3)

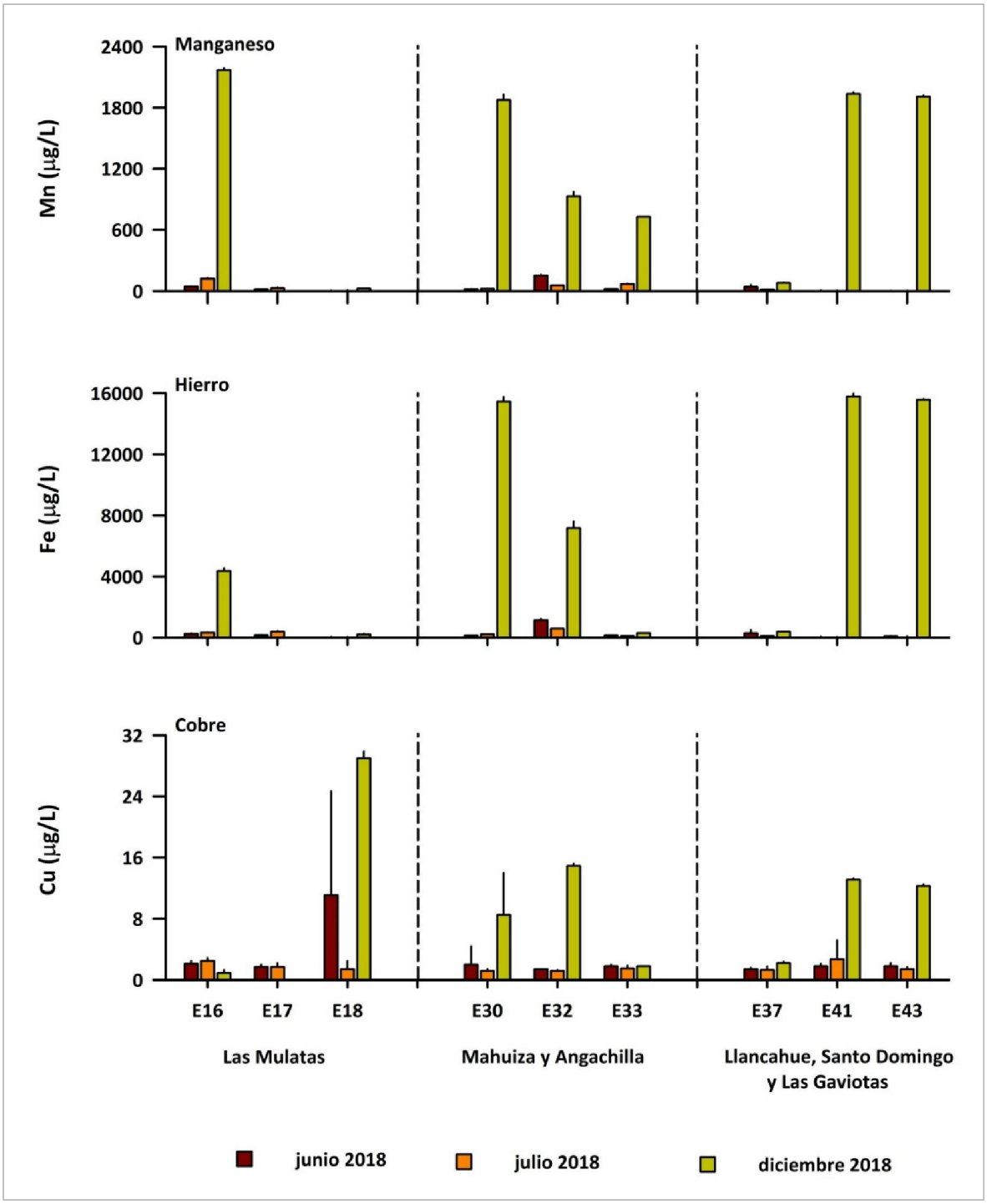

Figura 8.2.3.7.

Concentraciones de Manganeso (Mn), Hierro (Fe) y Cobre (Cu) disueltos, medidos en el agua de los humedales prioritarios ubicados en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante junio, julio y diciembre del año 2018.

Conclusiones

- Los resultados de los análisis microbiológicos (Coliformes fecales) no evidenciaron contaminación por fecas de origen humana.
- El análisis físico, químico y microbiológico de los tres sectores - con tres sitios de muestreo cada uno arrojó una alta heterogeneidad entre sitios del mismo sector y entre sectores durante ambas campañas
- Hay sitios con influencia de agua salobre (Las Mulatas 2, Las Mulatas 3 y Las Gaviotas) que causan mayor conductividad y parcialmente también un alto aumento de los metales predominantes Hierro y Manganeso (Aluminio no se midió).
- Lo que más llama la atención y por lo tanto, debe ser estudiado con más importancia, es la muy baja oxigenación en varios sitos, especialmente en el sector Mahuiza y Angachilla y Las Mulatas, particularmente la estación 17 (Las Mulatas 2).
- Los altos contenidos de materia orgánica de tipo proteica en el sector Mahuiza y Angachilla, como también en el sector Las Mulatas, correspondiente a material orgánico producidos por microorganismos, indican zonas de alta productividad primaria y/o lugares que podrían presentar contaminación orgánica.
- En general, los sitios con menor influencia urbana, caracterizados por relativamente bajos niveles de Nitrógeno y Fósforo y niveles de Carbono Disuelto y Total bastante moderadas, se encuentran en el sector Llancahue.
- Al comparar las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo se comprueba una clara limitación por Fósforo en la mayoría de los sitios. Hay probablemente una mayor carga de Nitrógeno (especialmente Nitrato) a través de las cuencas y la actividad humana, especialmente en los sectores Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla. Algunos sectores presentan condiciones eutróficas.
- No se evidenciaron niveles preocupantes de metales considerados potencialmente tóxicos como Cromo, Arsénico, Cobre y Plomo, pero si niveles muy altos de Hierro y Manganeso en varios sitios, pero solamente durante la campaña estival.

- Las aguas de los humedales estudiados no son aptas para el consumo humano según NCH409, tampoco son aptas para uso recreativo con contacto según NCh1333. Para uso como agua de riego son parcialmente aptas según NCh1333.

8.3. DIAGNÓSTICO DE BIODIVERSIDAD

8.3.1. Flora acuática

8.3.1.1. Antecedentes

Los humedales son ecosistemas asociados a sustratos saturados de agua en forma temporal o permanente, en los que existen y se desarrolla biota adaptada a estas condiciones de exceso de humedad. Las especies vegetales capaces de crecer en estas condiciones hidrológicas se conocen como macrófitos. Se define como macrófito acuático a todas las plantas vasculares (también conocidas como macrófitas acuáticas, cormófitos acuáticos, hidrofitos vasculares, etc.) que viven en terrenos completa o parcialmente inundados. Es importante recalcar que este grupo pertenece a las plantas, es decir, integrantes del reino vegetal (no son algas). Los macrófitos pueden agruparse y clasificarse según su morfología, ya que para conquistar el medio acuático han debido modificar fuertemente su cuerpo vegetativo y fisiología. Estas plantas que presentaran diferentes formas de vida de acuerdo a la profundidad y corriente del agua, además del tipo de sustrato que colonizan y se clasifican de la siguiente manera.

8.3.1.2. Material y métodos

Los humedales priorizados Las Mulatas; Mahuiza y Angachilla; y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas, fueron estudiados para evaluar variaciones estacionales en la abundancia y diversidad de plantas creciendo al interior de la zona de influencia de agua. La principal razón que determinó la elección de estos tres puntos de muestreo fue la disponibilidad de un cuerpo de agua estable durante todo el año, lo cual permitía la eventual ubicación de todas las formas de vida de las plantas acuáticas, en las dos épocas en las cuales se realizó el muestreo.

Para determinar la cobertura de los humedales se delimitaron polígonos mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales obtenidas del programa Google Earth Pro, cada polígono fue confeccionado a una escala de trabajo de 1:1500, para obtener un mayor

detalle en el límite de las diferencias fisonómicas presentadas por los diferentes ecosistemas con presencias de macrófitos frente a la vegetación terrestre de cada polígono. Para la identificación, se utilizó la información obtenidas de las visitas a terreno, además del apoyo de imágenes aéreas proporcionadas por el vuelo de un dron. En las zonas donde el acceso no era posible se extrapolo la información obtenida, mediante la comparación de texturas y composición de cada polígono. Para el cálculo de superficie y división de polígonos se utilizó el programa QGIS Versión 3.4, el cual permite la subdivisión o la unión de polígonos con una misma información en su base de datos. Se definió que el área de los polígonos se expresada en hectáreas. Es importante destacar que las imágenes satelitales solo permiten la delimitación de las comunidades más conspicuas o abundantes, lo que en su mayoría comprende solo a las comunidades de helófitos. Para la obtención del valor indicador para el factor nitrógeno de los macrófitos, se trabajó en base a lo propuesto por San Martin et al., 2003.

Para establecer la similitud entre los distintos sitios de muestreo se calculó entre todos ellos, el Índice de Similitud de Sorensen, este coeficiente se basa en datos de presencia o ausencia de ciertas especies entre dos muestras comparadas. Los valores del índice varían desde 0, en entidades que no tienen ningún atributo en común, hasta 1 en entidades completamente idénticas.

El Índice de Sorensen se calcula a partir de la siguiente fórmula

$$S: \frac{2}{2a + b + c}$$

Donde:

a) número de especies comunes
b) número de especies exclusivas de la primera comunidad
c) número de especie exclusivas de segunda comunidad

8.3.1.3. Resultados

Humedal Las Mulatas

Un total de 22 especies de macrófitos se prospectaron en los puntos de muestreo ubicados en el humedal Las Mulatas, de las cuales cuatro fueron sumergidas (*Egeria densa, Callitriche palustris, Myriophyllum aquaticum y Potamogeton pusillus*), tres natantes (*Ludwigia peploides, Nymphaea alba y Hydrocotyle ranunculoides*), mientras las restantes son especies típicamente helófitas. No se registraron especies flotantes libres.

La estación más diversa correspondió al punto Las Mulatas 1 (punto de muestreo 16) con 18 especies, presentando los tres hábitos de vida mencionados anteriormente. El punto menos diverso fue Las Mulatas 2 – punto de muestreo 17 -(Tabla 8.3.1.3.1).

En Las Mulatas 1 – punto de muestreo 16 - la mayor cobertura de especies sumergidas correspondió a la comunidad de *Potamogeton pusillus*, fácilmente observable en momentos de bajo nivel de agua, mientras que la comunidad de Schoenoplectus californicus, fue la más abundante de las especies emergidas. Le sigue en diversidad de especies el sector Las Mulatas 3 – punto de muestreo 18 - con 9 especies, aunque esta cantidad solo fue encontrada durante la campaña de invierno. Esta variación en el número de especies según las diferentes temporadas, es fácilmente explicable en el nivel alcanzado por el agua durante la temporada de invierno, favoreciendo la proliferación de diversas comunidades sumergidas y palustres asociadas a la zona de transición terrestre-acuática (costado al muelle).Durante el invierno se registraron aquí sectores dominados por *Callitriche palustris* y *Polygonum hydropiperoides*, por el contrario en el verano se encontró únicamente una comunidad, aunque extensa *de Triglochin striata*, siendo solo el parámetro nivel de inundación el que varió de una campaña a la otra. La comunidad palustre más abundante correspondió a la de *Schoenoplectus californicus* en ambas fechas, mientras que las sumergidas fueron representadas por *Egeria densa* y *Myriophyllum aquaticum* (Tabla 8.3.1.3.1).

Finalmente, el sector Las Mulatas 2 – punto de muestreo 18 - al igual que la anterior, presenta una extensa y muy estable comunidad de *Schoenoplectus californicus*, mientras que como comunidades sumergidas dominan las de *Egeria densa* y *Myriophyllum aquaticum* (Tabla 8.3.1.3.1).

Tabla 8.3.1.3.1.
Especies de plantas identificadas en el humedal Las Mulatas durante invierno 2018 y verano 2019.

Especies	Las Mulatas 1	Las Mulatas 2	Las Mulatas 3	Total
Schoenoplectus californicus	1	1	1	**3**
Typha angustifolia	1			**1**
Alisma plantago aquatica	1		1	**2**
Cyperus eragrostis	1			**1**
Juncus procerus	1			**1**
Hydrocotyle ranunculoides			1	**1**
Ludwigia peploides	1	1		**2**
Nymphaea alba	1			**1**
Alisma lanceolatum	1	1		**2**
Egeria densa	1	1	1	**3**
Lycopus europeus	1			**1**
Lotus uliginosus	1			**1**
Polygonum hydropiperoides			1	**1**
Myriophyllum aquaticum		1	1	**2**
Potamogeton pusillus	1	1		**2**
Callitriche palustris	1		1	**2**
Isolepis sp	1		1	**2**
Senecio fistulosus	1			**1**
Alnus glutinosa	1			**1**

Cotula coronopifolia	1			**1**
Galium leptum	1			**1**
Triglochin striata			1	**1**
Total	**18**	**6**	**9**	

a) Comunidades

La comunidad de *Schoenoplectus californicus* con distintas especies acompañante es la que domina en las tres estaciones de muestreo en este sector. La siguiente comunidad encontrada en los 3 puntos fue la comunidad sumergida de Egeria densa (Tabla 8.3.1.3.2).

Tabla 8.3.1.3.2.
Comunidades de macrófitas identificadas en el humedal Las Mulatas durante invierno 2018 y verano 2019.

Comunidad	**Las Mulatas 1**	**Las Mulatas 2**	**Las Mulatas 3**
Comunidad *Egeria densa*	1	1	
Pantano de Totora	1	1	1
Comunidad *Potamogeton*	1	1	
Comunidad *Triglochin*	1		

b) Similitud

Si bien todas las estaciones poseen distintas variaciones de la comunidad de *Schoenoplectus californicus*, ninguna de las comparaciones entre las diferentes zonas de muestreo presentó un valor superior a 0.4 en el Índice de Sorensen, lo que indica una baja similitud entre los sitios de muestreo.

c) Comunidades indicadoras

Dentro de las comunidades indicadoras, se puede citar las que son capaces de tolerar ciertos grados de salinidad y que se encuentran entre las comunidades citadas, tales como

Egeria densa, *Juncus procerus*, *Myriophyllum aquaticum*, *Phragmites australis* y *Schoenoplectus californicus*. Debido a esto, se deduce la presencia de ciertos niveles de salinidad en los sitios muestreo.

d) Cobertura

La comunidad que presenta mayor cobertura es la de Schoenoplectus californicus con 166,28 ha, sigue en cobertura la sub-asociación de esta misma comunidad, ahora con la especie *Cyperus eragrostis* como dominante, con 24,01 ha. A continuación, la comunidad arbórea caracterizada por la especie *Salix sp,* que ocupa 7,73 ha y finalmente la de *Blechnum chilense* con 2,15 ha (Fig. 8.3.1.3.1 y 8.3.1.3.2).

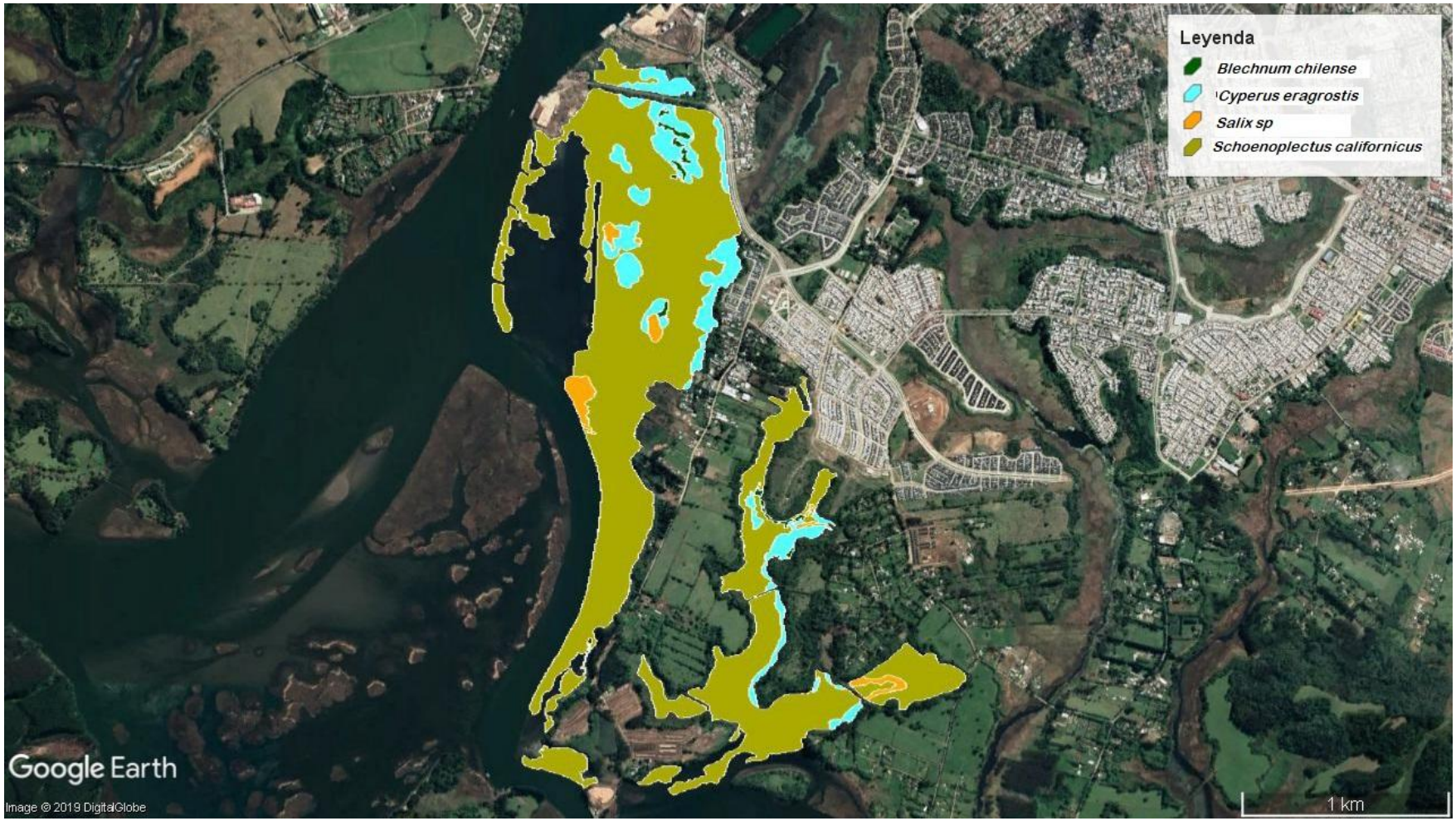

Figura 8.3.1.3.1.
Distribución de coberturas de las comunidades de plantas dominantes en el humedal Las Mulatas.

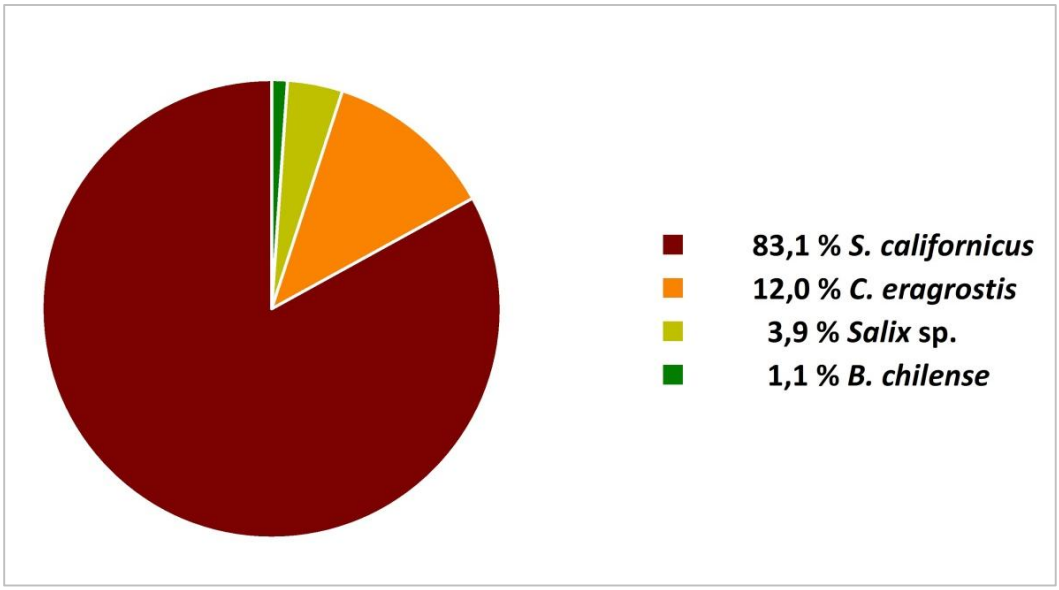

Figura 8.3.1.3.2.
Comunidades de plantas dominantes del humedal Las Mulatas durante invierno 2018 y verano 2019.

e) Variación estacional en la diversidad de plantas del humedal Las Mulatas

Las principales divergencias registradas en cuanto a estacionalidad fueron las relacionadas a las diferentes condiciones de anegamiento o nivel de agua durante los meses de verano, que provocó la desaparición temporal de las especies que crecían en áreas de menor inundación, encontradas principalmente a orillas de los cuerpos de agua (celdas de color amarillo) (Tabla 8.3.1.3.3). Las especies que no se registraron en la campaña de verano fueron *Callitriche palustris* e *Isolepis sp* en Las Mulatas 1 y Las Mulatas 3, *Cotula coronopifolia* en Las Mulatas 2 y *Callitriche palustris, Polygonum hydropiperoides* e *Isolepis sp* en Las Mulatas 3. En este último sitio, es factible asociar el cambio de especies a una disminución del nivel de agua, ya que, durante la campaña de invierno, se registraron dos comunidades de especies sumergidas, creciendo en zonas con frecuencia diaria de inundación. En contraposición, en el mismo lugar, durante las campañas de verano, estas comunidades fueron reemplazadas por las especies exclusivamente helófitas, que si bien se encontraban en la campaña de verano, estaban con una mínima cobertura.

Tabla 8.3.1.3.3.
Comparación estacional de las especies de plantas identificadas en el humedal Las Mulatas. En amarillo las especies no registradas en alguna temporada. I = invierno 2018, V = verano 2019.

Especies	**Las Mulatas 1**		**Las Mulatas 2**		**Las Mulatas 3**	
	I	**V**	**I**	**V**	**I**	**V**
Schoenoplectus californicus	X	X	X	X	X	X
Typha angustifolia	X	X				
Alisma plantago aquatica	X	X			X	X
Cyperus eragrostis	X	X				
Juncus procerus	X	X				
Hydrocotyle ranunculoides					X	X
Ludwigia peploides	X	X	X	X		
Nymphaea alba	X	X				
Alisma lanceolatum	X	X	X	X		
Egeria densa	X	X	X	X	X	X
Lycopus europeus	X	X				
Lotus uliginosus	X	X				
Polygonum hydropiperoides					X	
Myriophyllum aquaticum			X	X	X	X
Potamogeton pusillus	X	X	X	X		
Callitriche palustris	X				X	
I*solepis* sp	X				X	
Senecio fistulosus	X	X				
Alnus glutinosa	X	X				
Cotula coronopifolia	X					
Galium leptum	X	X				
Trglochin striata					X	X

Humedal Mahuiza y Angachilla

18 especies de macrófitos fueron registradas para los puntos de muestreo distribuidos al interior del sector Mahuiza y Angachilla, registrándose integrantes de la mayoría de las formas de vida existentes para los macrófitos de esta zona del país. Se encontraron en este sector tres flotantes libres (*Azolla filiculoides, Lemna valdiviana* y (*Limnobium laevigatum*), dos especies sumergidas (*Egeria densa y Potamogeton pusillus*), dos especies natantes (*Hydrocotyle ranunculoides y Ludwigia peploides*) mientras las restantes son helófitas (Tabla 8.3.1.3.4).

La estación que mayor diversidad presentó fue Puente Angachilla con 12 especies, presentando los cuatro hábitos de vida mencionados anteriormente. Ahora bien, es importante destacar, que esta alta presencia solo se registró para la campaña realizada en invierno, ya que, durante la campaña realizada en el mes de diciembre, se advirtió la ausencia completa de todas las comunidades flotantes libres, manteniéndose solo las de helófitos (*Schoenoplectus californicus*) con participación de *Typha angustifolia*, además del aumento en cobertura de la comunidad natante de *Ludwigia peploides* (Tabla 8.3.1.3.4).

Las siguientes estaciones con alta diversidad de especies fueron Mirador Angachilla y Mahuiza. En el primero, si bien desde la altura se observa que la comunidad dominante corresponde al helófito *Schoenoplectus californicus*, desde el nivel del agua es posible apreciar las comunidades que acompañan a este helófito, como lo hace *Cyperus eragrostis*. Durante la campaña de invierno se observó una importante cobertura de la comunidad flotante libre de *Lemna valdiviana*, la cual se vio mermada durante la campaña estival, mientras que igual que en el punto anterior, se vio un aumento de la cobertura de la comunidad de *Ludwigia peploides* (Tabla 8.3.1.3.4)

La estación Mahuiza corresponde a una extensa comunidad de *Schoenoplectus californicus* con algunos ejemplares de *Typha angustifolia*, rodeada de gran cantidad de especies

arbóreas de las especies *Salix caprea* y *Acer pseudoplatanus.* Finalmente, en Mirador Calle Los Coipos, a pesar de la distancia, pero gracias al brusco descenso del nivel de agua, son fácilmente observables las comunidades sumergidas de *Egeria densa*, además de la flotante libre *Lemna giba* y el aumento de cobertura de la comunidad natante de *Ludwigia peploides*. Finalmente, al igual que en sitios anteriores, la comunidad helófita que domina es la de *Schoenoplectus californicus* (Tabla 8.3.1.3.4).

Tabla 8.3.1.3.4.
Especies de plantas identificadas en el humedal Mahuiza y Angachilla durante invierno 2018 y verano 2019.

Especies	Mahuiza	Mirador Angachilla	Puente Angachilla	Total
Schoenoplectus californicus	1	1	1	**3**
Typha angustifolia	1	1	1	**3**
Alisma plantago aquatica			1	**1**
Blechnum chilense	1	1	1	**3**
Cyperus eragrostis	1	1	1	**3**
Hydrocotyle ranunculoides		1		**1**
Ranunculus repens	1			**1**
Ludwigia peploides		1	1	**2**
Rubus constrictus	1			**1**
Lemna valdiviana		1	1	**2**
Acer pseudoplatanus	1			**1**
Egeria densa			1	**1**
Lycopus europeus			1	**1**
Polygonum hydropiperoides		1		**1**
Salix caprea	1			**1**
Potamogeton pusillus			1	**1**
Azolla filiculoides			1	**1**
Limnobium laevigatum			1	**1**
Total	**8**	**8**	**12**	

a) Comunidades

Este humedal es uno de los que presenta la mayor cantidad de comunidades. Destaca en cobertura la comunidad de *Schoenoplectus californicus* con participación de los también helófitos *Typha angustifolia* y *Cyperus eragrostis*. Esta última especie registrada principalmente en el punto Mirador Angachilla. Otras de las comunidades encontradas

fueron la dominada por de *Egeria densa* en Mirador Calle Los Coipos y Puente Angachilla, y la de *Limnobium laevigatum*, *Lemna – Azolla y Ludwigia peploides* en Puente Angachilla (Tabla 8.3.1.3.5).

Tabla 8.3.1.3.5.
Comunidades de macrófitas identificadas en el humedal Las Mulatas durante invierno 2018 y verano 2019. . Con (*) plantas que no fueron observadas durante la campaña de verano.

Comunidad	Mahuiza	Mirador Calle Los Coipos	Mirador Angachilla	Puente Angachilla
Comunidad *Limnobium laevigatum*				X*
Comunidad de Lemna - Azolla		X*	X*	X*
Comunidad de *Hydrocotyle ranunculoides*				
Matorral de *Schoenoplectus californicus* c/ *Typha angustifolia*	X		X	
Matorral de *Schoenoplectus californicus* c/ *Cyperus eragrostis*	X		X	
Comunidad de *Ludwigia peploides*		X	X	X
Comunidad de *Egeria densa*		X		X
Matorral de *Blechnum chilense*	X			

b) Comunidades indicadoras

La presencia de la asociación entre *Lemna giba* y *Azolla filiculoides*, es un indicador de ambientes lénticos, dulceacuícolas o salobres, altamente eutroficados, lo que se respalda con el parámetro de ambas para nitrógeno (8). Similar situación ocurre con la presencia de *Hydrocotyle ranunculoides*, que igualmente presenta un alto para el nitrógeno (9). La presencia de estas comunidades indica condiciones de eutroficación para tres de los cuatro puntos de muestreo. La desaparición de las comunidades flotantes libres puede asociarse a aumentos puntuales en el flujo de la corriente o a reemplazo por comunidades más altas que limitaron el paso de la luz a la superficie del agua.

c) Cobertura

Aquí, debido a la cercanía se agrupó las coberturas de los sectores Los Fundadores y Mahuiza-Angachilla. En ellos, la comunidad que domina en cobertura fue la de *Schoenoplectus californicus* con 53,51 ha como especie principal. Siguen en abundancia la

sub asociación de *S. californicus* dominada por *Cyperus eragrostis* con 16,63 ha, la comunidad dominada por *Hydrocotyle ranunculoides* con 5,60 ha y la sub asociación de S*. californicus* dominada por *Typha angustifolia* con 1,97 ha. Finalmente aparecen la comunidad de *Blechnum chilense* con 1,45 ha la arbórea identificada de manera genérica como *Salix sp. c*on 0,27 ha. (Fig. 8.3.1.3.3 y 8.3.1.3.4)

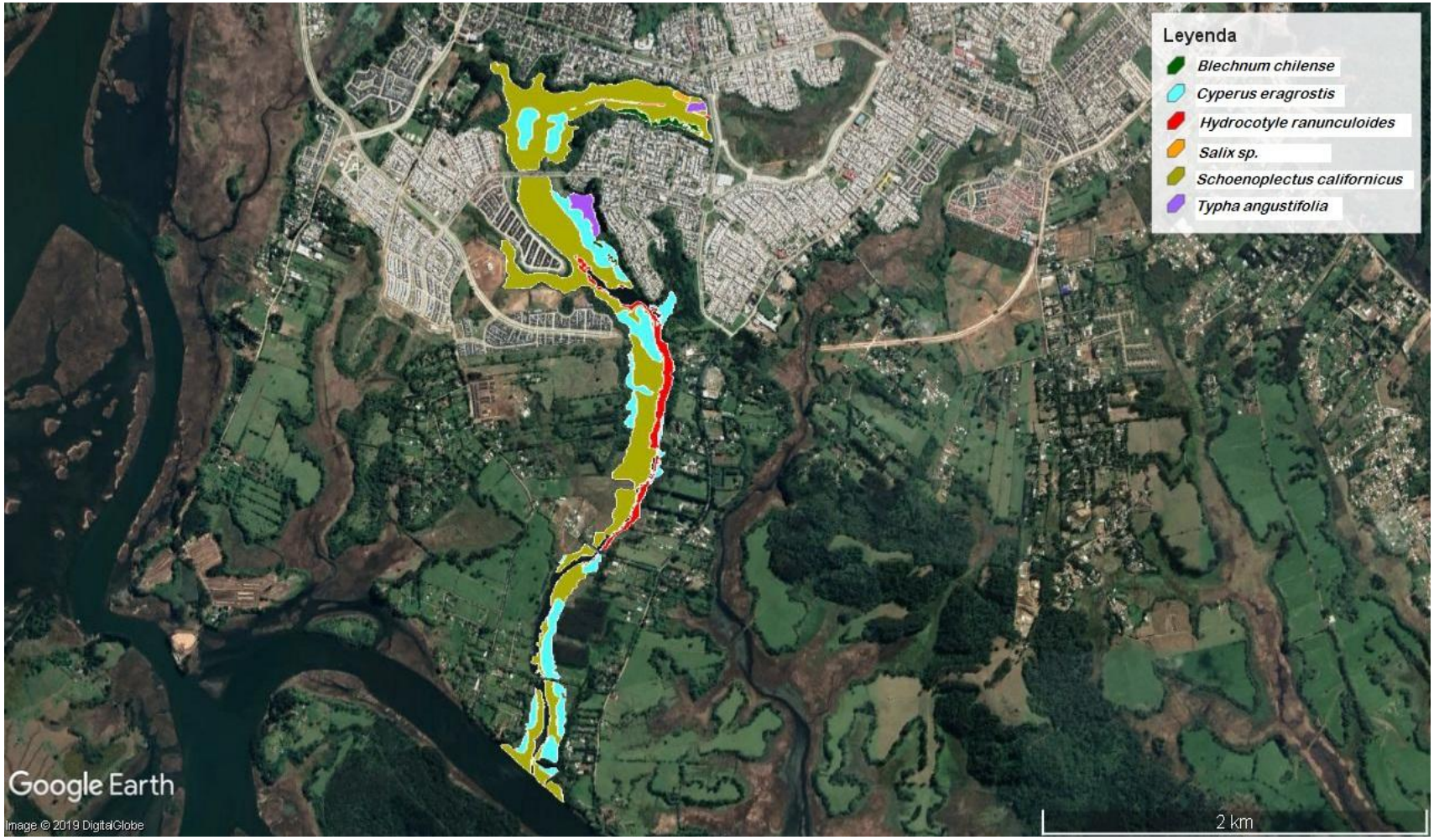

Figura 8.3.1.3.3.

Distribución de coberturas de las comunidades de plantas dominantes en el Mahuiza y Angachilla.

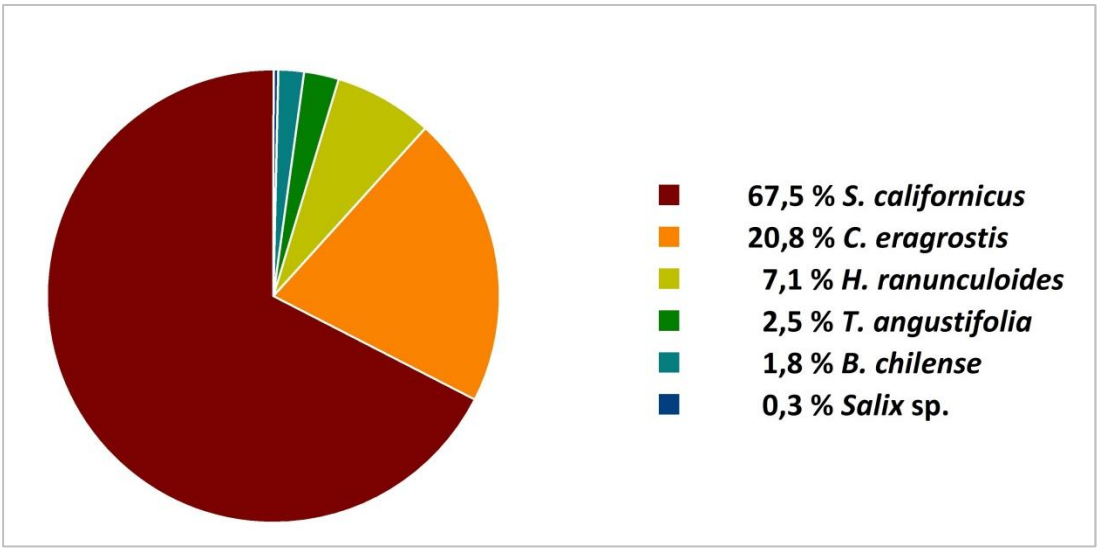

Figura 8.3.1.3.4.

Comunidades de plantas dominantes del humedal Mahuiza y Angachilla durante invierno 2018 y verano 2019.

d) Variación estacional en la diversidad de plantas del humedal Mahuiza y Angachilla

En los tres puntos de muestreo seleccionados en este sector, solo dos presentaron cambios estacionales evidentes: Mirador Angachilla y Puente Angachilla (Tabla 8.3.1.3.6). El más notorio de estos cambios fue la desaparición de la comunidad flotante libre de *Lemna giba*, muy abundante durante la campaña de invierno y no observable durante la campaña de verano, siendo la situación más evidente la observada en la estación Mirador Angachilla.

Otra situación atribuible a estacionalidad fue el aumento en cobertura de la población de *Ludwigia peploides* (Clavito de agua), en todos los sectores en los cuales se registró esta especie. De hecho, en todos los lugares en los cuales en invierno dominaba la comunidad flotante de Lenteja de agua, en verano fueron reemplazados por una extensa comunidad de Clavito de agua.

Es importante destacar, que aun cuando se encontraron individuos aislados de Lenteja de agua, esta no tenía la cobertura observada en febrero 2019. Este aumento de la comunidad dominada por *Ludwigia peploides* no es una sorpresa y se debe a la época de reproducción

del clavito de agua, que se realiza durante la época estival, favoreciendo la proliferación de esta especie, limitando la luz que llegaba a la flotante libre Lenteja de agua, favoreciendo su disminución invernal.

Otra de las diferencias registradas entre las campañas de invierno y verano fue la desaparición de las comunidades flotantes libres, especialmente las registradas la estación Puente Angachilla. Aquí, durante la campaña de invierno se registraron tres poblaciones de especies flotantes libres (*Lemna valdiviana, Azolla filiculoides* y *Limnobium laebigatum*) las cuales no se registraron durante la campaña de verano 2019, situación que podría deberse a diferentes condiciones de trofía del agua o repentinos aumentos de la corriente.

Tabla 8.3.1.3.6.

Especie	**Mahuiza**		**Mirador Angachilla**		**Puente Angachilla**	
	I	**V**	**I**	**V**	**I**	**V**
Schoenoplectus californicus	X	X	X	X	X	X
Typha angustifolia	X	X	X	X	X	X
Alisma plantago aquatica				X	X	X
Blechnum chilense			X		X	X
Cyperus eragrostis			X	X	X	X
Hydrocotyle ranunculoides			X	X	X	X
Ranunculus repens				X		
Ludwigia peploides	X	X	X			
Rubus constrictus				X	X	X
Lemna valdiviana	X	X	X			
Acer pseudoplatanus					X	
Egeria densa						
Lycopus europeus					X	X
Polygonum hydropiperoides			X		X	X
Salix caprea				X		
Potamogeton pusillus						
Azolla filiculoides					X	X
Limnobium laevigatum					X	

Comparación estacional de las especies de plantas identificadas en el humedal Mahuiza y Angachilla. En amarillo las especies no registradas en alguna temporada. I = invierno 2018, V = verano 2019.

Humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas

15 Especies se registraron para los puntos de muestreo distribuidos en el humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas, de las cuales cuatro fueron sumergidas (una especie de la familia Characeae, *Callitriche pallustris, Juncus bulbosus* y, *Myriopyllum aquaticum*) una flotante libre de media agua (*Utricularia gibba*), tres natantes (*Hydrocotyle ranunculoides, Ludwigia peploides, Potamogeton linguatus*), mientras las restantes fueron de habito palustre (Tabla 8.3.1.3.7). Este humedal posee la menor diversidad de especies registrada para los puntos de muestreo establecidos dentro de los humedales priorizados.
La presencia del espectro completo de plantas acuáticas en este humedal nos da indicios de los múltiples hábitats que se encontrados en este sector. Donde si bien, como era de esperar y tal como en la mayoría de los humedales urbanos, dominan los helófitos; el alto porcentaje de hidrofitos encontrados (que supera a todos los demás sitios encontrados), indica una alta prevalencia de ambientes permanentemente inundados, en diferente grado de profundidad, en los cuales las especies exclusivamente terrestres, tal como lo son la mayoría de las malezas europeas, no son capaces de vivir.

El punto más diverso correspondió al Puente Piedra Blanca 2 presentando 8 especies. En este lugar, se registró la presencia de dos comunidades sumergidas, aunque con muy baja presencia cada una, *Juncus bulbosus* y una especie de la familia Characeae. Es importante destacar, que la presencia de esta última especie podría indicar una buena calidad del agua, ya que en general, los integrantes de esta familia, no son capaces de tolerar aguas con altos índices de contaminación. La comunidad de helófitos está representada aquí *por Schoenoplectus californicus* (Tabla 8.3.1.3.7)

El siguiente punto con mayor cantidad de especies corresponde a la estación Cervecería Calle Calle formado por una laguna de baja profundidad que presenta una alta cobertura de la especie sumergida *Juncus bulbosus*, la cual domina en toda la extensión del cuerpo de

agua. Por otro lado y a diferencia de los otros puntos de muestreo del sector, la comunidad de helófitos de aquí está representada por la especie palustre *Juncus procerus*. La presencia de esta especie podría indicar la presencia de sectores de mayor altura y por lo tanto de menor exposición a la inundación, contrario a los puntos dominados por *S.californicus*. La presencia y cobertura de estas dos especies antes mencionadas otorgan a este sitio grandes diferencias florísticas al ser comparados con las demás estaciones de muestreo del sector (Tabla 8.3.1.3.7).

Las estaciones Llancahue Norte, Llancahue Sur y Puente Piedra Blanca 2, presentan sólo una comunidad dominante y es la de *Schoenoplectus californicus*, mientras que la estación Estero Pichi, si bien también presento a la comunidad de Totora como dominante de la fase palustre, se encontraba aquí mezclada con varios individuos de *Salix caprea* y *Alnus glutinosa*, indicando la presencia zonas de mayor presencia y elevación del suelo.

Finalmente, la estación Las Gaviotas, igualmente mostró el dominio de la comunidad de *Schoenoplectus californicus*, mientras, a diferencia de lo observado en puntos del mismo sector, si fue posible registrar una comunidad sumergida en los sectores más someros, en este caso *Myriophyllum aquaticum*. Es importante destacar que esta estación fue la única del sector que presentó individuos de la especie *Hydrocotyle ranunculoides*, especie asociada a contaminación por exceso de nutrientes, aunque en baja cobertura. Lo que puede ser fácilmente relacionado con la gran densidad poblacional que se ha desarrollado en este mismo sector.

Tabla 8.3.1.3.7.
Especies de plantas identificadas en el humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante invierno 2018 y verano 2019.

HUMEDAL LLANCAHUE, SANTO DOMINGO y LAS GAVIOTAS								
Especies	**Cervecería Calle Calle**	**Llancahue Norte**	**Llancahue Sur**	**Piedra Blanca 1**	**Piedra Blanca 2**	**Estero Pichi**	**Muelle Las Gaviotas**	**Total**
Schoenoplectus californicus		1	1	1	1	1	1	**6**

HUMEDAL LLANCAHUE, SANTO DOMINGO y LAS GAVIOTAS								
Especies	**Cervecería Calle Calle**	**Llancahue Norte**	**Llancahue Sur**	**Piedra Blanca 1**	**Piedra Blanca 2**	**Estero Pichi**	**Muelle Las Gaviotas**	**Total**
Alisma plantago aquatica	1				1			**2**
Blechnum chilense		1	1		1	1	1	**5**
Cyperus eragrostis	1							**1**
Juncus procerus	1							**1**
Hydrocotyle ranunculoides							1	**1**
Ludwigia peploides	1							**1**
Polygonum hydropiperoides	1							**1**
Myriophyllum aquaticum							1	**1**
Salix caprea						1		**1**
Juncus microcephalus					1		1	**2**
Utricularia gibba	1							**1**
Callitriche palustris					1			**1**
Juncus bulbosus	1				1			**2**
Senecio fistulosus					1			**1**
Alnus glutinosa						1		**1**
Chara sp					1			**1**
Potamogeton linguatus						1		**1**
Total	**7**	**2**	**2**	**1**	**8**	**5**	**5**	

a) Comunidades

La comunidad que ampliamente domina en la mayoría de las estaciones de este sector es la de *Schoenoplectus californicus* (Pantano de Totora), registrándose en dos de las tres estaciones prioritarias muestreadas, siendo la estación Cervecería Calle Calle el único lugar donde no se registró su presencia. En cambio, la fase helófita de esta estación está representada por la comunidad de *Juncus procerus*, la cual, como ya se mencionó, se distribuye en ambientes con anegamiento prolongado, pero no permanente (Añasco, 1981; Sepúlveda-Zúñiga, 2012)

Las comunidades sumergidas de este sector corresponden a la de *Myriophyllum aquaticum* y *Juncus bulbosus* principalmente, ya que aun cuando se registraron otros individuos sumergidos, estos no eran abundantes (Tabla 8.3.1.3.8).

Tabla 7.3.1.3.8.
Comunidades de macrófitas identificadas en el humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante invierno 2018 y verano 2019.

Comunidad	Cervecería Calle Calle	Piedra Blanca 2	Muelle Las Gaviotas
Matorral de *Schoenoplectus californicus*		X	X
Comunidad de *Juncus bulbosus*	X		
Comunidad de *Myriophyllum aquaticum*			X
Pradera de *Juncus procerus*	X		
Comunidad de *Hydrocotyle ranunculoides*			X

b) Similitud entre comunidades

Cervecería Calle Calle es la estación que presenta menor similitud al ser comparado con las demás estaciones, lo que es fácilmente apreciable al ver las distintas comunidades que dominan el lugar. Las estaciones que presentan mayor similitud entre sí, fueron Llancahue Norte y Llancahue Sur con un valor en el índice de similitud de 1, indicando que se trata de la misma comunidad. Sigue en valor de similitud, los resultados obtenidos entre la comparación de las estaciones Piedra Blanca 1a con Llancahue Norte y Llancahue Sur, con 0.666 de similitud, Finalmente Estero Pichi y Muelle las Gaviotas con Llancahue Norte y Llancahue Sur con un 0.571 de similitud, mostrando una baja aproximación entre las comunidades que crecen en esos puntos.

c) Comunidades bioindicadoras

La presencia, extensión y estado de conservación de las praderas de carófitos (Characeae) en las lagunas o humedales suelen ser un indicador de la buena calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, aunque la estación Puente Piedra Blanca 2 es el único que presentó dicha especie, es importante tener en cuenta que el bajo número encontrado podría estar indicando cambios en las posibles condiciones de oligotrofia representadas por

la presencia de esta especie. Este humedal, formado en gran parte por el descenso del terreno provocado por el terremoto de 1960 a causado que en la actualidad y producto de la retención de sedimentos y relleno del fondo, muchas áreas queden expuestas por elevación, permitiendo el asentamiento de especies arbóreas alóctona tales como *Salix caprea* y *Alnus glutinosa*, no solo en las orillas del humedal, sino también al interior, por lo que la presencia de estas especies nos indican una mayor elevación del nivel del suelo en ese punto. El único registro de una comunidad que indica contaminación por exceso de nutrientes, ocurrió en la estación Las Gaviotas con el registro de la especie *Hydrocotyle ranunculoides*, aunque en muy baja cobertura.

d) Cobertura

La comunidad que mayor cobertura posee corresponde a la de *Schoenoplectus californicus* con 1350,10 ha de cobertura. Muy por debajo en área cubierta y como sub asociaciones de esta misma comunidad, crecen en ciertos sectores, las comunidades dominadas por *Cyperus eragrostis* con 3,8 ha y Typha angustifolia con 3,1 ha. Finalmente, se registra la cobertura de la comunidad de *Nymphaea alba* con 1,36 ha y la cubierta de especies arbóreas identificadas en conjunto como *Salix sp* con 098 ha (Fig. 8.3.1.3.5 y 8.3.1.3.6).

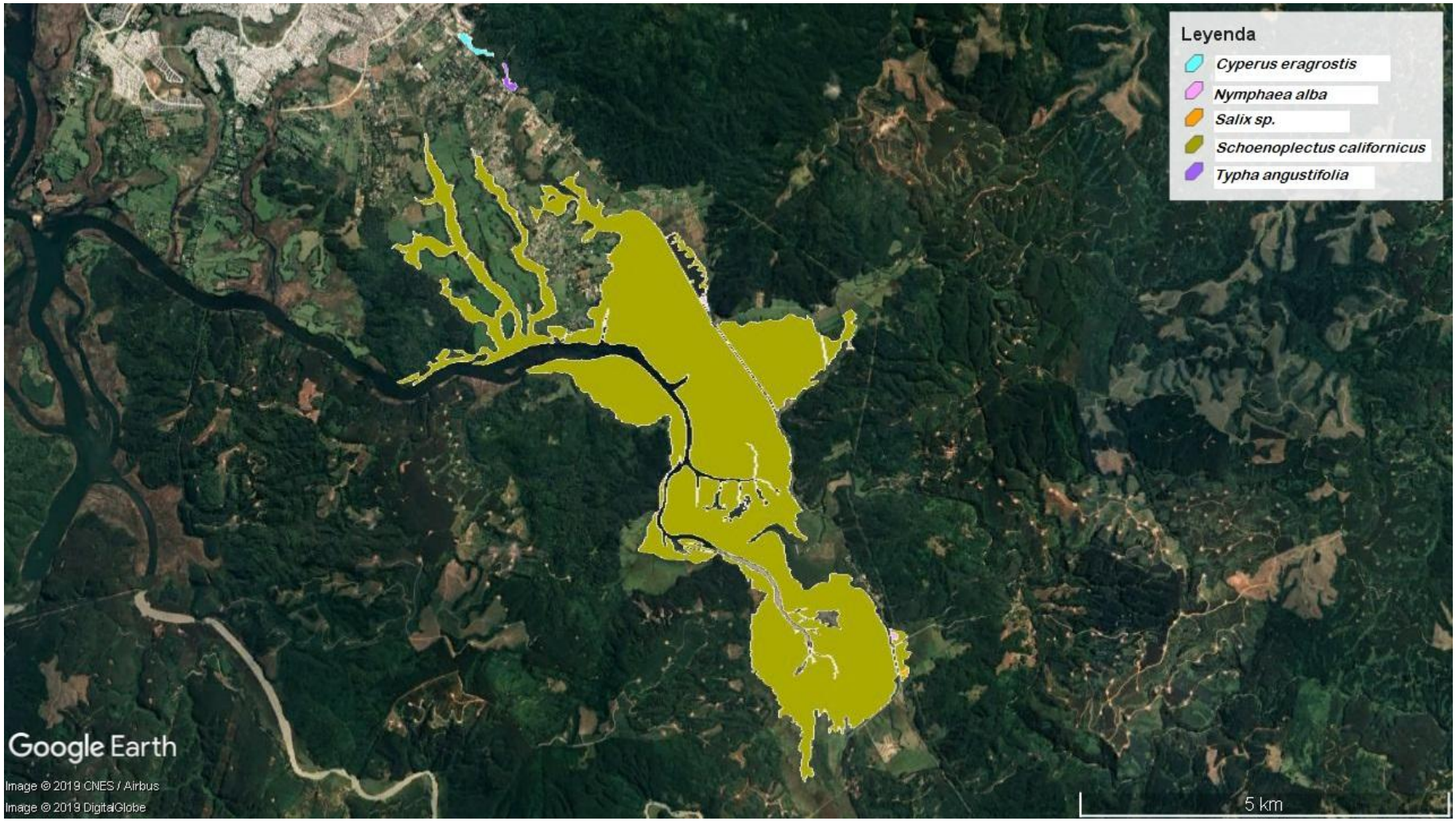

Figura 8.3.1.3.5.
Comunidades dominantes en el humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas.

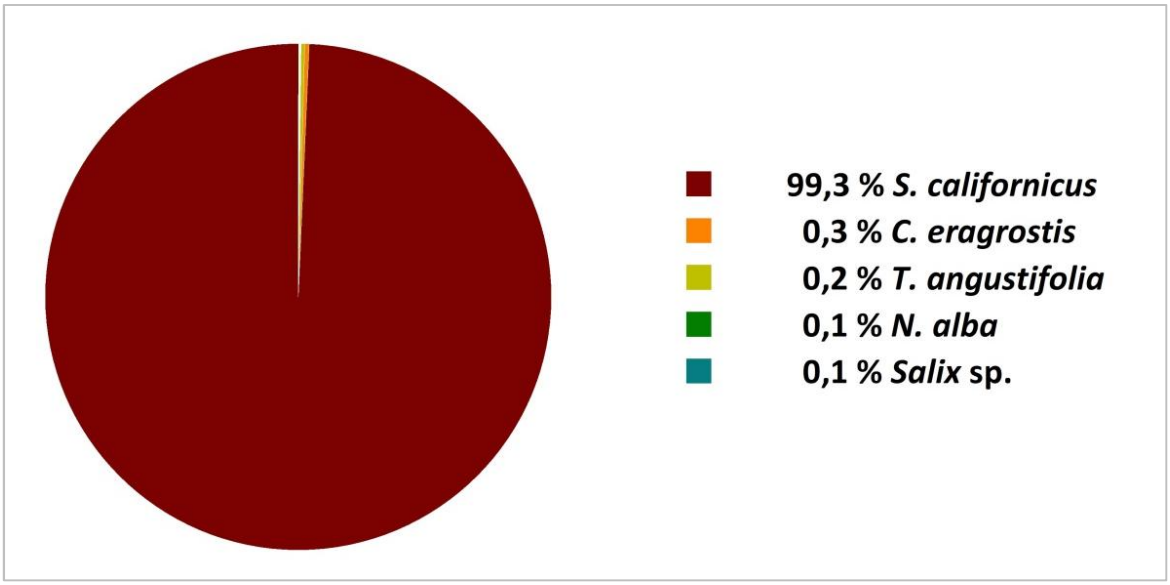

Figura 8.3.1.3.6.
Comunidades de plantas dominantes del humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante invierno 2018 y verano 2019.

e) Variación estacional en la diversidad de plantas del humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas.

Pocos fueron los cambios encontrados entre las campañas de terreno de invierno y verano, donde probablemente, los dos cambios registrados, podrían no estar relacionados a estacionalidad, sino a motivos azarosos dentro del muestreo.

La primera de las variaciones, corresponde al registro de la especie *Utricularia gibba.* La cual, si bien si se registró en la estación Cervecería Calle Calle durante la campaña de invierno, fue con solo un par de individuos, no encontrándose en los muestreos de fechas posteriores. Similar situación es lo que ocurrió con la especie *Chara sp*, la cual, si bien si se registró en la campaña de invierno, solo se registró en algunos puntos mediante muestreo de arrastre. Sin embargo, aun cuando se volvió a muestrear mediante arrastre durante la campaña de verano, no se logró observar la especie nuevamente (Tabla 8.3.1.3.9).

Tabla 8.3.1.9.
Comparación estacional de las especies de plantas identificadas en el humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Mulatas. En amarillo las especies no registradas en alguna temporada. I = invierno 2018, V = verano 2019.

Especie	Cervecería Calle		Piedra Blanca 2		Muelle Las Gaviotas	
Schoenoplectus californicus			X	X	X	X
Alisma plantago aquatica	X	X	X	X		
Blechnum chilense			X	X	X	X
Cyperus eragrostis	X	X				
Juncus procerus	X	X				
Hydrocotyle ranunculoides					X	X
Ludwigia peploides	X	X				
Polygonum hydropiperoides	X	X				
Myriophyllum aquaticum					X	X
Juncus microcephalus			X	X	X	X
Utricularia gibba	X					
Callitriche palustris			X	X		
Juncus bulbosus	X	X	X	X		
Senecio fistulosus			X	X		
Chara sp			X			

8.3.2. Macrofauna de fondo sedimentario

8.3.2.1. Antecedentes

Los fondos sedimentarios de humedales sustentan una variada fauna de macroinvertebrados bentónicos, (o macrofauna bentónica) (e.g., Gray, 1974, Anderson *et al*., 2004). Los macroinvertebrados bentónicos son frecuentemente utilizados como indicadores ambientales de integridad biológica, además de ser empleados para evaluar la calidad del agua e identificar causas de alteraciones ambientales, tanto en ambientes lénticos (lagos) como lóticos (ríos) (cf. Rhoads & Boyer, 1982). Las respuestas poblacionales de estos organismos están en función a efectos sinérgicos o antagónicos del pasado reciente (e.g., contaminantes agrícolas, domésticos, industriales, mineros), que influyen adversamente sobre las funciones fisiológicas, bioquímicas y reproductivas de estas especies. Adicionalmente, el análisis de los cambios en la estructura de la comunidad (i.e., riqueza de especies y abundancias) y la función de estos macroinvertebrados bentónicos permite conocer tendencias de cambios temporales en el ambiente acuático.

En este Capítulo se analizan los resultados de los muestreos de macrofauna bentónica de fondos sedimentarios realizados en los humedales urbanos priorizados de Las Mulatas y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas. Esto con el objetivo de analizar la riqueza de especies y abundancia de estos organismos en estos humedales, en cuanto a la estructura comunitaria de macroinvertebrados se refiere.

8.3.2.2. Material y métodos

Durante el año 2018 se realizaron dos campañas estacionales de muestreo: la correspondiente al invierno se realizó los días 26 y 27 julio y la de verano el día 28 de diciembre. Los muestreos se realizaron en los cinco sitios que se muestran en la Figura

8.3.2.2.1: Río Valdivia 1 y Río Valdivia 2 en el humedal Las Mulatas y Río Angachilla 1, Río Piedra Blanca y Río Angachilla 2 en el humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas. Las muestras de sedimento para estudio de la macrofauna bentónica se recolectaron en cada sitio mediante buceo autónomo. Se obtuvieron tres muestras en las orillas (<1.5 m de profundidad) y tres en los cauces de los mismos (>2.5 m de profundidad). Para ello se utilizaron cilindros plásticos de 7,5 cm de diámetro enterrados a una profundidad aproximada de 10 cm en el sedimento. Estos cilindros fueron cubiertos con tapas (en ambos extremos) y llevados por un buzo a una lancha de muestreo. Las muestras se filtraron en mallas de 500 µm de trama; la fauna así retenida se mantuvo en formalina con agua del ambiente natural al 10% para ser llevadas al laboratorio, dónde por medio de una lupa estereoscópica modelo Olympus S251, se llevó a cabo el recuento e identificación de macroinvertebrados bentónicos. La identificación de las especies se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

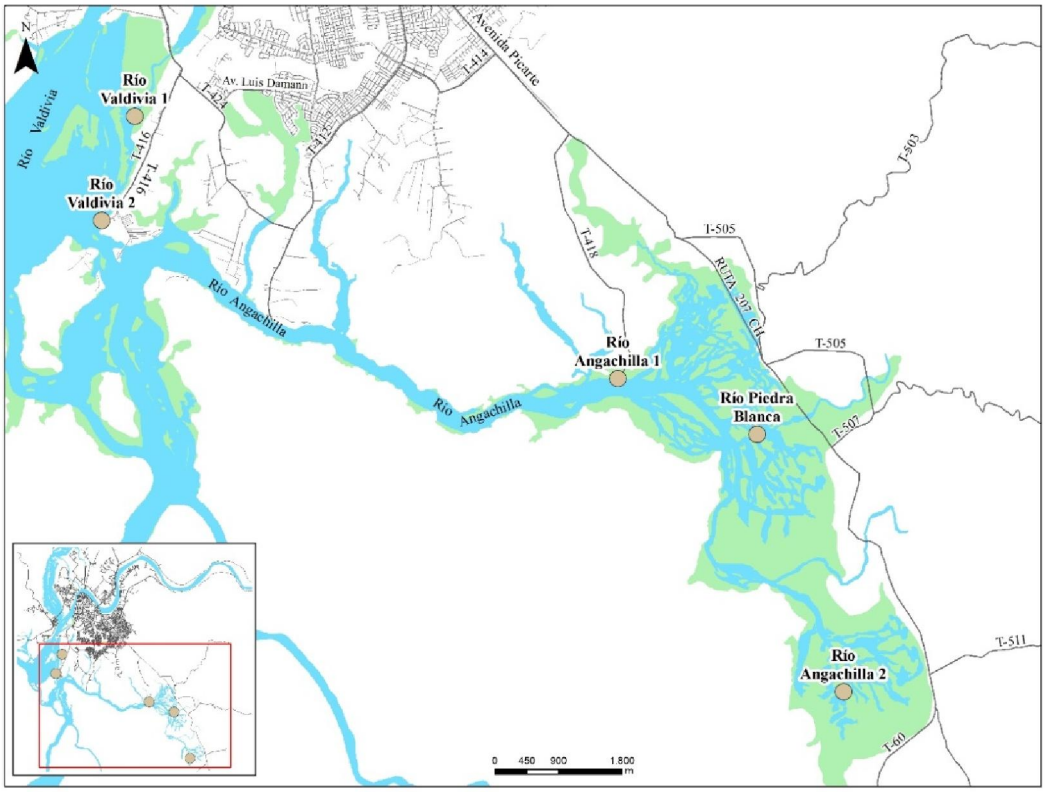

Figura 8.3.2.2.1

Ubicación de los sitios de muestreo seleccionados para el estudio de la macrofauna bentónica de fondos sedimentarios.

8.3.2.3. Resultados

La macrofauna bentónica que habita los fondos sedimentarios del área de estudio estuvo representada primariamente por los anélidos poliquetos Prionospio (Minuspio) patagonica y *Perinereis gualpensis*, un oligoqueto de la familia Tubificidae y el crustáceo anfípodo *Paracorophium hartmannorum.*

La Figura 8.3.2.3.1 muestra la riqueza de especies de la macrofauna bentónica total en los sedimentos de las orillas y cauces del área de estudio. En términos generales, se observa que los sedimentos de los cauces tuvieron mayor riqueza de especies que los sedimentos de las orillas. Los sedimentos de los cauces de los dos sitios ubicados en el río Valdivia (sector correspondiente al humedal Las Mulatas), fueron los de mayor riqueza específica, situación más acentuada durante el muestreo de invierno (Fig. 8.3.2.3.1).

Durante el muestreo de invierno, la riqueza de especies fue bastante homogénea en el sector comprendido entre el sitio Río Angachilla 1 y Río Angachilla 2, a la vez que durante el muestreo de verano, el número de especies disminuyó en el mismo gradiente espacial (Fig.8.3.2.3.2).

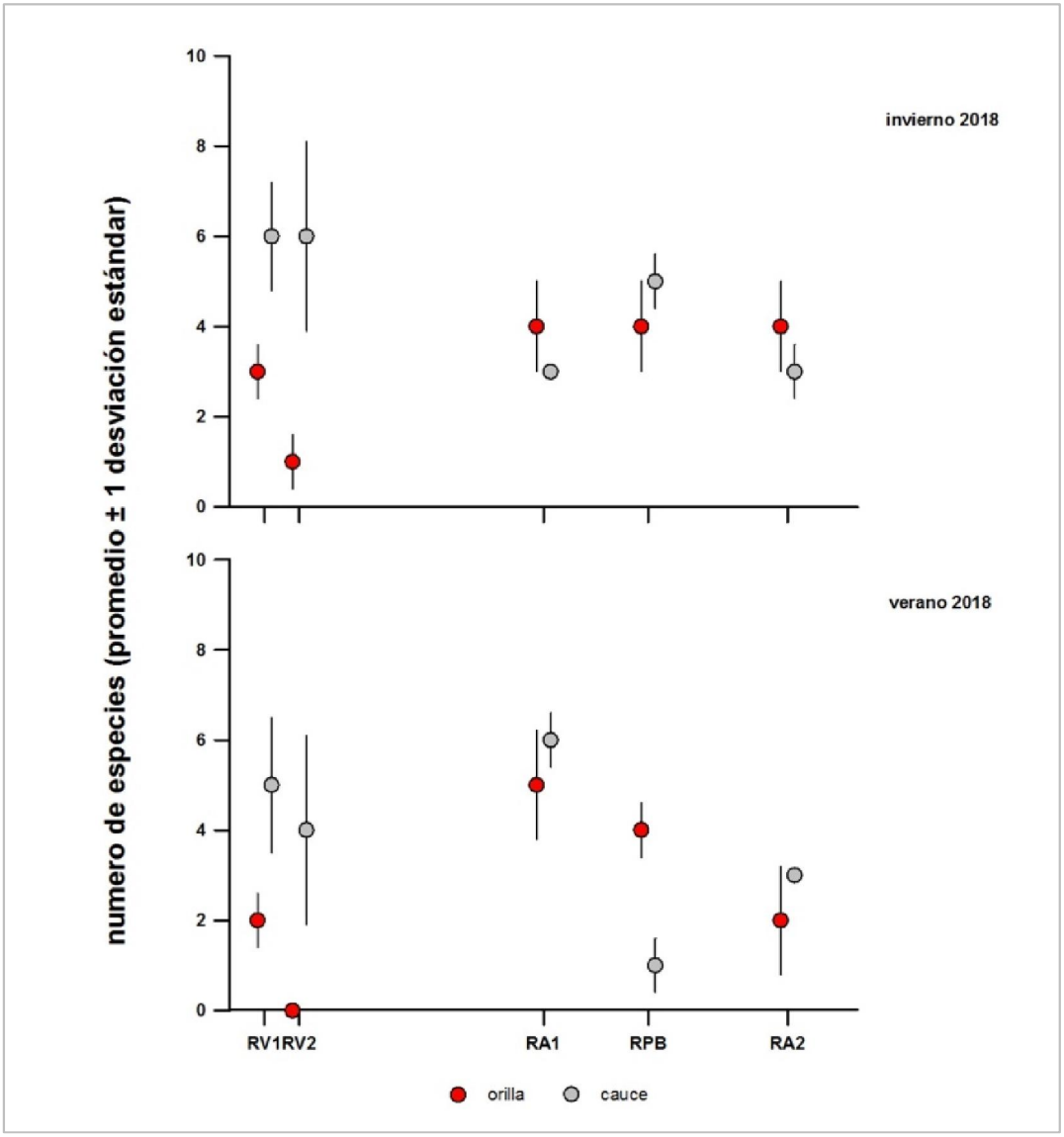

Figura 8.3.2.3.1
Riqueza de especies de la macrofauna bentónica en los sedimentos de las orillas y cauces de los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. RV1: Río Valdivia 1, RV2: Río Valdivia 2, RA1: Río Angachilla 1, RPB: Río Piedra Blanca, RA2: Río Angachilla 2.

La Figura 8.3.2.3.2 muestra la variabilidad espacio - temporal de la abundancia total de la macrofauna bentónica total en los sedimentos de las orillas y cauces del área de estudio. Tales abundancias fueron notoriamente más altas durante el muestreo de invierno y particularmente en los sedimentos de los cauces. Similar a lo observado con la riqueza de

especies, la abundancia de la macrofauna total fue más alta en los sedimentos de los sitios ubicados en el humedal Las Mulatas (RV 1 y RV2) (Fig. 8.3.2.3.2).

Durante el muestreo de invierno, la abundancia disminuyó gradualmente desde el humedal Las Mulatas (sitios RV1 y RV2) hacia el interior del humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (sitios RPB y RA2), situación también observada durante el muestreo de verano, pero solo desde RA1 a RA2 (Fig. 8.3.2.3.2).

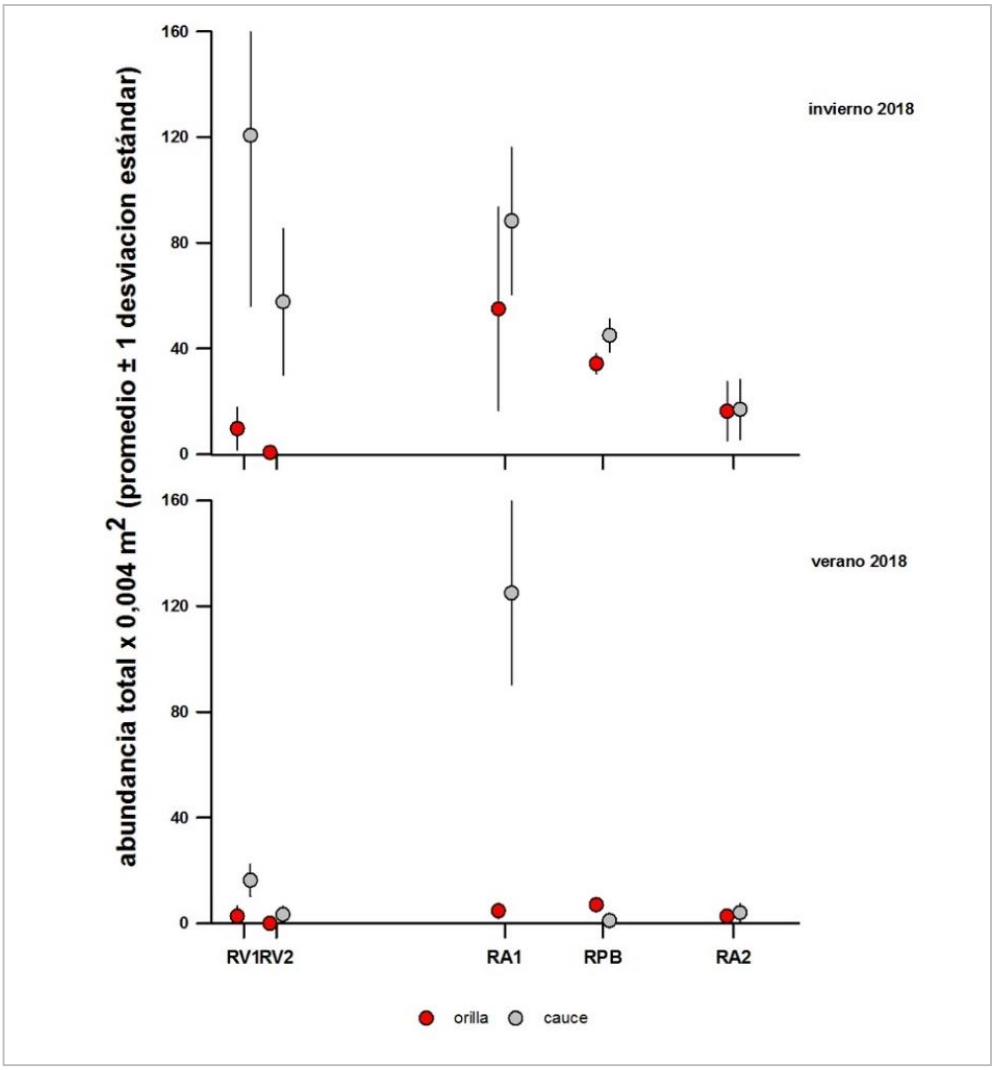

Figura 8.3.2.3.2
Abundancia total de macroinfauna bentónica en los sedimentos de orillas y cauces de los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios

(tres réplicas) ± 1 desviación estándar. RV1: Río Valdivia 1, RV2: Río Valdivia 2, RA1: Río Angachilla 1, RPB: Río Piedra Blanca, RA2: Río Angachilla 2.

Las Figuras 8.3.2.3.3 a 8.3.2.3.7 muestran la variabilidad espacio - temporal de los valores de abundancia de las especies de la macrofauna bentónica más comunes en los sedimentos de las orillas y cauces del área de estudio.

El poliqueto Prionospio (Minuspio) patagonica fue la especie más abundante de la macrofauna bentónica; por lo mismo, sus abundancias variaron de modo similar a la abundancia total de la macrofauna bentónica en cuanto a estacionalidad se refiere; es decir, valores más altos en los sedimentos de los cauces y durante el invierno y valores más bajos hacia el interior del área de estudio (sitios PB y RA2) (Fig. 8.3.2.3.3).

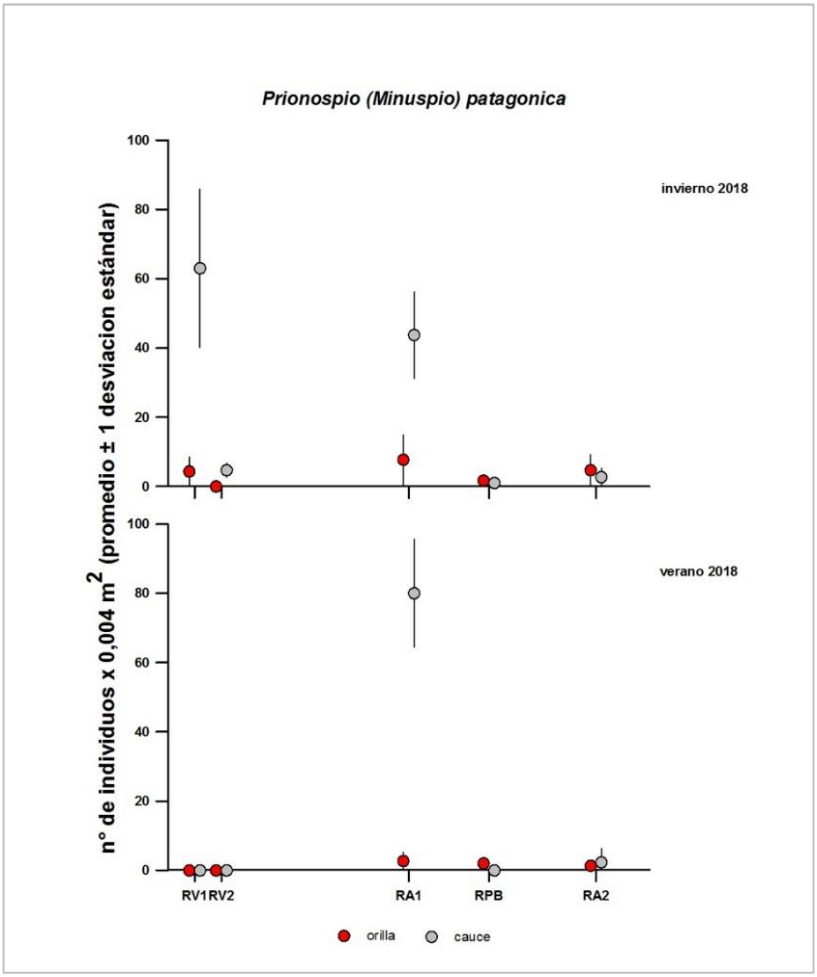

Figura 8.3.2.3.3.

Abundancia del poliqueto Prionospio (Minuspio) patagonica en los sedimentos de orillas y cauces de los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. RV1: Río Valdivia 1, RV2: Río Valdivia 2, RA1: Río Angachilla 1, RPB: Río Piedra Blanca, RA2: Río Angachilla 2.

Las abundancias del poliqueto *Perinereis gualpensis* fueron también más altas durante el muestreo de invierno (Fig. 8.3.2.3.4). A diferencia de lo observado durante el invierno con la variabilidad de la abundancia total y la de Prionospio (Minuspio) patagonica, la de P. gualpensis aumentó gradualmente desde el humedal Las Mulatas (sitios RV1 y RV2) hacia el interior del humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (sitios RPB y RA2). Por el contrario, durante el verano, las abundancias de este poliqueto disminuyeron en general a lo largo de un gradiente espacial inverso (Fig. 8.3.2.3.5).

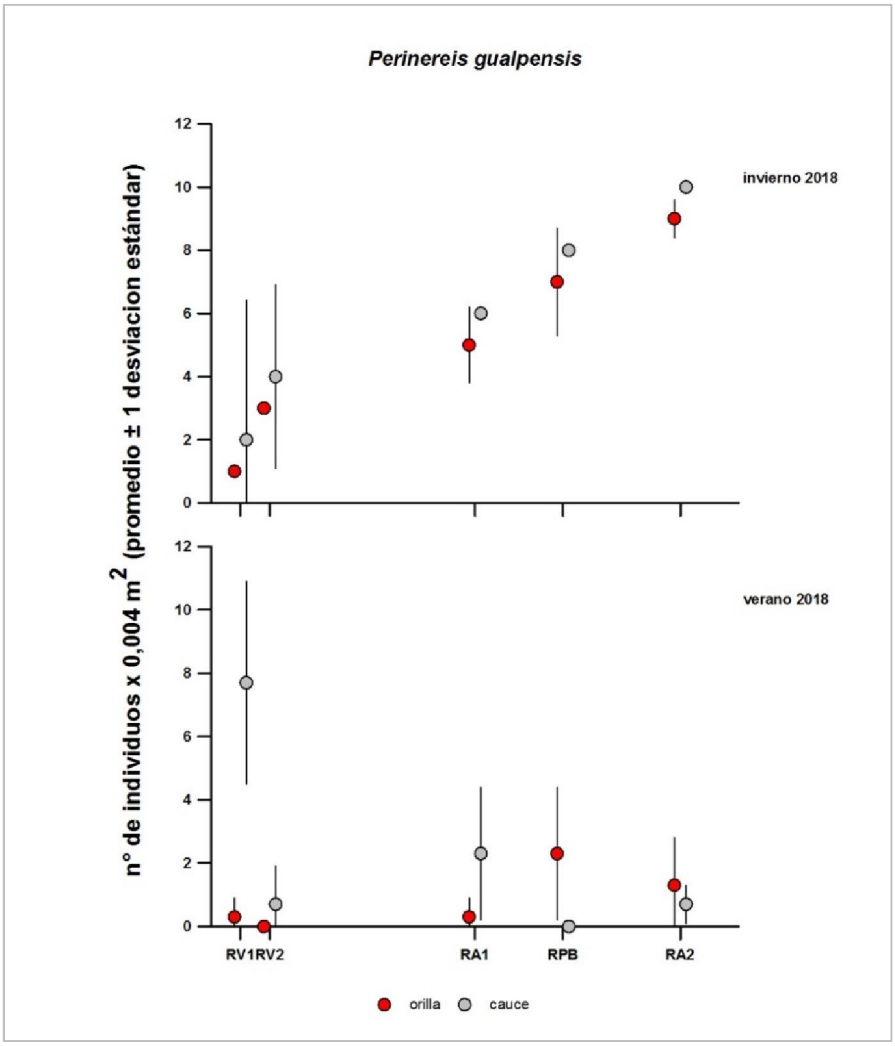

Figura 8.3.2.3.4.
Abundancia del poliqueto *Perinereis gualpensis*, en los sedimentos de orillas y cauces de los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. RV1: Río Valdivia 1, RV2: Río Valdivia 2, RA1: Río Angachilla 1, RPB: Río Piedra Blanca, RA2: Río Angachilla 2.

Las abundancias del oligoqueto de la familia Tubificidae y del anfípodo *Paracorophium hartmannorum* fueron más altas durante el invierno, en los sedimentos del cauce de los sitios de estudio y sin mostrar tendencias claras de variabilidad espacial (Fig. 8.3.2.3.5).

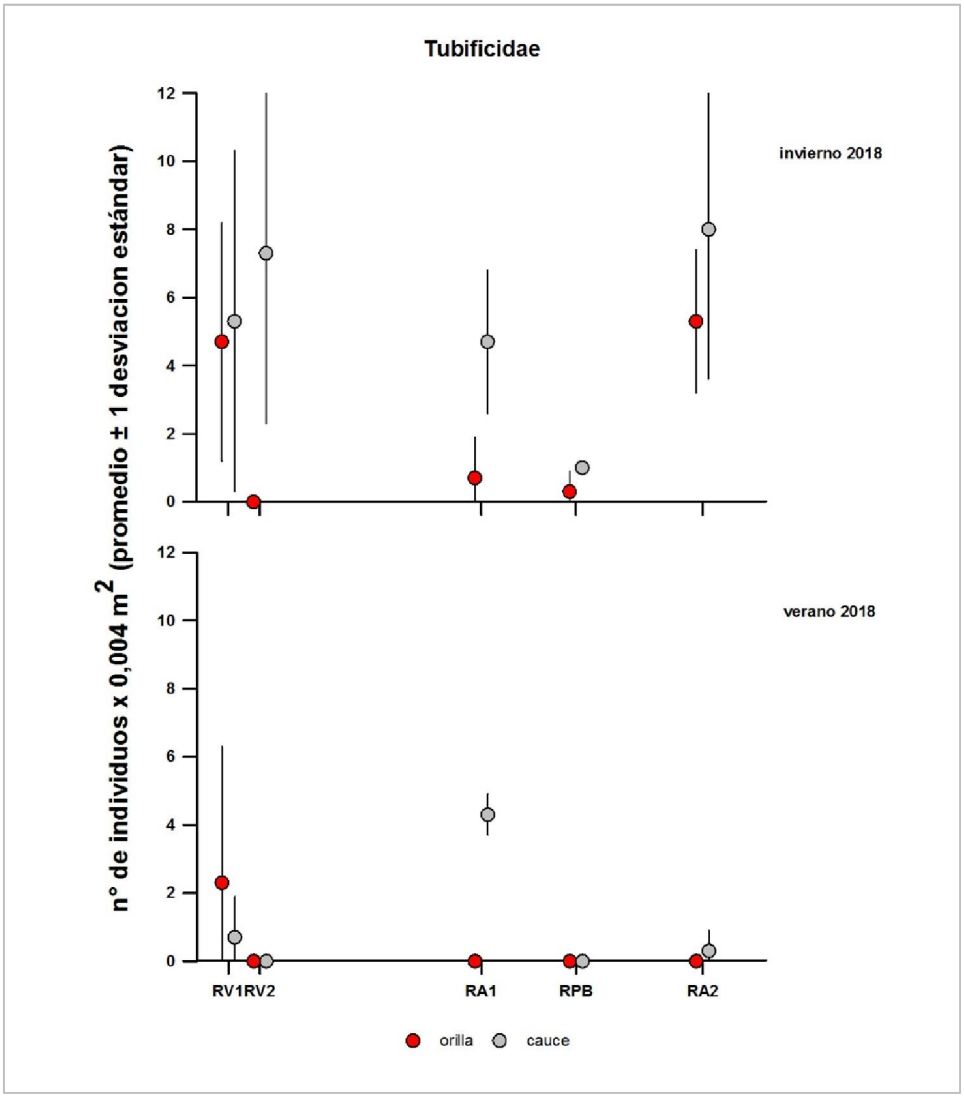

Figura 8.3.2.3.5.
Abundancia del oligoqueto Tubificidae, en los sedimentos de orillas y cauces de los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres

réplicas) ± 1 desviación estándar. RV1: Río Valdivia 1, RV2: Río Valdivia 2, RA1: Río Angachilla 1, RPB: Río Piedra Blanca, RA2: Río Angachilla 2.

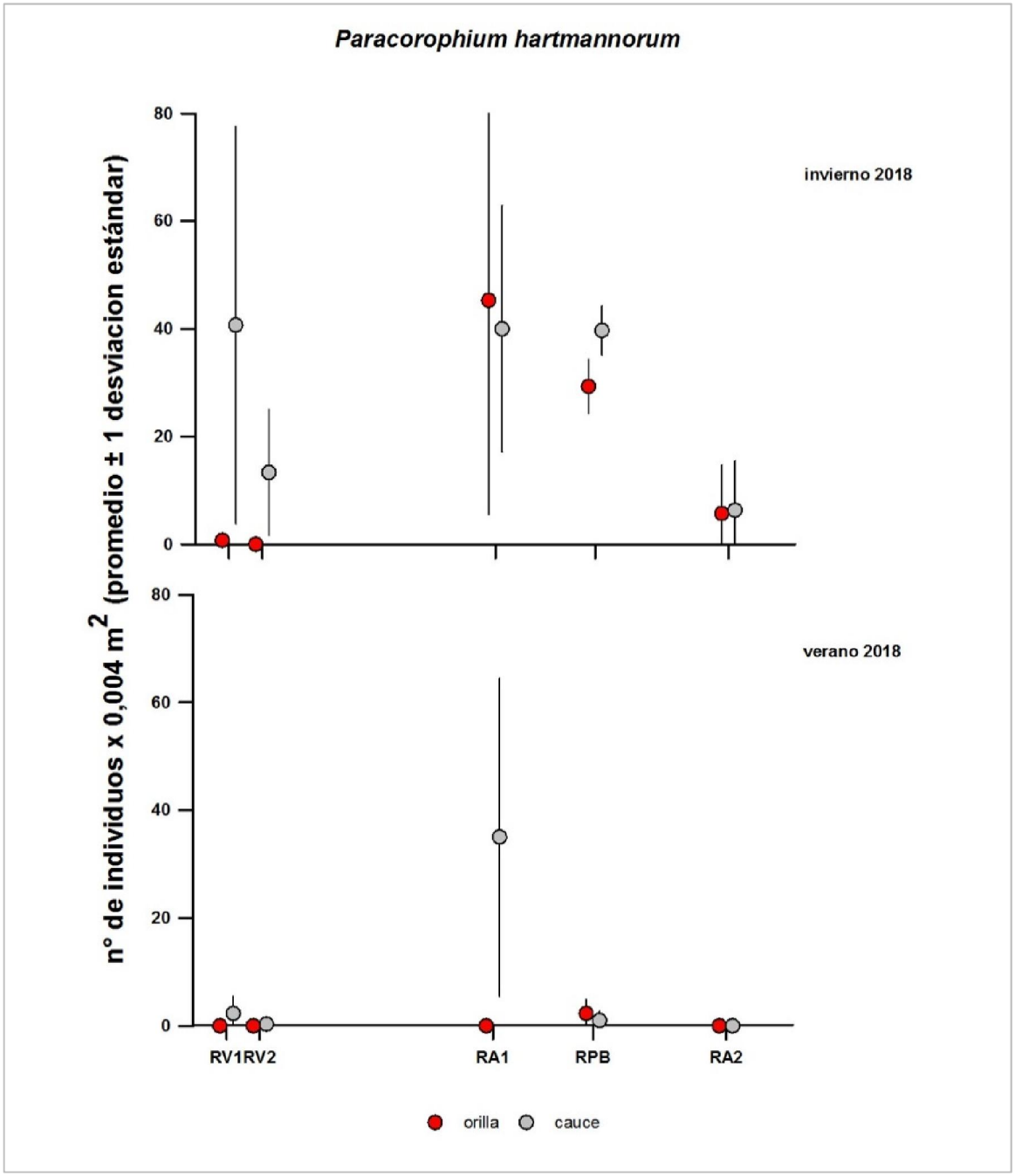

Figura 8.3.2.3.6.

Abundancia del anfípodo *Paracorophium hartmannorum*, en los sedimentos de orillas y cauces de los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. RV1: Río Valdivia 1, RV2: Río Valdivia 2, RA1: Río Angachilla 1, RPB: Río Piedra Blanca, RA2: Río Angachilla 2.

8.3.3. Ictiofauna

8.3.3.1. Antecedentes

Los peces han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos humedales (Aguilar, 2005; Velázquez-Velázquez, 2004) y su importancia ecológica para sensibilizar a la sociedad sobre la necesidad de preservar la calidad de ríos y lagos es indudable (Cowx & Collares Pereira, 2002). Debido a lo anterior, la caracterización de la ictiofauna de cualquier humedal es relevante, porque la misma es una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (Boulton, 1999). La ventaja de utilizar a los peces para evaluar la calidad ambiental de los humedales radica en el hecho de que estos vertebrados acuáticos son organismos relativamente fáciles de identificar y manipular (Aguilar, 2005)**.** Por otra parte, los cambios en la calidad del agua pueden resultar en consecuencias significativas para el estado sanitario de la ictiofauna.

En este Capítulo se analizan los resultados de los muestreos de ictiofauna realizados en los humedales urbanos priorizados de Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas. Esto con el objetivo de analizar la riqueza de especies y abundancia de la ictiofauna presente en estos humedales.

8.3.3.2. Material y métodos

Durante el año 2018 se realizaron dos campañas de muestreos estacionales: una correspondiente al invierno (16-19 y 23-27 julio) y otra al verano (28 diciembre). Los muestreos se realizaron en los cinco sitios que se muestran en la Figura 7.3.3.1: Río Valdivia 1 y Río Valdivia 2 en el humedal Las Mulatas, Los Fundadores 2, Mirador Angachilla y Puente

Angachilla en el humedal Mahuiza y Angachilla y Río Angachilla 1, Río Piedra Blanca y Río Angachilla 2 en el humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas. La recolección de peces se llevó a cabo por medio del uso de un equipo de pesca eléctrica EFKO-Elektrofischfanggeräte GMBH, Typ FEG 1500, el que se utilizó a lo largo de cuatro secciones de aproximadamente 10 m y ubicadas aleatoriamente en las riberas de cada sitio de muestreo. El tiempo de trabajo en cada sección fue de aproximadamente 10 minutos, a la vez que la profundidad de captura no excedió a 0,5 metros. Debido a la alta conductividad del agua durante la época estival 2018-2019 (producto del descenso de caudal hídrico y por ende mayor mayor contenido de solutos), no se pudo usar el equipo de pesca eléctrica arriba mencionado en la mayor parte de los sitios de estudio durante ese período del año. Los peces recolectados fueron medidos e identificados taxonómicamente para luego ser liberados en el mismo sitio de captura. La identificación taxonómica de los peces capturados se realizó en base a su morfología externa, utilizando los estudios de Arratia (1981, 1987), Campos (1982, 1984), Campos *et al*., (1993), Campos & Gavilán (1996), Dyer (1997), Pequeño (1981), Ruiz & Marchant (2004) y Arismedi & Penaluna (2009).

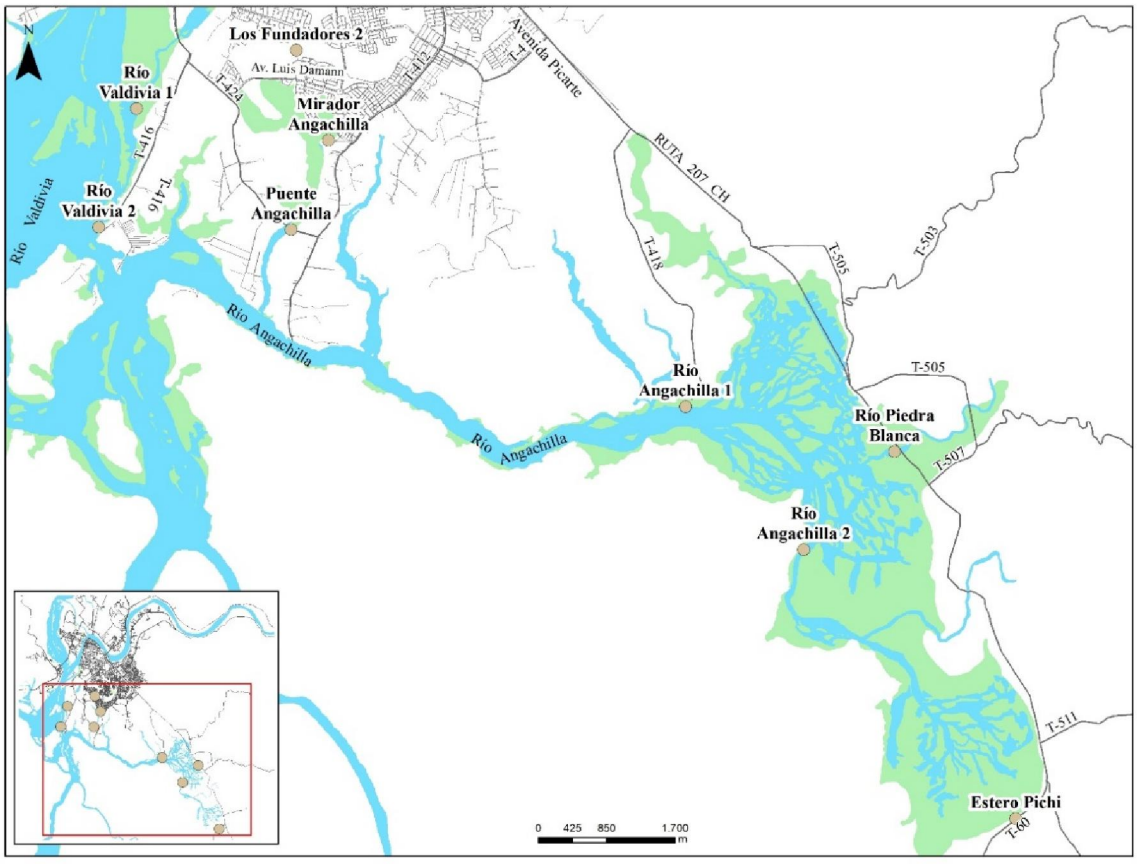

Figura 8.3.3.2.1 Ubicación de los sitios de muestreo seleccionados para el estudio de la ictiofauna.

8.3.3.3. Resultados

Las Figuras 8.3.3.3.1 y 8.3.3.3.2 muestran la riqueza de especies y abundancia de la ictiofauna total en el área de estudio. En términos generales, ambos atributos comunitarios no mostraron mayores diferencias entre invierno y verano. Sin embargo, esta conclusión podría ser diferente si durante el período estival 2018-2019, se hubiese podido usar el arte de pesca utilizado para el estudio de la ictiofauna (ver Material y métodos).

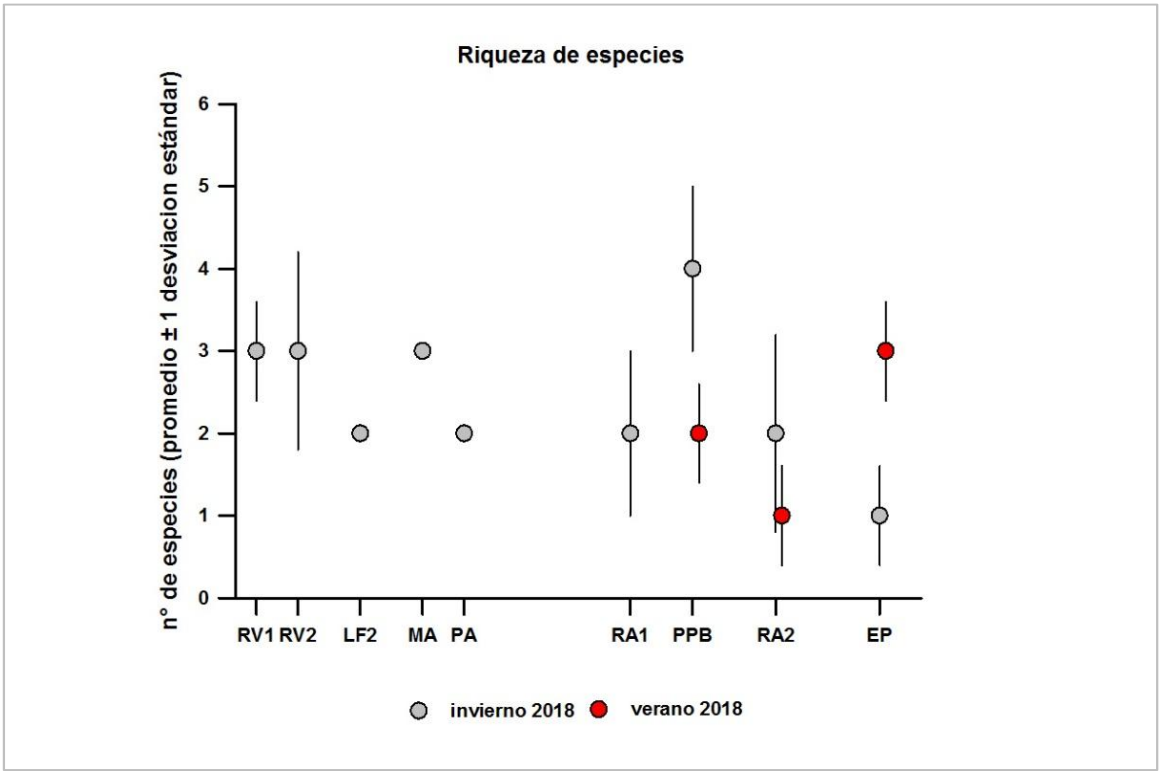

Figura 8.3.3.3.1. Riqueza de especies ícticas en los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. RV1: Río Valdivia 1, RV2: Río Valdivia 2, LF2: Los Fundadores 2, MA: Mirador Angachilla, PA: Puente Angachilla, RA1: Río Angachilla 1, RPB: Río Piedra Blanca, RA2: Río Angachilla 2, EP:

Estero Pichi. Durante el período estival 2018-2019 no se pudo usar el equipo de pesca eléctrica en la mayoría de los sitios (ver Material y Métodos).

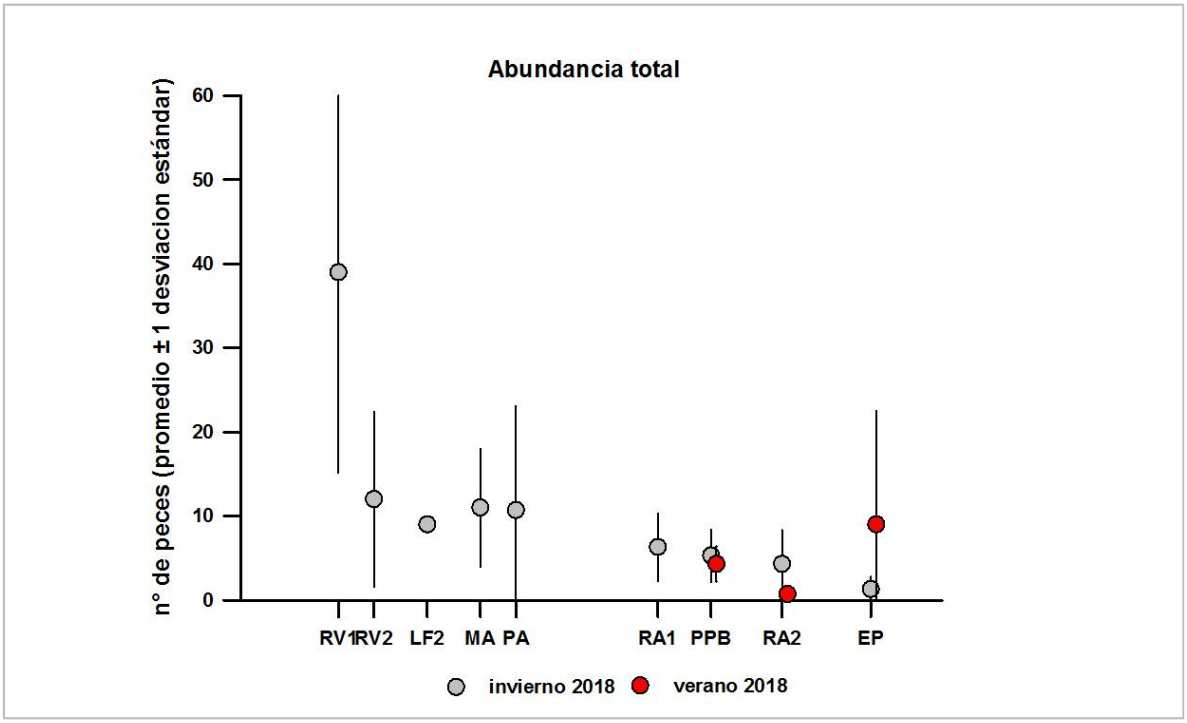

Figura 8.3.3.3.2 Abundancia total de peces en los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. Para significado de acrónimos ver Fig. 8.3.3.3.1.

Las Figuras 8.3.3.3.3 y 8.3.3.3.4 muestran las abundacias del pez nativo *Galaxias maculatus* (Puye) y de la especie introducida Gambusia (*Gambusia affinis*) en el área de estudio. Destaca el hecho de que el Puye (especie nativa) fue detectado en todos los sitios estudiados y con mayores abundancias en el humedal Las Mulatas (sitio RV1) y durante el invierno; por el contrario, la Gambusia estuvo practicamente ausente en los sitios del humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas, pero fue más abundante que el Puye en los sitios de los humedales Las Mulatas y Mahuiza y Angachilla (*cf.* Fig. 8.3.3.3.3 y 8.3.3.3.4).

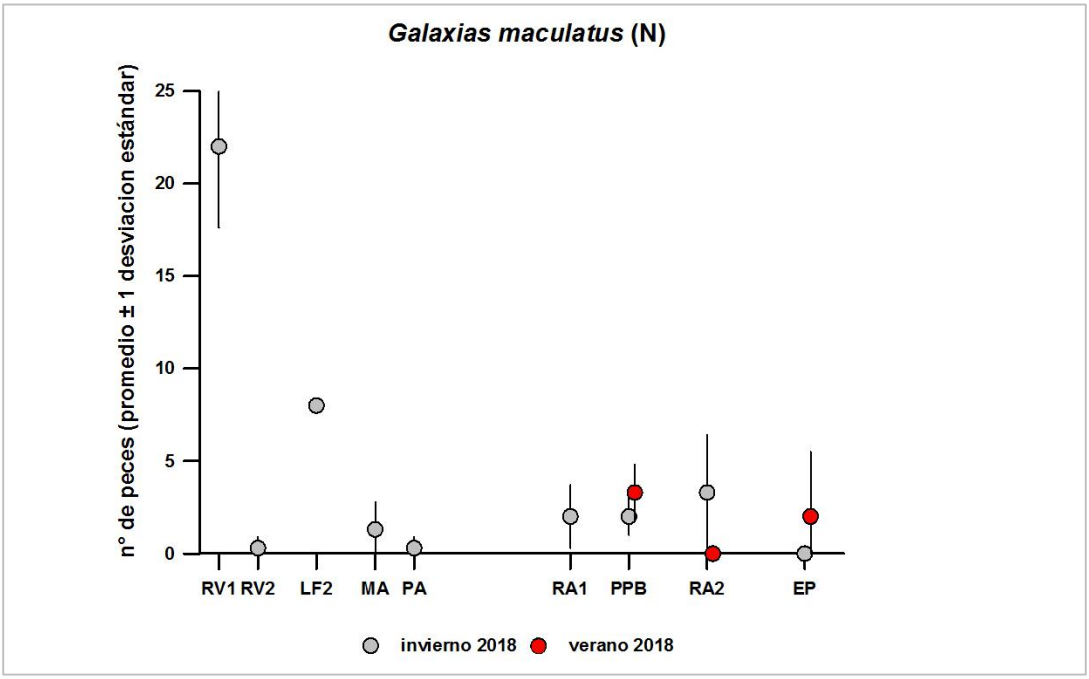

Figura 7.3.3.3.4. Abundancia del Puye (*Galaxias maculatus*) en los sitios de estudio durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. Para significado de acrónimos ver Fig. 8.3.3.3.1. N=especie nativa.

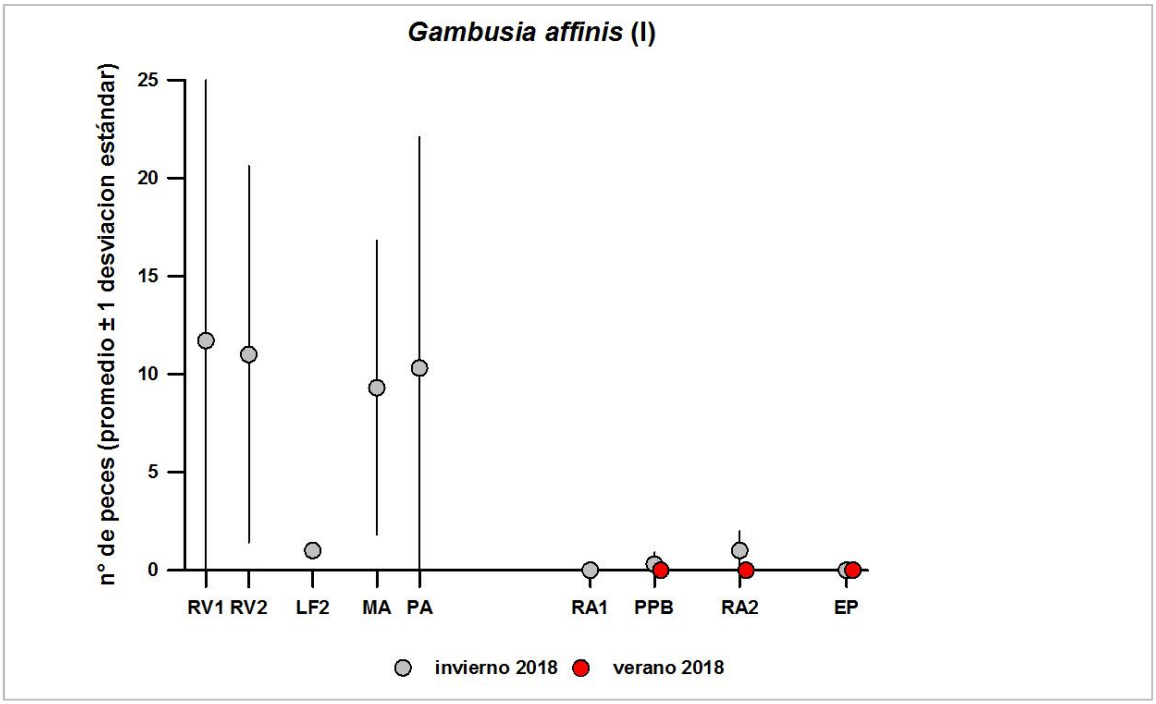

Figura 7.3.3.3.5. Abundancia de la Gambusia (*Gambusia affinis*), en los sitios de estudio, durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. Para significado de acrónimos ver Fig. 8.3.3.3.1. I = especie introducida.

Otras especies de peces encontradas en este estudio (Tabla 8.3.3.2.1), fueron la Perca trucha (*Percichthys trucha*) y la Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), ambas con escasas abundancias (Fig. 8.3.3.3.6 y 8.3.3.3.7, respectivamente).

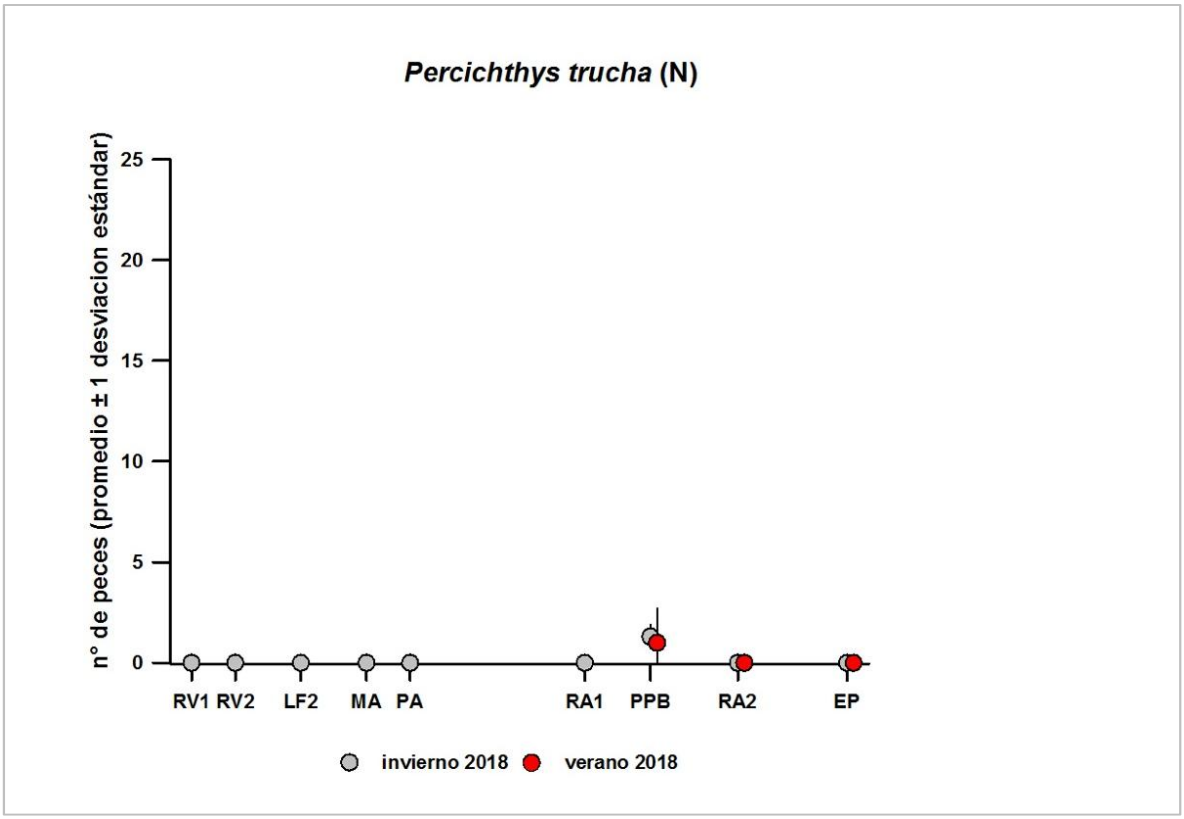

Figura 8.3.3.3.6. Abundancia de la Perca trucha (*Percichthys trucha*), en los humedales priorizados, durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. Para significado de acrónimos ver Fig. 8.3.3.3.1. N = especie nativa.

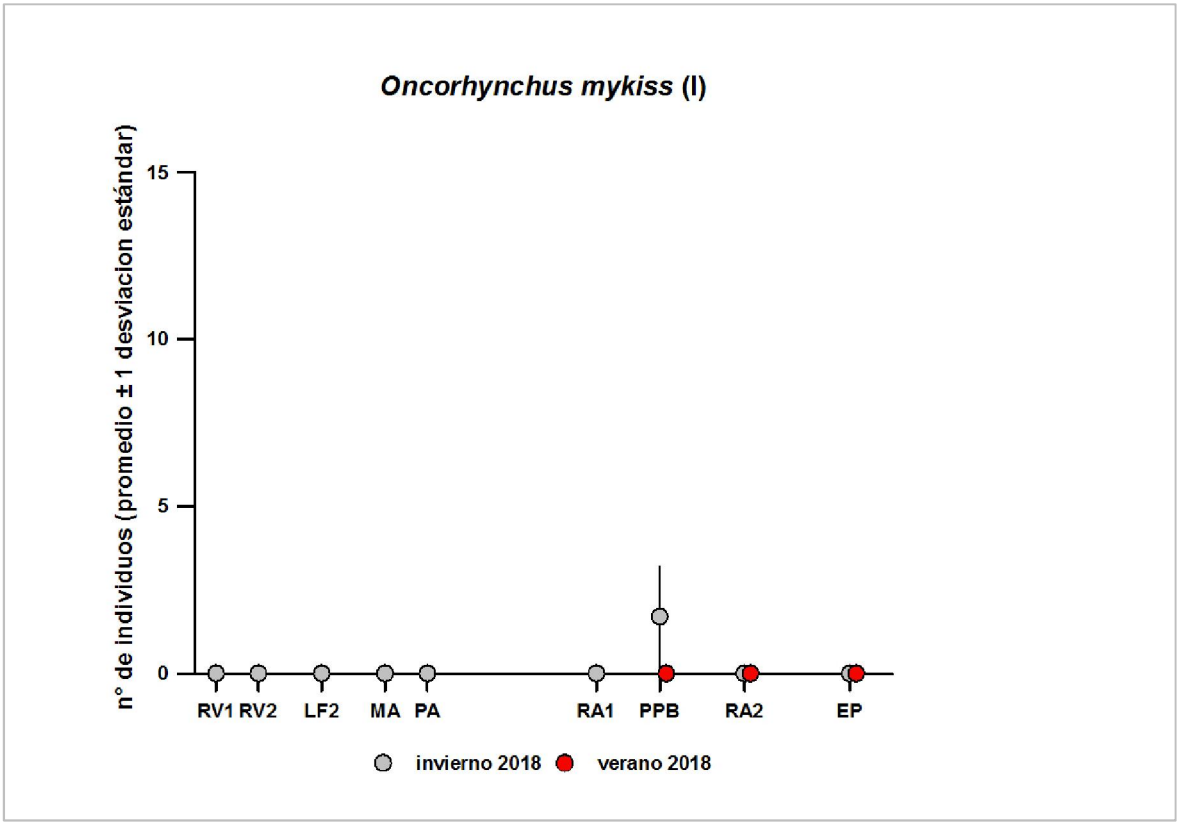

Figura 8.3.3.3.7. Abundancia de Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en los humedales priorizados, durante el invierno y el verano del año 2018. Los valores son promedios (tres réplicas) ± 1 desviación estándar. Para significado de acrónimos ver Fig. 8.3.3.3.1. I = especie introducida.

Sector	Sitio	Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	Distribución en Chile
Las Mulatas	Río Valdivia 1 (I)	*Gambusia affinis*	Pez Mosquito	Introducida	Sin categoría	Desde Región de Antofagasta a Región de Los Lagos
		Cheirodon australe	Pocha del sur	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde río Valdivia hasta la Isla de Chiloé
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
	Río Valdivia 2 (I)	*Gambusia affinis*	Pez Mosquito	Introducida	Sin categoría	Desde Región de Antofagasta a Región de Los Lagos
		Cheirodon australe	Pocha del sur	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde río Valdivia hasta la Isla de Chiloé
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
Mahuiza y Angachilla	Los Fundadores 2 (I)	*Gambusia affinis*	Pez Mosquito	Introducida	Sin categoría	Desde Región de Antofagasta a Región de Los Lagos
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
	Mirador Angachilla (I)	*Gambusia affinis*	Pez Mosquito	Introducida	Sin categoría	Desde Región de Antofagasta a Región de Los Lagos
		Cheirodon australe	Pocha del sur	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde río Valdivia hasta la Isla de Chiloé
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
	Puente Angachilla (I)	*Gambusia affinis*	Pez Mosquito	Introducida	Sin categoría	Desde Región de Antofagasta a Región de Los Lagos
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego

Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas	Río Angachilla 1 (I)	*Cheirodon australe*	Pocha del sur	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde río Valdivia hasta la Isla de Chiloé
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
	Río Angachilla 2 (I)	*Gambusia affinis*	Pez Mosquito	Introducida	Sin categoría	Desde Región de Antofagasta a Región de Los Lagos
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
	Río Angachilla 2 (V)	*Percilia* sp.	Carmelita	Nativa	En Peligro (EN)	Desde Región de Valparaíso a Región de Los Lagos
	Río Piedra Blanca (I)	*Gambusia affinis*	Pez Mosquito	Introducida	Sin categoría	Desde Región de Antofagasta a Región de Los Lagos
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
		Percichthys trucha	Perca Trucha	Nativa	Preocupación menor (LC)	Desde Región de Valparaíso a Región de Magallanes
		Oncorhynchus mykiss	Trucha arcoíris	Introducida	Sin Información	Desde Región de Antofagasta a Región de Magallanes
	Río Piedra Blanca (V)	*Galaxias maculatus*	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
		Percichthys trucha	Perca Trucha	Nativa	Preocupación menor (LC)	Desde Región de Valparaíso a Región de Magallanes

Sector	**Sitio**	**Especie**	**Nombre común**	**Origen**	**Estado de Conservación**	**Distribución en Chile**
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas	Estero Pichi (I)	*Geotria australis*	Lamprea de bolsa	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Región Metropolitana a Región de Magallanes
		Galaxias maculatus	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego

	Basilichthys australis	Pejerrey	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Región de Valparaíso a Región de Los Lagos
	Aplochiton taeniatus	Peladilla	Nativa	En Peligro (EN)	Desde el Toltén a Tierra del Fuego
Estero Pichi (V)	*Galaxias maculatus*	Puye	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Valparaíso a Tierra del Fuego
	Basilichthys australis	Pejerrey	Nativa	Vulnerable (VU)	Desde Región de Valparaíso a Región de Los Lagos
	Aplochiton taeniatus	Peladilla	Nativa	En Peligro (EN)	Desde el Toltén a Tierra del Fuego

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente (Inventario nacional de especies de Chile: http:// especies.mma.gob.cl)
I: invierno; V: verano

Tabla 8.3.3.2.1.
Especie de peces encontrados durante las campañas de invierno (I) y verano (V) 2018 en los humedales priorizados.

8.3.4. Herpetofauna

8.3.4.1. Antecedentes

La diversidad de anfibios (ranas y sapos) de Chile es baja en comparación con otros países neotropicales (Ortíz & Heatwole, 2010). Sin embargo, muchos autores han reconocido en esta zona un alto grado de endemismo (sobre el 70%) superando a países con la mayor diversidad de anfibios del planeta como India o Brasil (Nuñez *et al*., 2012). El alto nivel de endemismo de estos organismos en Chile, es interpretado como un resultado de la diversificación endógena debido a la existencia de barreras naturales como el Océano Pacífico, los Andes, el desierto de Atacama, al norte, y las condiciones climáticas extremas en el sur (Nuñez *et al*., 2019).

El grupo de los anfibios de Chile está compuesto por ocho familias: Alsodidae, Batrachylidae, Bufonidae, Calyptocephalellidae, Leptodactylidae, Rhinodermatidae, Telmatobiidae y Pipidae (Frost, 2019). De los 14 géneros descritos, seis son endémicos y tres de ellos monotípicos, es decir, constan de una sola especie (Calyptocephalella, Hylorina e Insuetophrynus). Las zonas con mayor riqueza de especies nativas de anfibios se concentran en los bosques templados de Nothofagus del centro y sur de Chile, entre las regiones del Biobío y Aysén (entre los 38° y 48° Lat. Sur) (Vidal & Labra, 2008) dado principalmente por las condiciones climáticas que favorecen una elevada humedad. En esta zona la mayor riqueza está dada por los géneros Alsodes y Eupsophus (Blotto *et al*., 2013).

Desde el punto de vista de la conservación, no existen en Chile datos cuantitativos que permitan evaluar si alguna especie de anfibios está en proceso de declinación, pero se han hecho avances en la detección de una de sus causas potenciales, por ejemplo, el hongo Batrachochytrium dendrobatidis, (Bourke *et al*., 2010, 2011; Solís *et al*., 2010, Soto-Azat *et al*., 2013). Por otra parte, existe la paradoja de que, a pesar de ser un taxón con un porcentaje alto de especies amenazadas, hay un aumento constante en el número de especies descritas. Por ejemplo, desde el año 2000 se han descrito, revalidado o reportado para el país 13 especies de anfibios, lo que

corresponde a algo más del 22% de las reconocidas en las revisiones más recientes (Ortíz & Heatwole, 2010; Correa *et al*., 2016; Suárez-Villota *et al*., 2018; Nuñez *et al*., 2019).

Desde el punto de vista ecosistémico, los anfibios 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 transformaciones y perturbaciones ambientales. En efecto, la contaminación ambiental, la destrucción de hábitats, la introducción de especies exóticas y enfermedades emergentes asociadas al cambio climático, están dando cuenta de una gran regresión poblacional a nivel mundial de estos animales (Kuenemann *et al*., 2019). De este modo, las evidencias de lo nocivo que para este grupo animal representan las modificaciones físico-químicas y ambientales asociadas a actividades de origen antrópico (sobre todo del medio acuático), justifican su uso como herramienta de gran utilidad para sensibilizar a la población en general sobre problemáticas ambientales.

La Región de Los Ríos está situada dentro del rango latitudinal considerado con mayor diversidad de anfibios en Chile, pudiéndose encontrar en la misma 20 especies (Tabla 8.3.4.1.1). La mayoría de las mismas está asociada a ambientes boscosos (Alsodes, Batrachyla, Eupsophus, Rhinoderma), mientras que otras son de hábitats exclusivamente acuáticos (Calyptocephalella, Insuetophrynus, Telmatobufo).

Tabla 8.3.4.1.1.
Especies de anfibios que habitan en la Región de Los Ríos y su estado de conservación. Los estados de conservación según la categoría de la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN) son: DD: Datos Insuficientes, CR= Peligro Crítico, EN= En peligro, LC = Preocupación Menor, NT= Casi amenazado, VU= Vulnerable**.**

Familia	Especie	Estado de Conservación
Bufonidae	*Rhinella rubropunctata*	LC
Bufonidae	*Nannophryne variegata*	LC
Calyptocephalellidae	*Calyptocephalella gayi*	VU
Calyptocephalellidae	*Telmatobufo australis*	VU
Batrachylidae	*Batrachyla antartandica*	LC
Batrachylidae	*Batrachyla leptopus*	LC
Batrachylidae	*Batrachyla taeniata*	LC
Batrachylidae	*Hylorina sylvatica*	LC
Alsodidae	*Alsodes norae*	DD
Alsodidae	*Alsodes valdiviensis*	EN
Alsodidae	*Alsodes verrucosus*	DD
Alsodidae	*Eupsophus altor*	EN
Alsodidae	*Eupsophus emiliopugini*	LC
Alsodidae	*Eupsophus calcaratus*	LC
Alsodidae	*Eupsophus migueli*	EN
Alsodidae	*Eupsophus roseus*	NT
Alsodidae	*Eupsophus vertebralis*	NT
Rhinodermatidae	*Insuetophrymus acarpicus*	CR
Rhinodermatidae	*Rhinoderma darwinii*	VU
Leptodactylidae	*Pleurodema thaul*	LC

Los humedales se encuentran entre los ecosistemas más productivos del mundo, comparables a los bosques tropicales y a los arrecifes de coral (Keddy, 2010). Una gran variedad de especies de microorganismos, plantas, insectos, anfibios, reptiles, aves, peces y mamíferos pueden ser

parte de un ecosistema de humedales. A su vez, el clima, la forma del paisaje (topología), la geología y el movimiento y la abundancia de agua determinan la diversidad y estructura de plantas y animales que habitan en cada humedal. Tal diversidad y estructura también pueden verse afectadas por la urbanización que ocurre en los bordes de los humedales o dentro de los mismos.

La urbanización, un proceso complejo impulsado por un aumento en la densidad humana, lo que puede generar una gama de impactos negativos en el medio ambiente (Pauchard *et al*., 2006). Tales perturbaciones son causadas por el desarrollo de infraestructura, como edificios, caminos de recreación, drenajes, graveras y vertederos para fuentes de agua (Brinson y Malvárez, 2002). Los humedales son ecosistemas particularmente susceptibles a la marcha de la urbanización (Ehrenfeld, 2000); de ahí que se han ido perdiendo y degradando progresivamente, lo que tiene como consecuencia el aumento de las tasas de extinción local de especies lo que con frecuencia elimina a la gran mayoría de las especies nativas. Entre las especies más amenazadas por la urbanización se encuentran los anfibios. De hecho, casi la mitad de todos los anfibios se reproducen en aguas de tipo léntica. Se sabe que la pérdida de estos hábitats es el factor más importante que contribuye a la disminución y extinción de la población de anfibios (Smith & Sutherland, 2014).

Dada la urgencia de la crisis mundial de la biodiversidad y los impactos asociados con la expansión urbana en los humedales, la Convención de Ramsar promueve el mantenimiento de las características ecológicas de estas áreas, mediante la implementación de enfoques ecosistémicos y en el contexto del uso racional y el desarrollo sostenible. El principio de uso racional es especialmente relevante para los humedales ubicados en áreas urbanas o urbanizadas y para aquellos humedales que soportan los requisitos esenciales de agua y alimentos de esas áreas. Por lo tanto, se esperan desafíos para el conocimiento de la biología básica de las especies que habitan en los humedales urbanos, incluida la riqueza, la abundancia, las preferencias de hábitat, la ecología de la alimentación y todas las métricas cruciales para emplear estrategias efectivas de conservación.

El incremento de los programas de urbanización y drenaje en la ciudad de Valdivia amenaza muchos humedales urbanos; sin embargo, la fauna de estos ecosistemas aún no se ha documentado exhaustivamente. Peor aún, la pérdida de humedales y sus especies dependientes continúa a pesar del hecho, de que cuando se incluyen tanto los beneficios económicos comercializados como los no comercializados de los humedales, el valor económico total de los humedales no convertidos suele ser mucho mayor que el de los humedales convertidos.

Considerando el valor de los anfibios como indicadores de calidad de los ambientes, y la importancia de los humedales urbanos como servicio ecosistémico, el presente informe da cuenta del desarrollo del trabajo en terreno, que contempló la prospección de anfibios en tres humedales urbanos de la ciudad de Valdivia. El objetivo fue establecer una base de la diversidad de anfibios en tres humedales urbanos de Valdivia: Las Mulatas; Mahuiza y Angachilla; y Llancahue, Santo Domingo y La Gaviotas. Esto para conocer su presencia y asociación a los hábitats disponibles.

8.3.4.2. Material y métodos

En cuanto a la metodología de muestreo, se utilizó la técnica de Relevamiento por Encuentros Visuales ("Visual Encounter Survey" o VES), dado que ofrece muchas posibilidades de uso (Heyer et al., 2001). Esta técnica de muestreo se ha utilizado ampliamente para la evaluación rápida de en grandes áreas, especialmente en hábitats uniformes donde la visibilidad es buena y también es útil para prospectar especies de anfibios que viven en hábitats fácilmente identificables, tales como troncos o zonas riparias, pendientes en talud, etc. También es apropiada para especies que están altamente agrupadas y para monitorear larvas de anfibios en charcas poco profundas, con aguas claras y vegetación dispersa (Heyer et al., 2001). En este método, una persona camina a través de un área o hábitat por un período de tiempo predeterminado buscando animales de manera exhaustiva (Figura 8.3.4.2.1). El tiempo se expresa como el número de horas/hombre de búsqueda en cada una de las áreas a comparar.

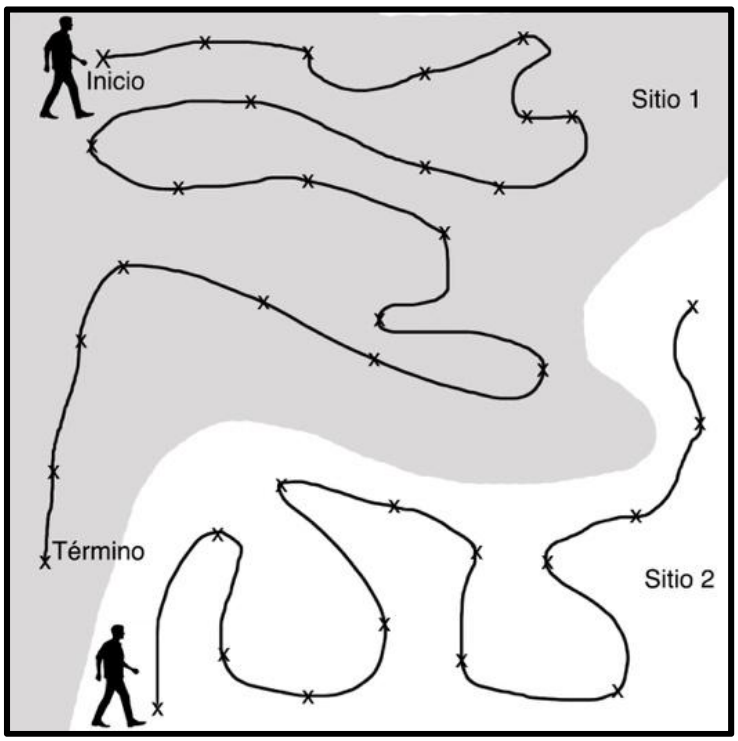

Figura 8.3.4.2.1.
Esquema del método de búsqueda aleatoria para prospección de anfibios, mediante transectos al azar (VES) en un área determinada (modificado de Heyer *et al.* 2001).

Para definir los sitios de muestreo, para cada humedal se establecieron cinco transectos de 50 metros aproximadamente desde cada punto central hacia cada punto cardinal. En cada transecto se realizaron búsquedas de anfibios de acuerdo a los posibles hábitats observados (entre hojarascas en el suelo, bajo troncos y entre corteza de árboles caídos, o elementos de origen antrópico tales como neumáticos, escombros, etc.). Se procedió a registrar el punto de cada observación con ayuda de un GPS y se apuntó en la planilla de campo el número y determinación de la(s) especie(s) así como otros datos relevantes en caso de que hubiesen (e.g. anfibios muertos, estado de desarrollo, presencia de parásitos). También se registraron evidencias auditivas o cantos. El reconocimiento de vocalizaciones de anfibios es relativamente simple, pero muy efectivo no solo para determinar la presencia o ausencia de especies de anuros, sino también para establecer épocas y sitios de reproducción. Se buscaron renacuajos

(el estado de desarrollo acuático de los anfibios) mediante redes de mano y la inspección minuciosa en las riberas de los cuerpos de agua (agujeros en grietas, pozas temporales, arroyos y ríos). Al finalizar cada transecto se procedió a controlar la hora final para volverla a anotar en la planilla. Se tomaron además datos como abundancia relativa, estados de desarrollo de renacuajos y presencia de oviposturas. Para cada sitio prospectado, se confeccionó un catastro de las especies de anfibios existentes, estimándose riqueza específica, densidad y abundancia relativa, mediante el esfuerzo de muestreo realizado.

Índices de Diversidad

La diversidad específica es un tema central en ecología y conservación y da luces acerca de la variedad y abundancia de especies que es contenida en una comunidad biológica. Se estimaron dos índices de diversidad específica el índice H' de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949) y el índice D' de Simpson (Simpson, 1949). Ambos incorporan la riqueza específica y a la equitatividad en las comunidades biológicas. Sin embargo, estos índices difieren en el contexto teórico en el que emergen. El índice de Shannon-Weaver se basa en la teoría de la información por la cual se estima una medida de la incertidumbre, para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. Por otro lado, el índice de Simpson se basa en la teoría de las probabilidades, en la cual se estima la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos muestreos sucesivas al azar, sin reposición de los individuos capturados. Para la determinación de riqueza y abundancia relativa de especies se utilizó el programa Estimates 9.1 (Colwell, 2013).

8.3.4.3. Resultados

Humedal Las Mulatas

a) Prospección de invierno (01-09 de agosto de 2018)

En este humedal se realizaron 13 puntos de muestreo, donde se incluyó El Puente las Mulatas más el acceso al humedal desde la calle Las Mulatas y el acceso al Humedal desde la calle Arica.

En este sector potencialmente se encuentran las cinco especies de anfibios antes mencionadas. Durante las prospecciones se encontró un especímen de *B. taeniata* bajo un trozo de cartón (Figura 8.3.4.3.1) y cinco especímenes de *Pleurodema thau*l en el límite entre un predio forestal y el humedal (Figura 8.3.4.3.2) (Tabla 8.3.4.1.2).

b) Prospección de verano (16-17 de enero de 2019)

Durante la prospección de verano, no se encontraron especímenes de anfibios en este humedal. En ambas campañas no se observaron renacuajos ni se escucharon cantos de anfibios.

Figura 8.3.4.3.1
Espécimen de *Batrachyla taeniata* hallado bajo un cartón en el Humedal Las Mulatas, Valdivia.

Figura 8.3.4.3.2

Dos individuos de *Pleurodema thaul* encontrados en el límite entre un predio forestal y el humedal Las Mulatas, Valdivia.

Mahuiza y Angachilla

a) Prospección de invierno (01-09 de agosto de 2018)

Para el humedal Mahuiza y Angachilla se muestrearon seis puntos incluyendo el puente Angachilla, mirador Angachilla y el sector Mahuiza. Pese a que en este humedal potencialmente se hallan las cinco especies de anfibios mencionadas anteriormente, durante las prospecciones de invierno solamente se encontró un ejemplar *de Eupsophus roseus* (Figura 8.3.4.3.3) (Tabla 8.3.4.1.2).

Figura 8.3.4.3.3
Espécimen de *Eupsophus roseus* en el Humedal Angachilla, Valdivia, durante la campaña de invierno.

b) Prospección de verano (16-17 de enero de 2019)

Durante la prospección de verano, no se encontraron especímenes de anfibios en este humedal.

En ambas campañas no se observaron renacuajos ni se escucharon cantos de anfibios.

Humedal Llancahue, Santo Domingo y La Gaviotas

a) Prospección de invierno (01-09 de agosto de 2018)

El muestreo en este humedal se efectuó en nueve puntos, desde Cervecería Calle Calle, Puente Piedra Blanca 1 y Muelle Las Gaviotas. Corresponde al humedal urbano de mayor extensión. Aunque potencialmente en este humedal están presentes cinco especies de anfibios (*Calyptocephalella gayi, P. thaul, B. taeniata, B. leptopus y E. roseus*), la única especie de anfibio encontrada en invierno fue *Batrachyla taeniata* (Figura 8.3.4.3.4) (Tabla 8.3.4.1.2).

Figura 8.3.4.3.4.
Espécimen de *Batrachyla taeniata,* encontrado en la prospección de invierno en el Humedal Santo Domingo, Valdivia.

b) Prospección de verano (16-17 de enero de 2019)

El muestreo se efectuó en 15 puntos. En esta prospección se encontraron dos especies de anfibios: *Batrachyla taeniata* y *Pleurodema thaul*, ambas con carácter de Preocupación Menor (Figuras 8.3.4.3.5 y 8.3.4.3.6) (Tabla 8.3.4.1.2). En ambas campañas no se observaron renacuajos ni se escucharon cantos de anfibios.

Figura 8.3.4.3.5

Espécimen de *Pleurodema thaul,* encontrada en la rivera del Humedal Santo Domingo.

Figura 7.3.4.3.6

Espécimen de *Batrachyla taeniata*, encontrado en la rivera del Humedal Santo Domingo.

Tabla 8.3.4.1.2.

Tabla resumen de especies de anfibios (nombre científico y nombre común) encontradas por humedal.

Humedal	Nombre Científico	Nombre común	Origen
Las Mulatas	*Batrachyla taeniata*	Rana de Antifaz	Nativa
	Pleurodema thaul	Rana de Cuatro Ojos	Nativa

Humedal	Nombre Científico	Nombre común	Origen
Mahuiza y Angachilla	*Eupsophus roseus*	Rana rosácea de Hojarasca	Nativa
Llancahue, Santo Domingo y La Gaviotas	*Batrachyla taeniata*	Rana de Antifaz	Nativa
	Pleurodema thaul	Rana de Cuatro Ojos	Nativa

Observaciones generales

Los muestreos realizados son los estandarizados para encontrar todos los anfibios potenciales de un área determinada. En el caso de *C. gayi*, esta especie es frecuente en los humedales de Valdivia. No obstante, solo se puede apreciar asomando fuera del agua, nadando activamente o cantando en un rango de tiempo muy acotado en el mes de octubre. Tanto en verano como en invierno esta especie permanece mayormente sumergida, siendo imposible detectarla a través de muestreos convencionales para anfibios. Una alternativa es la pesca eléctrica, pero se ha demostrado ser muy poco efectiva, dado que los anfibios no flotan como los peces frente a este método de captura. En conclusión, si se realizó muestreo para esta especie pero no fue posible observarla, pero como se señaló anteriormente, la experiencia previa indica que *C. gayi* puede ser considerada una especie frecuente en los humedales urbanos de Valdivia.

En general los refugios para anfibios encontrados en los sitios prospectados fueron muy pocos. Esto debido principalmente a la utilización que le dan los lugareños a los bordes del humedal, como por ejemplo, mantención de animales domésticos (Figura 8.3.4.3.7). Otro aspecto a considerar es que gran parte de estas zonas son sitios de constante inundación por la fluctuación del nivel de agua, donde los troncos o palos que podrían servir de refugio para los anfibios son arrastrados con el paso del agua (Figura 8.3.4.3.8).

Figura 8.3.4.3.7. Fotografía de animales domésticos mantenidos en el borde del humedal Las Mulatas. (A) *Sus scrofa* doméstica, acompañado de abundante basura. (B) *Canis lupus*, sobre el relleno del humedal realizado por el mismo dueño del sitio.

Figura 8.3.4.3.8.

Humedal Las Mulatas a la altura de del sector Guacamayo. Se puede observar una de las zonas de constante inundación según la fructuación del nivel del agua del humedal debido al efecto mareal en el área.

8.3.5. Avifauna acuática

8.3.5.1. Antecedentes

Los ecosistemas de humedales presentan gran variedad de hábitats (e.g., praderas, riberas, totorales, planicies sedimentarias, espejo de agua, entre otras), lo que los convierte en ambientes idóneos como áreas de alimentación, reproducción, refugio y descanso de aves acuáticas de diversos hábitos alimentarios, tanto residentes como migratorias (Dugan, 1992, Tabilo et al. 1998, González et al. 2009). En este estudio se consideran cómo aves acuáticas a aquellas aves directamente vinculadas con el espejo de agua (cf. Tabilo-Valdivieso, 1997, Bildstein et al. 1991) y por lo tanto se excluyen a aquellas que habitan en las riberas y en los totorales. Para los humedales urbanos de la comuna de Valdivia, la información sobre las aves acuáticas de los mismos es dispersa, por lo que el objetivo del presente Capítulo fue caracterizar el ensamble de aves acuáticas que habita en los humedales priorizados en este estudio.

8.3.5.2. Material y métodos

Los censos se realizaron de modo oportunista, durante aproximadamente diez minutos; se utilizaron binoculares para observar y determinar las especies y abundancias de las mismas. Los datos se recopilaron los días 25 de julio, 7 de agosto y 10 de diciembre del año 2018, 10 de enero y 1 al 4 de abril del año 2019. Las observaciones se realizaron en los tres humedales priorizados incluyendo 3, 4 y 7 sitios en los humedales de Las Mulatas, Mahuiza y Angachilla y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas, respectivamente (Fig. 8.3.5.2.1).

8.3.5.3. Resultados

Riqueza de especies

La riqueza de aves acuáticas encontradas durante los cinco muestreos fue de 12 especies, las que estuvieron representadas por tres especies del Orden Anseriformes (*Cygnus melancoryphus, Anas sibilatrix y Anas spp.*), tres del Orden Ciconiformes (*Ardea cocoi, Ardea alba y Egretta thula*), tres del Orden Gruiformes (*Fulica armillata, Fulica rufifrons y Gallinula*

(Porphyriops) melanops), y tres del Orden Podiciformes (*Rollandia rolland, Podiceps occipitalis y Podilymbus podiceps*) (Tabla 8.3.5.3.1).

Tabla 8.3.5.3.1.
Especies de aves acuáticas observadas en los humedales priorizados durante el periodo invierno 2018 -otoño 2019**.**

Orden	Nombre científico	Nombre común	Origen	Estado de Conservación (IUCN)
Anseriformes	*Cygnus melancoryphus*	Cisne de cuello negro	Nativa	Riesgo menor (LC)
	Anas sibilatrix	Pato real		Riesgo menor (LC)
	Anas spp.	Pato jergón	Nativa	Riesgo menor (LC)
Ciconiformes	*Ardea cocoi*	Garza cuca	Nativa	Riesgo menor (LC)
	Ardea alba	Garza grande	Nativa	Riesgo menor (LC)
	Egretta thula	Garza chica	Nativa	Riesgo menor LC)
Gruiformes	*Fulica armillata*	Tagua común	Nativa	Riesgo menor (LC)
	Fulica rufifrons	Tagua de frente roja	Nativa	Riesgo menor (LC)
	Gallinula (Porphyriops) melanops	Tagüita	Nativa	Riesgo menor (LC)
Podicipediformes	*Rollandia rolland*	Pimpollo	Nativa	Riesgo menor (LC)
	Podiceps occipitalis	Huala	Nativa	Riesgo menor (LC)
	Podilymbus podiceps	Picurio	Nativa	Riesgo menor (LC)

Fuente: Aves de Chile (http://www.avesdechile.cl)

El humedal que presentó la mayor riqueza de especies fue el de Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (hasta 8 especies). El mes de agosto 2018 fue donde hubo mayor presencia de aves acuáticas, mientras que abril 2019, fue el mes donde ocurrió la menor presencia de estas aves (Tabla 8.3.5.3.2).

Tabla 8.3.5.3.2.
Riqueza de especies de aves acuáticas observada en los humedales priorizados durante el periodo invierno 2018 otoño 2019 (para detalles de abundancias por cada sitio dentro de cada humedal).

Humedal	Número de especies				
	Julio 2018	Agosto 2018	Diciembre 2018	Enero 2019	Abril 2019
Las Mulatas	3	6	2	4	3
Mahuiza y Angachilla	5	5	5	4	2
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas	8	8	2	4	2
Total	**16**	**19**	**9**	**12**	**7**

Abundancia total

La mayor abundancia ocurrió en *enero* del año 2019 en el sector Las Mulatas, valor dado principalmente por la abundancia de la Tagua común (*Fulica armillata*) (Tabla 8.3.5.3.3). En general, durante abril del año 2019 se registraron las abundancias más bajas en los tres sectores de muestreo (Tabla 8.3.5.3.3) (Figura 8.3.5.3.1).

Tabla 8.3.5.3.3.
Abundancia total de aves acuáticas presentes en los humedales priorizados durante el periodo invierno 2018 - otoño 2019.

Humedal	Abundancia de aves acuáticas				
	Julio 2018	Agosto 2018	Diciembre 2018	Enero 2019	Abril 2019
Las Mulatas	41	108	49	367	24
Mahuiza y Angachilla	17	11	25	98	16
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas					

		92	139	36	25	11
	TOTAL	**150**	**258**	**110**	**490**	**41**

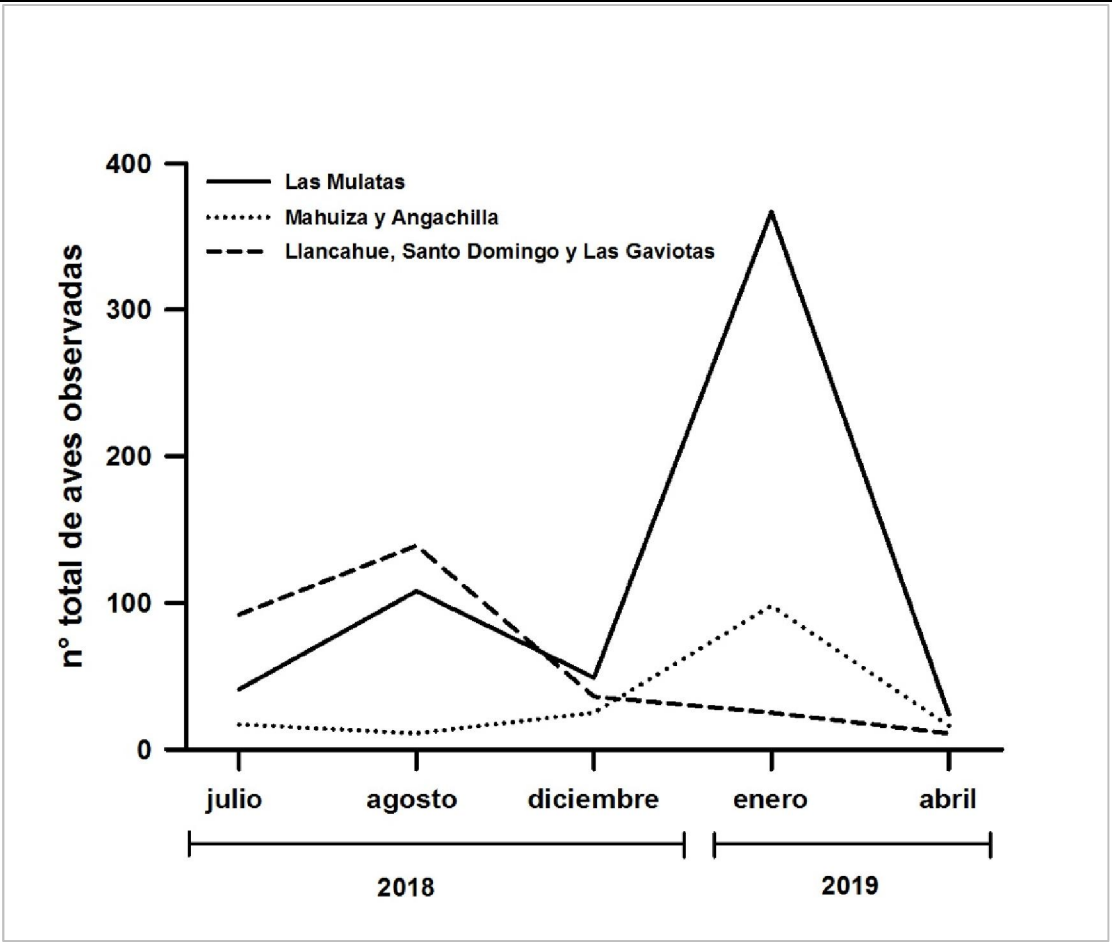

Figura 8.3.5.3.1.
Abundancias totales de aves acuáticas en cada uno de los humedales priorizados.

Abundancias específicas

El Cisne de cuello negro estuvo ausente durante las cinco fechas de muestreo en el sector Mahuiza y Angachilla, a la vez que en los humedales Las Mulatas y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas fue recurrente observar a esta especie en grupos numerosos (Anexo I) (Tabla 8.3.5.3.4).

Tabla 8.3.5.3.4
Abundancia de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) en los humedales priorizados durante el periodo invierno 2018 - otoño 2019

Sector	Número de aves				
	Julio 2018	**Agosto 2018**	**Diciembre 2018**	**Enero 2019**	**Abril 2019**
Las Mulatas	20	15	47	144	22
Mahuiza y Angachilla	0	0	0	0	0
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas	67	88	33	14	10
Total	**87**	**103**	**80**	**158**	**32**

El Pato real presentó las abundancias más altas en el humedal Mahuiza y Angachilla durante enero del año 2019, seguido del humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas durante agosto del año 2018 (Tabla 8.3.5.3.5). Por otra parte, esta ave estuvo ausente en el sector Las Mulatas durante todo el periodo de estudio (Tabla 8.3.5.3.5).

Tabla 8.3.5.3.5.
Abundancia de Pato real *(Anas sibilatrix)* en los humedales priorizados durante el periodo invierno 2018 - otoño 2019.

Sector	Número de aves				
	Julio 2018	**Agosto 2018**	**Diciembre 2018**	**Enero 2019**	**Abril 2019**
Las Mulatas	0	0	0	0	0
Mahuiza y Angachilla	2	0	6	92	14
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas	0	26	0	4	0
Total	**2**	**26**	**6**	**96**	**14**

El Pato jergón estuvo presente en los tres humedales priorizados, con la mayor abundancia en el sector Mahuiza y Angachilla (Tabla 8.3.5.3.6). Julio del año 2018 fue el mes con la mayor abundancia, a la vez que abril del año 2019 fue el periodo del año donde se observó la menor abundancia de esta ave (Tabla 8.3.5.3.6).

Tabla 8.3.5.3.6
Abundancia de Pato jergón (*Anas spp*.) en los humedales priorizados durante el periodo invierno 2018 - otoño 2019.

Sector	Número de aves				
	Julio 2018	Agosto 2018	Diciembre 2018	Enero 2019	Abril 2019
Las Mulatas	0	0	0	2	0
Mahuiza y Angachilla	8	4	14	3	2
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas	8	7	0	6	0
Total	**16**	**11**	**14**	**11**	**2**

La Garza blanca grande estuvo presente de manera homogénea en los tres humedales priorizados, pero con bajas abundancias (Tabla 8.3.5.3.7). Por el contrario, la Garza blanca chica estuvo presente solo en los humedales de Las Mulatas y LLancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (Tabla 8.3.5.3.8).

Tabla 8.3.5.3.7.
Abundancia de Garza blanca grande (*Ardea alba*) en los humedales priorizados durante el periodo invierno 2018 - otoño 2019 (para detalles de abundancias por cada sitio dentro de cada humedal, ver Anexo I).

Sector	Número de aves				
	Julio 2018	Agosto 2018	Diciembre 2018	Enero 2019	Abril 2019
Las Mulatas	0	3	2	0	0
Mahuiza y Angachilla	0	1	2	1	0

Sector	Número de aves				
	Julio 2018	Agosto 2018	Diciembre 2018	Enero 2019	Abril 2019
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas	2	3	3	0	1
Total	**2**	**7**	**7**	**1**	**1**

Tabla 8.3.5.3.8.
Abundancia de Garza blanca chica (*Egretta thula*) en los humedales priorizados durante el periodo invierno 2018 - otoño 2019 (para detalles de abundancias por cada sitio dentro de cada humedal, ver Anexo I).

Sector	Número de aves				
	Julio 2018	Agosto 2018	Diciembre 2018	Enero 2019	Abril 2019
Las Mulatas	0	5	0	0	1
Mahuiza y Angachilla	0	0	0	0	0
Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas	3	8	0	0	0
Total	**3**	**13**	**0**	**0**	**1**

8.3.6. Aves de pajonales

8.3.6.1. Antecedentes

Las poblaciones de aves palustres asociadas a las formaciones vegetales de las riberas son un componente esencial de los humedales, debido a que se sitúan en el ápice de las cadenas

tróficas siendo los principales consumidores de invertebrados y semillas. Por ello aportan servicios ecosistémicos esenciales, por ejemplo, regulación de procesos (e.g., control de patógenos a través del consumo de vectores) y servicios culturales como observación de aves (e.g., Sekercioglu, 2006).

Sin embargo, la presencia y abundancia poblacional de las aves palustres, principalmente asociadas a las riberas, menos icónicas que otras más estudiadas como el Cisne de Cuello Negro *Cygnus melancoryphus* (e.g Jaramillo *et al*., 2018), de hábitos más crípticos y/o con poblaciones escasas son, en la mayoría de los casos, desconocidas hasta la fecha (Victoriano *et al*., 2006). Este déficit de conocimiento básico representa un impedimento esencial para poder establecer la importancia relativa de diferentes humedales para la biodiversidad, así como para evaluar los efectos de cualquier cambio estructural, ambiental y/o de usos del suelo sobre las comunidades de aves que habitan las riberas de los humedales.

En este Capítulo, se describen los resultados del seguimiento sistemático de la avifauna palustre asociada a las riberas de tres humedales priorizados emplazados en la comuna de Valdivia durante el invierno del año 2018 (junio-agosto) y el verano del año 2019 (enero-febrero), estudio cuyos objetivos fueron:

- Analizar la composición y estructura de sus comunidades de aves.
- Obtener información básica de referencia sobre las comunidades de aves palustres asociadas a las riberas de los humedales urbanos emplazados en zonas de crecimiento de la ciudad de Valdivia.

Para fines comparativos se utilizó la composición de la comunidad de aves asociada a un hábitat similar en el área ‘Teja Norte’ de la Isla Teja (Valle, 2018), para ser usada como referencia de hábitat palustre con - a priori - una menor incidencia del ‘filtro’ (i.e. modificación de algunas condiciones ambientales esenciales) que suponen las ciudades para las aves (Silva *et al*., 2016), lo que usualmente conduce a una homogenización (i.e. reducción de la diversidad funcional) de las comunidades y, por tanto, a una reducción en la biodiversidad asociada.

8.3.6.2. Material y métodos

Para el presente estudio de avifauna palustre en el marco del proyecto 'Catastro de Humedales Urbanos de la comuna de Valdivia', se realizaron muestreos sistemáticos en los tres humedales priorizados, situados en la periferia sur y sureste de la ciudad de Valdivia, humedal Las Mulatas, humedal Mahuiza y Angachilla y humedal Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas, para los cuales se seleccionó un sitio de muestreo por humedal. Tales sitios se ubican en las inmediaciones de las estaciones Las Mulatas 2, Mirador Angachilla y Puente Piedra Blanca 2 (Las Mulatas o M, Angachilla o A y Santo Domingo o S), ubicados a una distancia aproximada entre 4 y 12 kilómetros desde el centro de la ciudad (Fig. 8.3.6.2.1).

A priori, las comunidades de aves palustres asociadas a los tres humedales son comparables entre sí porque el tipo de vegetación predominante son las asociaciones de grandes helófitos emergentes (*Scirpetum californiae*), dominadas por Totora Schoenoplectus californicus, Vatro *Typha angustifolia* y Carrizo Phragmites australis, acompañadas por *Juncus spp*., *Carex spp*. y *Cyperus spp*., junto a otras hierbas palustres (cf. San Martín *et al*., 1993). Sin embargo, los tres humedales urbanos seleccionados se diferencian aparentemente por el régimen hídrico (origen de sus aguas), así como por la cercanía de asentamientos humanos y perturbaciones de origen antrópico asociadas, especialmente perros y gatos asilvestrados que son una fuente relevante de mortalidad para las aves silvestres (Loss *et al*., 2013, Villatoro *et al.,* 2019).

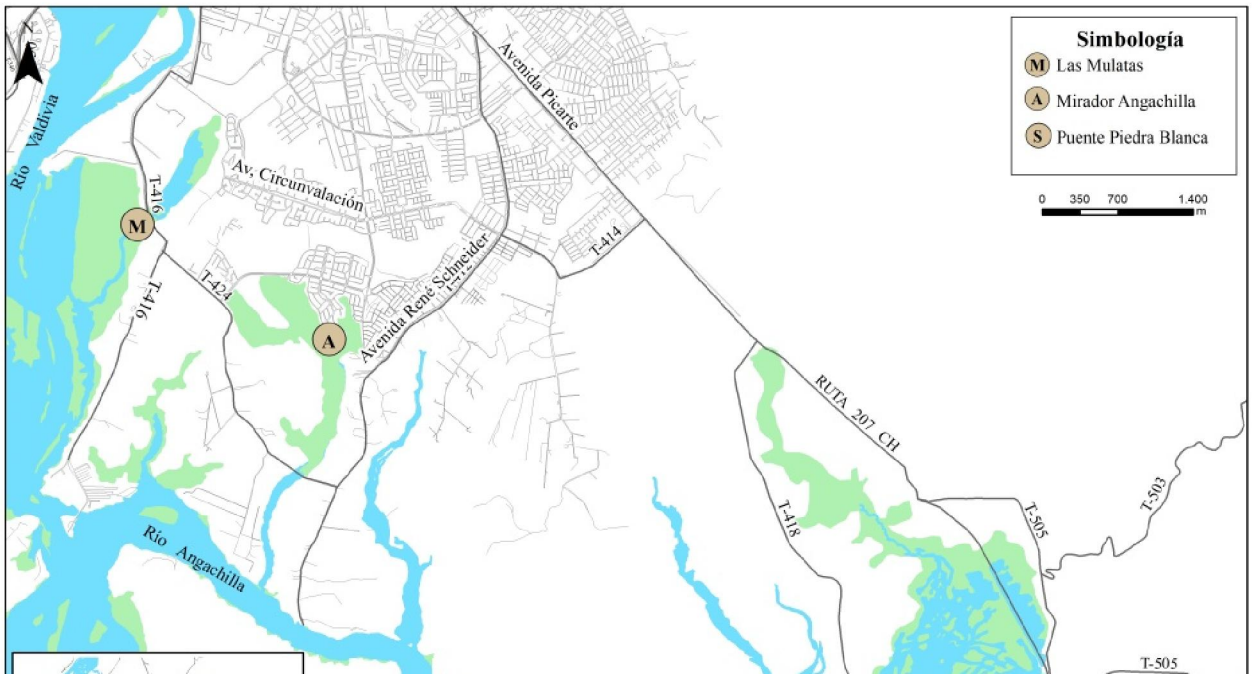

Figura 8.3.6.2.1

Ubicación aproximada de los lugares de muestreo de aves en los sectores Las Mulatas (M), Mahuiza y Angachilla (A), y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (S).

Para obtener información básica de referencia sobre las comunidades de aves palustres asociadas a estos humedales y poder realizar aproximaciones comparativas, se realizaron muestreos sistematizados utilizando redes de niebla. Aunque los conteos directos mediante diferentes aproximaciones metodológicas pueden aportar una descripción general sobre la composición de las comunidades de aves (Silva *et al*., 2016), la captura con redes de niebla es el método más recomendable para poder evaluar abundancias relativas en áreas cerradas, como es la vegetación palustre en la orla de los humedales (Arizaga *et al*., 2011).

Se establecieron tres zonas de muestreo consistentes en franjas de 1.5 metros de ancho, separadas de forma equidistante por aproximadamente 50 m. En cada una de estas zonas se manejó la vegetación utilizando machetes para permitir la instalación de redes de niebla de un largo de 36 metros lineales (4 redes, 9 metros c/u). Las franjas tuvieron una orientación paralela entre sí, desde la orilla hacia el interior del humedal. Se realizaron muestreos sistematizados y con esfuerzo constante (uso de redes de niebla, con un total de 108 m, extendidas desde el amanecer durante 5 horas consecutivas), cada aproximadamente tres semanas durante el invierno del año 2018 (junio-agosto) y el verano del año 2019 (enero-febrero).

Todos los individuos capturados fueron marcados mediante anillos metálicos (Resoluciones Exentas SAG 402/2018 y 9060/2018), se registraron sus medidas biométricas y, en la medida de lo posible y en base a la coloración del plumaje y estado de la muda, su clase de edad (juvenil o adulto) (Couve *et al*., 2016). Para las especies con dimorfismo sexual aparente, se registró además el sexo de los individuos. Con esta información se estimaron las variables descriptoras estandarizadas de la comunidad de aves palustres - abundancia relativa (nº aves capturadas por hora), riqueza (n° especies) y un índice de diversidad –Shannon-Wiener (H') –, para realizar comparaciones preliminares entre períodos de muestreo (invierno-verano) y humedales (uso de ANDEVA).

Por último, se comparan los resultados aquí obtenidos con los registrados para los mismos períodos en el humedal de referencia ubicado en el sector Teja Norte, cuya comunidad de aves palustres está dominada a lo largo de todo el año por *Tachuris rubrigastra* (Siete colores), seguido por *Anairetes parulus* (Cachudito) y *Sylviorthorhynchus desmursii* (Colilarga) acompañados por el *Phleocrytes melanops* (Trabajador) y *Cistothorus platensis* (Chercán de las vegas) (Valle, 2018).

8.3.6.3. Resultados

Se obtuvo un total de 311 capturas de aves de 16 especies, la inmensa mayoría del Orden Passeriformes. De otros Órdenes únicamente se capturaron ocho *Sephanoides sephaniodes* (Picaflor chico) y un *Glaucidium nanum* (Chuncho) Este último, cuya captura se considera fortuita dentro de estos muestreos, no se tuvo en cuenta para los subsiguientes análisis de la comunidad.

En general las dos especies más abundantes fueron el Siete colores y el Cachudito, representando entre ambas, prácticamente la mitad de la abundancia total en las capturas de los tres humedales (Tabla 8.3.6.3.1). Aunque en menor medida, otras tres especies, el Chercán

de las vegas, el Trabajador y el Colilarga - fueron capturadas regularmente en los tres humedales, por lo que se pueden considerar como parte estructural de la comunidad de aves palustres en los mismos. Adicionalmente y durante la época de verano se encuentra en los tres humedales de forma bastante abundante una especie migratoria Neotropical*, Elaenia albiceps* (Fío-fío), formando por ello parte importante de la estructura comunitaria. Por último, cabe destacar que dos especies que suelen tener un comportamiento gregario, *Carduelis barbata* (Jilguero) y (en menor medida) *Sicalis luteola* (Chirihue), se capturaron en mayor abundancia en el sector Angachilla.

Tabla 8.3.6.3.1
Capturas acumuladas de aves palustres realizadas en cada humedal a lo largo de los muestreos realizados en invierno (junio-agosto 2018; 3 muestreos) y verano (enero-febrero 2019; 3 muestreos) (ver texto para detalles específicos).

Especies	**Las Mulatas**	**Angachilla**	**Santo Domingo**	**%**
Siete colores	44	27	18	28,7
Cachudito	6	28	26	19,4
Chirihue	7	21	4	10,3
Chercán de las Vegas	9	12	4	8,1
Fío-fío	13	3	6	7,1
Colilarga	5	6	10	6,8
Trabajador	7	5	4	5,2
Jilguero		7	3	3,2
Tijeral	5	2	3	3,2
Picaflor	1		7	2,6
Run-run	4	2		1,9
Trile	3	1		1,3
Chercán		2	1	1,0
Golondrina chilena	1		1	0,6
Churrín de la Mocha			1	0,3
Chuncho			1	0,3
Total general de aves	**105**	**116**	**89**	**310**

La abundancia relativa (promedio general + DE) fue de 3.5 ± 0.5 aves por hora de esfuerzo (total 90 horas), sin diferencias entre los tres humedales muestreados ($F_2 = 0.45$; $p = 0.65$), siendo mucho mayor en el verano ($F = 11.92$; $p < 0.01$) (Fig. 7.3.6.3.1). Este patrón general de abundancias relativas resulta además similar ($F_3 = 0.62$; $p = 0.61$) al encontrado en los mismos períodos y realizando un esfuerzo de muestreo idéntico (metros de redes y horas) en un pajonal de amplia potencia (i.e. gran desarrollo de la vegetación) en Teja Norte.

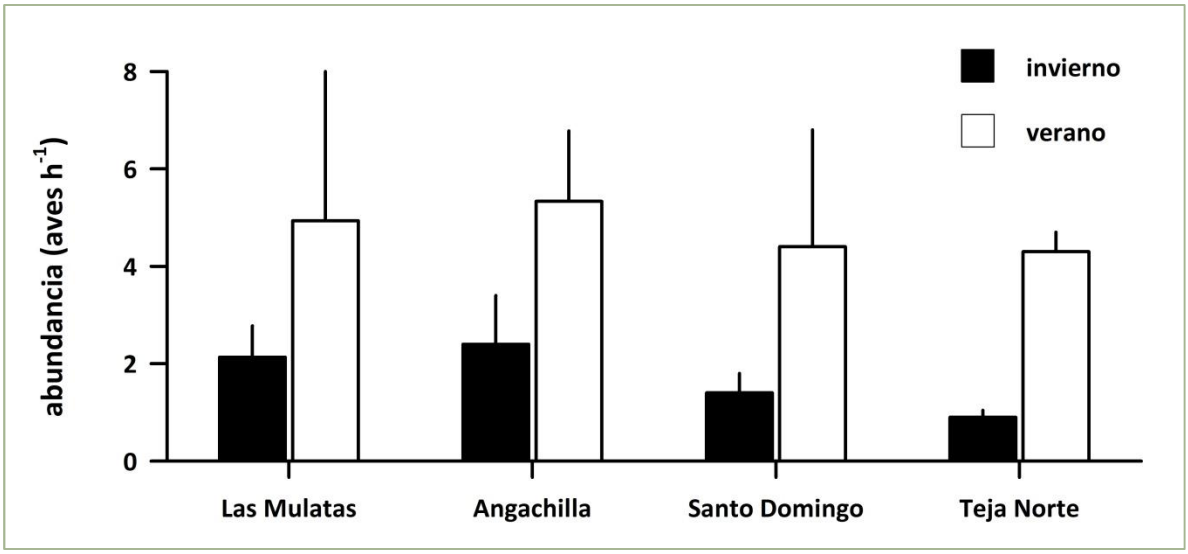

Figura 8.3.6.3.1
Abundancia relativa (promedio + DE) obtenida de las capturas realizadas en cada sector durante los muestreos realizados en invierno (junio-agosto 2018) y verano (enero-febrero 2019) (ver texto para detalles específicos).

Paralelamente, de las capturas registradas en el período de verano, 20 correspondieron a aves anilladas en el invierno previo, todas ellas de las especies más abundantes en ese período, 17 recapturadas por primera vez y 3 una segunda vez. En general, la tasa de recaptura de estas seis especies fue bastante elevada 0.21 ± 0.23, destacando las de Cachudito y Colilarga (Tabla 8.3.6.3.2). Sin embargo, las recapturas en Las Mulatas fueron mucho menos frecuentes. De hecho, en este humedal no se recapturó ni un solo individuo de los marcados en el invierno de estas dos especies más abundantes, por lo que la tasa de recaptura fue bastante más alta en Angachilla y Santo Domingo.

Tabla 8.3.6.3.2
Tasa de recaptura en verano (enero-febrero 2019; 3 muestreos) de las aves palustres marcadas en el invierno previo (junio-agosto 2018; 3 muestreos) en cada humedal durante los muestreos realizados (ver texto para detalles específicos). Se indican los valores de desviación estándar (entre paréntesis) al lado de cada promedio de recaptura.

Especie	Las Mulatas	Angachilla	Santo Domingo	Promedio
Cachudito	0	0.75	0.33	0.36 (0.38)

Especie	Las Mulatas	Angachilla	Santo Domingo	Promedio
Colilarga	0	0.33	0.50	0.28 (0.25)
Chercán Vegas	0	0.11	0.50	0.20 (0.26)
Trabajador	0	0	0.50	0.17 (0.29)
Siete colores	0.14	0.15	0.17	0.15 (0.01)
Trile	0.33	0	0	0.11 (0.19)

Durante el período de verano se capturaron ejemplares en edad juvenil (esto es, individuos nacidos en esta misma temporada) de varias especies, destacando el porcentaje de juveniles de Siete colores en las capturas encontrado en los tres humedales (Tabla 8.3.6.3). En paralelo, resulta interesante la ausencia de juveniles de otras especies capturadas de forma abundante en el humedal de Las Mulatas.

Tabla 8.3.6.3.3
Porcentaje de juveniles respecto al total de capturas de cada especie de aves palustres en cada humedal durante los muestreos realizados en verano (enero-febrero 2019; 3 muestreos) (ver texto para detalles específicos).

Especie	Las Mulatas	Angachilla	Santo Domingo	Teja Norte
Cachudito	0	0.08	0.15	0
Colilarga	0	0	0	-
Chercán Vegas	0	0	0	0
Trabajador	0.77	0.67	0.75	0.89
Siete colores	-	0.33	0	0.60
Trile	0	-	-	-

Por su parte se capturaron 4.8 ± 0.6 especies por muestreo, siguiendo la misma tendencia en los tres humedales (Fig. 8.3.6.3.2). Como era de esperar, en la época de verano (7.0 ± 2.5) la riqueza fue significativamente mayor ($F = 6.25$; $p < 0.03$), por un lado debido a la presencia de individuos de las especies migratorias Neotropicales, Fío-fío, Run-run (*Hymenops perspicillata)* y Golondrina chilena (*Tachycineta meyeni)* y, por otro lado, a la mayor actividad durante la época reproductiva de otras especies residentes.

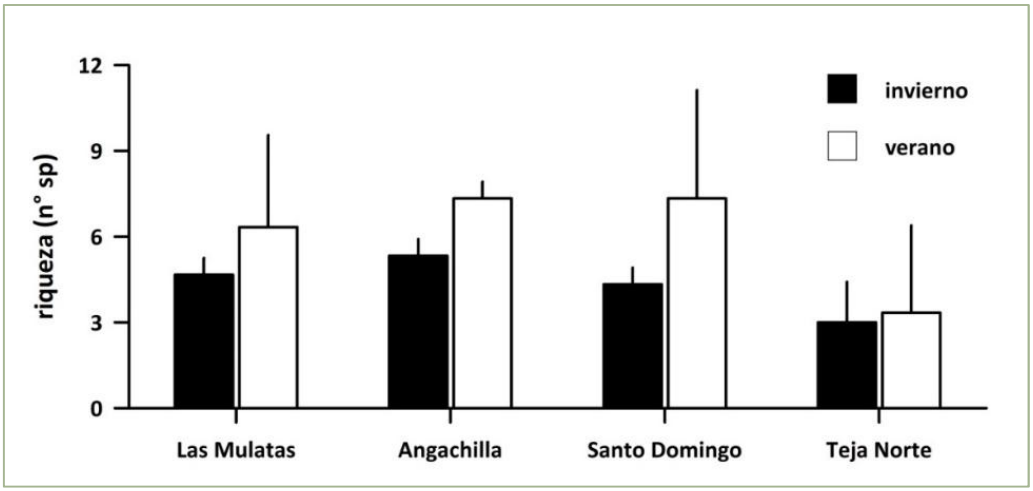

Figura 8.3.6.3.2
Riqueza de especies (promedio + DE) obtenida de las capturas en cada humedal durante los muestreos realizados en época invernal (junio-agosto 2018) y en el subsiguiente verano (enero-febrero 2019) (ver texto para detalles específicos).

En relación a la estructura y diversidad comunitaria evaluada a través de los valores del Índice de Shannon-Wiener (H´), tanto en invierno como en verano se registran valores muy similares, oscilando entre 1.62 y 1.82 (Fig. 8.3.6.4). La excepción es el humedal de Santo Domingo en el período de verano, donde se registró un incremento notable de la diversidad asociada (H´ = 2.12).

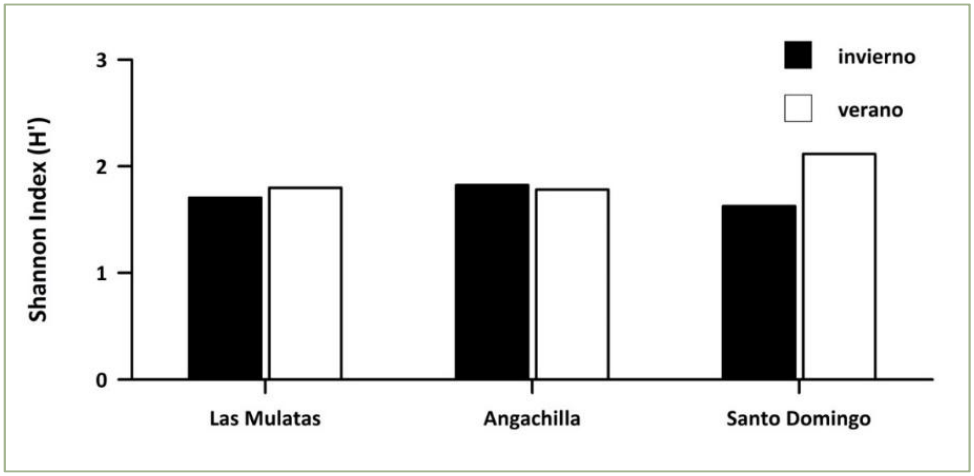

Figura 8.3.6.3.3
Riqueza de especies (promedio ± DT) obtenida de las capturas en cada humedal durante los muestreos realizados en época invernal (junio-agosto) durante 2018 y en el subsiguiente verano (enero-febrero 2019) (ver texto para detalles específicos).

8.3.7. Micromamíferos

8.3.7.1. Antecedentes

Chile se caracteriza por presentar una alta diversidad de ecosistemas, desde desiertos y estepas, hasta bosques templados patagónicos (Ormazabal 1993). Esta singularidad hace que dentro de nuestro país se presente un alto nivel de endemismo de especies, así como alto número de especies bajo amenaza de conservación (Mittermeier *et al*. 2011). En base a esto, la zona centro sur de nuestro país ha sido reconocida como uno de los 35 puntos "calientes" (hotspots) de biodiversidad a nivel mundial (Mittermeier *et al*. 2011). Dentro de este punto caliente de biodiversidad, el bosque templado lluvioso o selva valdiviana se inserta como uno de los ecosistemas más importantes y conocido como eco región del bosque lluvioso Valdiviano, en la cual se inserta la ciudad de Valdivia (Nahuelhual *et al*. 2007).

Los mamíferos presentan las mismas características que el resto de la biodiversidad en la ecorregión. En términos de riqueza de especies, se pueden encontrar siete especies de roedores nativos (Meserve, 1988, Kelt 2000, Kelt, 2001), tres especies de carnívoros (Quintana *et a*l. 2000, Franco *et al*. 2013) y una especie de ungulado (Pavés-Fox y Estay 2016), (Tabla 8.3.7.1.1). No obstante, salvo especies exclusivamente acuáticas como el Huillín (*Lontra felina*) y el Coipo (*Myocastor coypus*), no se tiene conocimiento cómo el resto de las especies de mamíferos están utilizando los bordes ribereños de la eco región.

En este contexto, el desarrollo de las ciudades ha llevado al proceso de urbanización, el cual puede ser entendido como la transformación de ambientes naturales, hacia ambientes caracterizados por un alto nivel de sellamiento de suelos y alto nivel de edificación (Shochat *et al*. 2006). Esto conlleva a un proceso de reducción y modificación de hábitat que afecta en forma directa la biodiversidad presente en dichos ambientes (Seto *et al*. 2013). Trabajos realizados con aves dentro de la ciudad de Valdivia, muestran que las aves nativas son altamente sensibles a la disponibilidad de áreas verdes, y que se produce un efecto de homogenización biótica por presencia de especies invasoras como gorriones y palomas (Silva *et al*. 2015, 2016). En este

sentido, es conocido y aceptado que dentro de las ciudades en muy frecuente encontrar especies de roedores exóticos invasores como la Rata común (*Rattus rattus*), la Laucha común (*Mus musculus*) y el Guarén (*Rattus norvergicus*). Sin embargo, hasta ahora se desconoce la de roedores nativos dentro de ambientes urbanos.

Dadas las características propias de la región, y en particular, debido al lugar de emplazamiento de la ciudad de Valdivia, uno de los ecosistemas que se ha visto fuertemente afectado es el de los humedales. Parte importante de la ciudad se encuentra edificada sobre antiguos humedales, y por otro lado, la actual necesidad y demanda inmobiliaria ha llevado al relleno progresivo de los humedales dentro de la ciudad. Esto conlleva, a que dentro y alrededor de la ciudad se encuentren humedales con diferentes niveles de perturbación. En base a lo anterior, este informe entrega información en relación de la presencia de especies de micro mamíferos, y en especial de roedores dentro de los priorizados de Valdivia, incluyendo especies nativas y exóticas invasoras.

Tabla 8.3.7.1.1.

Lista de especies de mamíferos asociados a cuerpos de agua y humedales, que habitan en la Región de Los Ríos y su estado de conservación (basado en Meserve et al. 1988, Quntanta et al. 2000, Paves-Fox y Estay 2016, Franco et al. 2013). Estados de conservación según la categoría de la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN): CR= Peligro Crítico, EN= En peligro, LC = Preocupación Menor, NT= Casi amenazado, VU= Vulnerable.

Clase	Orden	Nombre científico	Nombre común	Estado de Conservación
Marsupialia	Microbiotheria	*Dormiciops gliroides*	Monito del monte	NT
Marsupialia	Paucituberculata	*Rhyncholestes raphanurus*	Comadrejita trompuda	NT
Mammalia	Artiodactyla	*Pudu pudu*	Pudú	NT
Mammalia	Carnivora	*Lontra provocax*	Huillín	EN
Mammalia	Carnivora	*Lepardus guigna*	Güiña	VU
Mammalia	Carnivora	*Lycalopex griseus*	Zorro chilla	LC
Mammalia	Rodentia	*Abrothrix manni*	Ratón sedoso de Mann	NT
Mammalia	Rodentia	*Abrothrix longipilis*	Ratón lanudo o de pelo largo	LC
Mammalia	Rodentia	*Abrothrix olivaceus*	Ratón oliváceo	LC
Mammalia	Rodentia	*Geoxus valdivianus*	Ratón topo valdiviano	LC
Mammalia	Rodentia	*Oligoryzomys longicaudatus*	Ratón de cola larga	LC
Mammalia	Rodentia	*Irenomys tarsalis*	Rata arbórea chilena	LC
Mammalia	Rodentia	*Myocastor coypus*	Coipo	LC
Especies introducidas				
Mammalia	Carnivora	*Neovison vison*	Visón	
Mammalia	Rodentia	*Mus musculus*	Ratón común o doméstico	

			(Laucha)
Mammalia	Rodentia	*Rattus rattus*	Rata común
Mammalia	Rodentia	*Rattus norvergicus*	Guarén

8.3.7.2. Material y métodos

Inicialmente, se propuso realizar la estimación de micro mamíferos y especies de mamíferos invasores o plaga, a través de un sistema de trampeo dirigido. No obstante, y debido a los riesgos asociados con el trampeo dentro de la ciudad, se optó por utilizar una aproximación alternativa. En este caso, se aprovechó la implementación de detección de especies a partir de ADN ambiental. El ADN ambiental (eDNA) es una técnica de secuenciación masiva que permite establecer la presencia de especies a partir de muestras de sustrato en el ambiente. A partir de ello se realiza una secuenciación masiva, y luego se comparan los segmentos amplificados con una librería genómica de referencia.

Para determinar la presencia de micro mamíferos dentro de cada humedal priorizado se realizaron dos muestreos, uno en invierno y otro en verano, en nueve puntos de muestreo asociados a cada uno de esos humedales (Fig. 8.3.7.2.1).

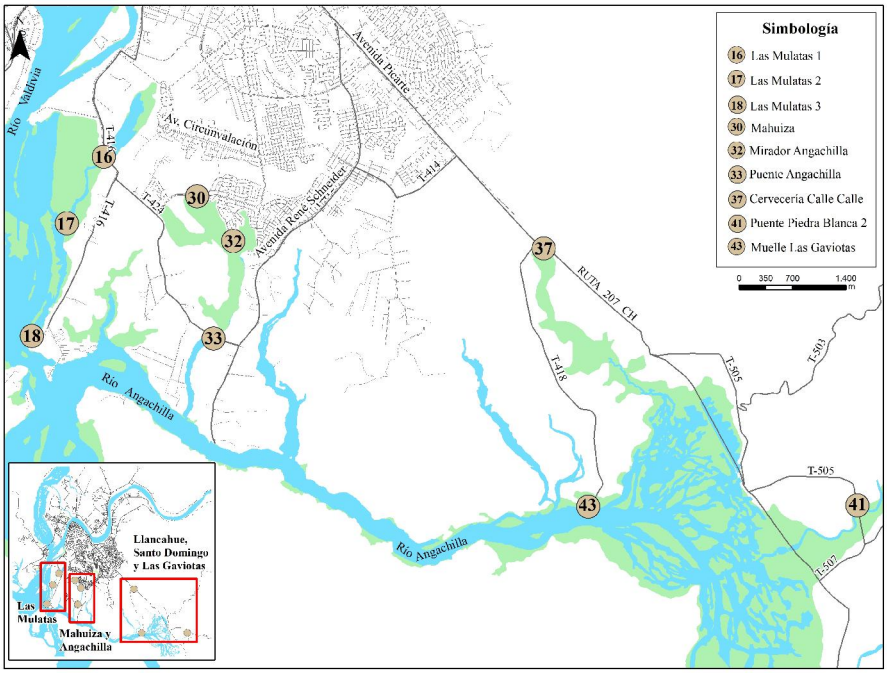

Figura 8.3.7.2.1
Ubicación de los sitios de muestreo en los humedales priorizados: Las Mulatas (sitios 16, 17 y 18), Mahuiza y Angachilla (sitios 30, 32 y 33) y Llancahue, Santo Domingo y Las Gaviotas (sitios 37,41 y 43).

El muestreo de invierno se realizó durante el mes de julio del año 2018, mientras que el muestreo de verano se realizó en enero del año 2019. Adicionalmente y para validar la técnica de eDNA, se procedió a realizar durante ese mismo mes de enero un muestreo tradicional de roedores siguiendo el protocolo originalmente propuesto. Este muestreo se realizó en el sitio 17, humedal de Las Mulatas (Fig. 8.3.7.2.1). El muestreo se realizó en este lugar con la autorización de los propietarios, y con la seguridad del cuidado de las trampas y de los operarios de las mismas. En breve, el muestreo consideró cinco noches de captura con 20 trampas tipo Sherman ubicadas en el borde del humedal; la disposición de las trampas fue de dos líneas, con 10 metros de separación entre trampas. El trampeo se hizo dirigido hacia micro hábitats donde se pudiese maximizar la captura de individuos. El trampeo fue de detección y liberación, sin hacer ningún tipo de manipulación sobre los individuos capturados. La determinación taxonómica se basará en claves de identificación de referencia, y utilizando las bases de datos disponibles en la Colección de Mamíferos de la Universidad Austral de Chile.

Para los análisis de eDNA se tomaron tres litros de muestra de agua en cada punto de muestreo asociado a los tres humedales priorizados. Las muestras fueron filtradas en alícuotas de 250 ml a través de un filtro de poro de 0.22µm (Millipore Cat: GSWG047S6) usando una bomba de vacío (ThermoFisher). Cada filtro fue estabilizado en tubos de 2 ml con buffer de lysis. Para la extracción del DNA, las muestras se centrifugaron durante 60 segundos. Del sobrenadante se extrajeron 500µl de solución para la extracción de DNA usando un kit de extracción GenJet (Thermo Scientific, Cat: K0721). En paralelo se utilizó un doble control negativo utilizándose 500 µl de agua ultra pura. Las muestras de eDNA fueron amplificadas en 25µl de solución de reacción de PCR dentro de un termociclador (BioRAD 1000, USA). Cada reacción de PCR incluyó un conjunto específico de partidores de DNA de la región del gen ribosomal 16S y 18S, siguiendo los protocolos descritos en la literatura. Para el caso de la biodiversidad de mamíferos se utilizaron los fragmentos del gen 16S usando los partidores descritos por Taylor (1996).

Para aumentar la detectabilidad de biodiversidad, se amplificó cada muestra por PCR por duplicado para cada amplicon, las cuales finalmente se juntaron para el procesamiento final. Para realizar la secuenciación de las muestras, a cada partidor fue modificado agregándose un código de barra de 10 pb y un adaptador para el secuenciador Ilumina. Se utilizó una combinación de 6 partidores directos y 6 reversos para cada uno de los fragmentos. La secuenciación se realizó en el equipo Illumina ubicado en las instalaciones de AUSTRAL-omics (Universidad Austral de Chile).

Una vez obtenidas las secuencias, se procedió a realizar alineación de secuencias. Las lecturas de muestras con códigos de barras de índices similares se agruparon usando el software personalizado Illumina miseq. El análisis de alineamiento se realizó con el paquete OBItools 1.011.22. Los archivos de secuencia final emparejados y analizados con el programa "illuminapairedend". Este programa concatena lecturas directas e inversas de la misma secuencia para cada una de las secuencias de cada archivo. Luego, se filtraron todas las secuencias para las cuales las lecturas hacia adelante y hacia atrás no tuvieron ninguna secuencia superpuesta (porque esto significa que la longitud total de la secuencia es superior a la longitud esperada para los amplicones utilizados). Las muestras se separaron mediante el uso del código de barra inserto y el amplicón específico (16S y 18S), utilizándose el programa "ngsfilter". Para realizar la lectura final, se filtró el conjunto de datos y se eliminaron las secuencias que ocurrieron menos de 5 veces (esto es para minimizar los falsos positivos). Luego, se aplicó un filtro adicional para tener en cuenta las variantes de secuencia que se pueden atribuir a las secuencias naturales, variación entre individuos y errores de secuenciación.

Una vez que las secuencias individuales se ordenaron por amplicón e ID de muestra, se procedió a asignar cada secuencia a un taxón específico. Para esto se utilizó la última base de datos pública de nucleótidos disponible en Genebank. Para ello se descargó toda la base de datos en una computadora de alto rendimiento. A partir de esta biblioteca se buscaron los partidores para cada amplicón, a fin de extraer de la base de datos todas las secuencias

de taxones conocidos que podrían amplificarse con los partidores específicos que se utilizaron en el PCR. Adicionalmente, se complementó la librería de referencia con secuenciación de tejidos obtenidos en diferentes colecciones zoológicas. En particular, para el caso de los roedores nativos, se secuenciaron tejidos obtenidos de la Colección de Mamíferos de la Universidad Austral de Chile. La asignación de cada taxón se realizó con un 99% de similitud de las secuencias en relación a la librería de referencia.

Dado que los resultados de eDNA sólo entregan información sobre presencia/ausencia de especies, la diversidad se estimó a partir de la riqueza local de especies. Esta se estimó como la suma de las presencias por cada sitio de muestreo (Gotelli & Chao 2013). Si bien se pueden estimar otros índices de diversidad, en el caso de datos basados en presencia/ausencia, la riqueza es el indicador más confiable (Gotelli & Chao 2013). Todos los análisis fueron realizados en el programa R (R Core Team 2019), utilizando el paquete vegan (Oksanen 2019).

8.3.7.3. Resultados

Durante la campaña de invierno se detectó un total de cinco especies de mamíferos, de las cuales sólo una correspondió a una especie nativa, el Coipo (*Myocastor coypus*, Tabla 8.3.7.3.1). Esta especie sólo fue detectada en dos puntos dentro del humedal de Mahuiza y Angachilla, por lo que la riqueza de especies sólo contempla a una (Fig. 8.3.7.3.1a).

Las especies introducidas incluyeron visones (*Neovison vison*), cerdos (*Sus scrofa*), vacas (*Bos taurus*) y perros (*Canis lupus*) (Tabla 8.3.7.3.1). Para el caso del visón, se observa una distribución asociada a ambientes urbanos y compartiendo co-ocupación con el Coipo en el humedal de Angachilla (Tabla 8.3.7.3.1). La presencia de perros en los humedales muestreados coincide con la alta densidad de esta especie dentro de la ciudad; no obstante, en los puntos más alejados de la zona urbana, esta especie no se detectó. La riqueza máxima se ubicó en el sitio 17, humedal Las Mulatas (Fig. 8.3.7.3.1c), donde se detectó la presencia de animales de granja como cerdos (*Sus scrofa* domestica) y vacas (*Bos taurus*) (Tabla

8.3.7.3.2). Durante esta campaña no se detectó la presencia de roedores nativos ni sinantrópicos.

Durante el muestreo de verano se detectó un total de 17 especies de mamíferos, de las cuales nueve corresponden a especies nativas (Tabla 8.3.7.3.2). El sitio con mayor riqueza de estas especies fue el 41 (Puente Piedra Blanca 2), con un total de ocho de las nueve especies de mamíferos nativos (Fig. 8.3.7.3.1b). En este sitio no sólo aparecen las especies de roedores (incluyendo la especie de bosque *Geoxus valdivianus*), sino que aparecieron meso mamíferos como la güiña y el pudú. En este sitio también apareció una especie de murciélago (*Myotis chiloensis*). Los sitios que siguen en riqueza de especies fueron el 33 (Puente Angachilla) y 37 (Cervecería Calle Calle) con un total de 4 especies cada uno (Fig. 8.3.7.3.1b). En ambos sitios, la composición específica es la misma: presencia de Coipo (*Myocastor coypus*), Ratón de cola larga (*Olygonyzomys longicaudatus*) y las dos especies del género Abrothrix: Ratón lanudo (*A. longipilis*) y Ratón oliváceo (*A. olivaceus*) (Tabla 8.3.7.3.2). Finalmente se detectó la presencia del Lobo marino común (*O. flavences*) en el sitio 43 (Muelle Las Gaviotas) (Tabla 8.3.7.3.2).

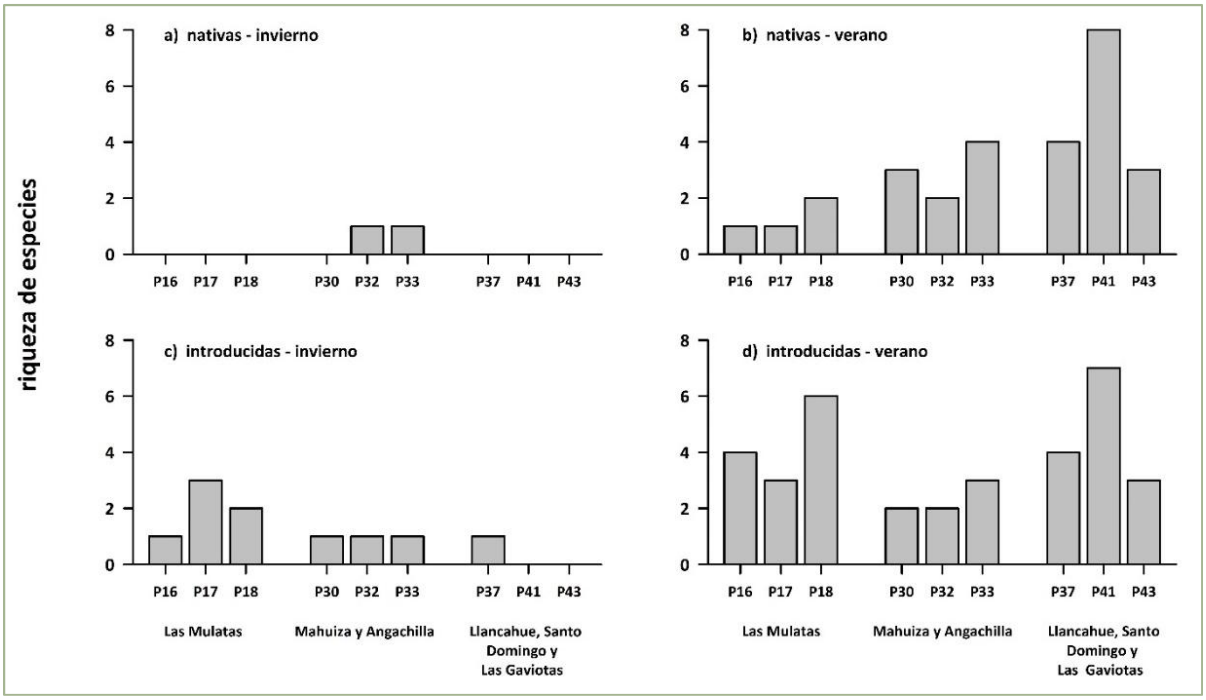

Figura 8.3.7.3.1

Riqueza de especies de mamíferos en función de los sitios de muestreo registradas en los tres humedales prioritarios. a) Riqueza de especies nativas durante invierno; b) riqueza de especies nativas durante verano, c) riqueza de especies introducidas en invierno, y d) riqueza de especies introducidas en verano. Detección de especies en base a técnica de eDNA.

Tabla 8.3.7.3.1

Resultados de detección de especies de mamíferos nativos e introducidos en los tres humedales priorizados durante la campaña de invierno 2018. Detección de especies en base a técnica de eDNA.

Especie	Nombre común	Sitio de detección
Especies nativas		
Pudu puda	Pudú	
Myotis chiloensis	Murciélago	
Myocastor coypus	Coipo	32,33
Geoxus valdivianus	Ratón topo valdiviano	
Olygonyzomys longicaudatus	Ratón de cola larga	
Abrothrix olivaceus	Ratón oliváceo	

Especie	Nombre común	Sitio de detección
Abrothrix longipilis	Ratón lanudo	
Otaria flavences	Lobo común	
Leopardus guigna	Güiña	
Especies introducidas		
Neovison vison	Visón	16,32,33,37
Sus scrofa	Cerdo	17
Bos taurus	Vaca	17,18
Canis lupus	Perro	17,18,30
Capra hircus	Cabra	
Ovis aries	Oveja	
Rattus norvegicus	Guarén	
Rattus rattus	Rata	

Tabla 8.3.7.3.2
Resultados de detección de especies de mamíferos nativos e introducidos en los tres humedales priorizados durante la campaña de verano 2019. Detección de especies en base a técnica de eDNA.

Especie	Nombre común	Sitio de detección
Especies nativas		
Pudu puda	Pudú	41
Myotis chiloensis	Murciélago	41
Myocastor coypus	Coipo	16, 17, 18, 30, 32, 33, 37, 41, 43
Geoxus valdivianus	Ratón topo valdiviano	40
Olygonyzomys longicaudatus	Ratón de cola larga	32, 33, 37, 41
Abrothrix olivaceus	Ratón oliváceo	17, 30, 33, 37, 41, 43
Abrothrix longipilis	Ratón lanudo	18, 33, 37, 41
Otaria flavences	Lobo común	43
Leopardus guigna	Güiña	41
Especies introducidas		

Neovison vison	Visón	16, 17, 18, 30, 33, 37, 41
Sus scrofa	Cerdo	16, 17, 18, 32, 33, 37, 41, 43
Bos taurus	Vaca	16, 18, 41, 43
Canis lupus	Perro	16, 17, 18, 30, 32, 33, 37, 41, 43
Capra hircus	Cabra	18, 41
Ovis aries	Oveja	41
Rattus norvegicus	Guarén	18
Rattus rattus	Rata	37, 41

La validación de la técnica de eDNA se realizó en el sitio de muestreo 17 (humedal Las Mulatas, ver Fig. 9.3.7.1). En este sitio, y luego de cinco noches de esfuerzo de muestreo, se logró capturar sólo un individuo de Ratón oliváceo (la última noche). Al comparar los resultados con los obtenidos con eDNA para el mismo sitio, observamos que con esta última técnica se detectó con eDNA la presencia del Ratón oliváceo. De esta forma, se pudo realizar una validación de la técnica.

En relación a las especies exóticas invasoras, el Visón aparece en casi todos los puntos de muestreo, indicando que su ocurrencia dentro de los humedales prioritarios es alta. Adicionalmente, se detectó la presencia de ratas y guarén y de especies domésticas como el perro, ovejas, cabras, cerdos y vacas (Tablas 8.3.7.3.1 y 8.3.7.3.2).

Un punto que hay que hacer notar, es que históricamente había registros de Huillín (Lontra provocax) en el sector del Puente Angachilla (M. Soto-Gamboa, obs. pers.). En este sitio se recolectaron fecas y había presencia de madrigueras de esta especie hasta el año 2015. No obstante lo anterior, en el momento de la toma de muestras de aguas, se constató el uso permanente del borde y bajo el puente por parte de actividad antrópica. Aparentemente entonces, la zona bajo el puente está siendo utilizada por vagabundos que la utilizan para pernoctar. Lo más probable que el uso permanente del puente, así como la creciente

edificación en la zona, ha desplazado al Huillín hacia otros sectores del río Angachilla, con menor perturbación antrópica.

Otro de los puntos interesantes que hay que señalar, es la ausencia de roedores durante el invierno. Normalmente, en las riberas de los humedales en ambientes urbanizados es frecuente encontrar especies de roedores sinantrópicos. De hecho, en el borde del río Calle-Calle y Valdivia y a la altura de la costanera, es posible encontrar ratas (*Rattus* spp). No obstante lo anterior, durante el muestreo de invierno 2018 no se detectó la presencia de roedores sinantrópicos ni nativos. Esto podría estar dado por los constantes cambios de la altura del espejo de agua que ocurren durante el invierno y que inundan los bordes ribereños, lo que asociado con la falta de refugios en las zonas de totora de esos bordes, afectaría negativamente la ocurrencia de roedores. Más aun, las prácticas de desratización a través de compuestos químicos, y la presencia de especies domésticas, podrían también estar afectando en forma negativa la ocurrencia de roedores en los sitios de estudio.

8.4. VARIABILIDAD HISTÓRICA DE LA CONECTIVIDAD DE LOS HUMEDALES

8.4.1. Antecedentes

Desde su fundación, Valdivia se caracterizó por ser un polo industrial y de desarrollo a nivel nacional, impulsado en gran medida por la inmigración alemana a mediados del siglo XIX. Al mismo tiempo, Valdivia se ha caracterizado históricamente por ser una ciudad marcada por perturbaciones naturales y sucesivas transformaciones geográficas y sociales, que han moldeando la trama urbana. Entre las mismas se encuentra el incendio de 1909, la Primera Guerra Mundial (con listas negras contra los industriales de origen alemán) y la apertura del canal de Panamá en 1914, la llegada del ferrocarril en 1920, la Segunda Guerra Mundial en 1939 y el terremoto de 1960. Es así, como hasta 1974, Valdivia perdió sucesivamente su importancia como foco industrial (Espinoza & Zumelzu, 2016; Borsdorf, 2000).

Tras todos estos sucesos, la planificación urbana no ha sido de manera espontánea y la dinámica poblacional ha sido pauteada desde principios de siglo, pasando por situaciones de emergencia hacia zonas altas luego del terremoto de 1960 hasta la consolidación suburbana a partir de 1995 (Espinoza & Zumelzu, 2016. Esto ha derivado en una serie de problemáticas ambientales actuales, dado que su núcleo urbano original ya ha alcanzado los límites de superficies disponibles expandiéndose hacia nuevos territorios, definidos principalmente por la morfología de la ciudad, cuya característica más relevante es el encontrarse, por un lado, inserta en una red de humedales y, por otro, rodeada por un ecosistema estuarial (Osorio, 2009; Paredes, 2010).

Los cambios más dramáticos que ha sufrido el paisaje urbano de Valdivia ocurrieron luego del terremoto de 1960, hito que marca el inicio de la expansión territorial de la ciudad en términos urbanísticos, causando que ella se retrajera del río y se expandiera hacia su periferia. Debido al hundimiento del terreno o subsidencia continental cosísmica (circa. 1,8 m; Rojas 2004), se formaron nuevas áreas de humedales dentro y fuera de los límites de la ciudad. A causa del traslado de las familias hacia lugares seguros, tales lugares se han visto

rodeados por nuevos barrios en amplias zonas ubicadas principalmente hacia la periferia sur-este de Valdivia. Estas nuevas zonas duplicaron el radio urbano en dos décadas en los años 40's, Valdivia terminaba en los alrededores de las calles Pedro Montt y Bueras, con sus sectores más alejados a escasos 2 km del centro. Ya en los 60's, las nuevas poblaciones se ubicaron a 4 km del centro, lo que empezó a cambiar el carácter de ciudad compacta que caracterizó a Valdivia durante sus primeros períodos (Villagra & Felsenhardt, 2015; Espinoza et al., 2016).

Espinoza et al. (2016) señalan que a diferencia de la zona oriente de la ciudad - y tras la inauguración del puente Pedro de Valdivia en 1954, el sector de Isla Teja comenzó a densificarse de manera heterogénea. En primer lugar, la isla perdió su rol industrial a causa del terremoto -; sin embargo, los barrios de carácter obrero persistieron, ocupando una amplia superficie de ella. Posteriormente, sobre el eje de la avenida Los Robles, empezaron a aparecer las primeras poblaciones uniformes de clase media, ligadas al nuevo campus de la Universidad Austral de Chile. Finalmente, las familias pertenecientes a la clase alta del centro y el sector costero, cuyas viviendas resultaron destruidas en el terremoto, comenzaron a adquirir terrenos en la isla, agrupándose y construyendo sus casas principalmente en el sector de Teja Sur.

Durante los años 70's, también empezaron a tomar importancia los sectores cercanos al Hospital Regional. Valdivia continuó evolucionando físicamente y fue creciendo por la simple agregación de nuevos espacios. Estos cambios, han configurado un paisaje urbano fragmentado, generando la pérdida irreversible de tierras agrícolas y lugares naturales que anteriormente albergaban una rica fauna y flora nativa, de alta significación y valor para la comunidad (Villagra & Felsenhardt, 2015; Espinoza et al., 2016).

A partir de la década de los 80´s comenzó un proceso sistemático de intervención, destrucción y relleno de los humedales urbanos y periurbanos de Valdivia con fines de habilitación (reclamación) como terrenos urbanizables y para el desarrollo inmobiliario

(Osorio, 2009; Rojas & Diez, 2012). Consecuentemente, a fines de los 80's se gestó uno de los cambios más radicales, con la aprobación en el año 1988 del nuevo Plan Regulador Comunal (PRC). Con este PRC, la expansión se enfocó en tres zonas: hacia el norte, en el área denominada Las Ánimas; hacia el sur, apuntado hacia sectores de carácter rural en Angachilla y Guacamayo, y hacia el poniente, pretendiendo urbanizar la Isla Teja completa, y el sector Torobayo, propugnando expandir el área urbana hasta la costa del Océano Pacífico (Lara 2017 & Espinoza et al., 2016).

En la actualidad, tanto los sectores bajos interiores como los sectores ribereños de los ríos Calle-Calle, Valdivia y Cruces, han sido objeto de rellenos artificiales en especial desde mediados del siglo XIX, a lo cual se suma el rebaje de la terraza del sector céntrico a principios del siglo XX (Rojas 2010; Rojas & Diez, 2013).

8.4.2. Material y métodos

La delimitación de humedales se realizó a través de fotointerpretación, para lo cual se utilizó un set de fotografías aéreas (Tabla 8.4.2.1) e imágenes satelitales (Tabla 8.4.2.3) desde el año 1945 hasta el presente.

Tabla 8.4.2.1
Set de fotografías aéreas utilizadas en este estudio.

VUELO AEROFOTOGRAMÉTRICO	INSTITUCIÓN	AÑO	ESCALA
TRIMETROGÓN	IGM	1943-44	1:40000
OEA	IGM	1961	1:50000
CH30	SAF	1979-83	1:30000
FONDEF	SAF	1995	1:20000

Del año 2000 en adelante, se utilizaron imágenes satelitales a fin de obtener una mayor cobertura superficial del área de estudio. No obstante, dada la baja resolución y para evitar imágenes satelitales defectuosas como Landsat 7 y su error de la línea del corrector de

exploración (slc-off), del año 2005 al presente, se utilizaron imágenes satelitales descargadas del software Google Earth Pro 7.3.

Tabla 8.4.2.1. Set de imágenes satelitales utilizadas en este estudio.

IMAGEN	PATH/ROW	FECHA	RESOLUCIÓN
LANDSAT 7 ETM	233/88	31 marzo 2000	30 m
GOOGLE EARTH	-	Enero 2005	4 m
GOOGLE EARTH	-	Abril 2010	4 m
GOOGLE EARTH	-	Enero 2015	4 m
GOOGLE EARTH	-	Marzo 2019	4 m

Una vez obtenidas las fotografías e imágenes a utilizar, estas se georeferenciaron en el software ArcGIS 10.5 con la herramienta “Georeferencing, estableciendo puntos de control que permiten distorsionar la imagen importada para buscar coincidencias en puntos de referencias comunes sobre otra ya georeferenciada, para lo cual se utilizó una imagen BingMap obtenida de la extensión “ArcBrutile 0.7”.

Una vez georeferenciado todo el set de imágenes en Proyección UTM 18S, Datum WGS84; se procedió a la fotointerpretación, tanto de los humedales como de las áreas urbanas de la ciudad. En el caso de las imágenes satelitales se fotointerpretó también el espejo de agua para cada año. Para realizar una comparación visual entre cada imagen georeferenciada, se utilizó la extensión “Effects” de ArcGIS.

Una vez obtenidos todos los polígonos, se calculó el área en hectáreas para cada humedal, la cual incluyó las áreas de vegetación, el espejo de agua y la superficie perdida entre un año y otro, ya sea por causas naturales, rellenos o expansión del área urbana. Este cálculo de áreas sólo se realizó para el set de imágenes satelitales, dado que las coberturas de las fotografías aéreas son muy disímiles entre sí, debido a la escala de cada una de ellas.

8.4.3. Resultados

La Figura 8.2.3.1 muestra una trama compacta del radio urbano de 1945, rodeado este de zonas agrícolas a distancias crecientes del casco urbano. Durante esta época, las áreas cubiertas por humedales aún no eran tan notorias; no obstante, en la fotografía correspondiente al año 1961, es decir, posterior al gran terremoto de 1960, ya se aprecia la gran cantidad de superficie inundada, dando paso a la conformación de la amplia red de humedales que hoy se observa en Valdivia.

Si bien, la mayor parte de la ciudad sufrió grandes cambios geomorfológicos tras el terremoto - principalmente en cuanto a la subsidencia - en la Figura 9.2.3.1 es posible observar unas pequeñas zonas que no quedan dentro del polígono correspondiente a las áreas de inundación y/o humedales. La Figura 9.2.3.1 también evidencia el crecimiento de la ciudad hacia la periferia, comenzando a aparecer de modo gradual las llamadas “islas fluviales” (Osorio, 2019), lo que llegó a requerir de nuevas vías de acercamiento dando origen a la fragmentación de la trama urbana. La ciudad comenzó a crecer de espaldas al río y al mismo tiempo, se comenzó a poblar la zona sur de Isla Teja (ver Fig. 9.2.3.2; año 1979). Ya en el año 1995 (Fig. 9.2.3.2), era posible apreciar las primeras áreas de humedales que habían sido rellenadas y posteriormente construidas.

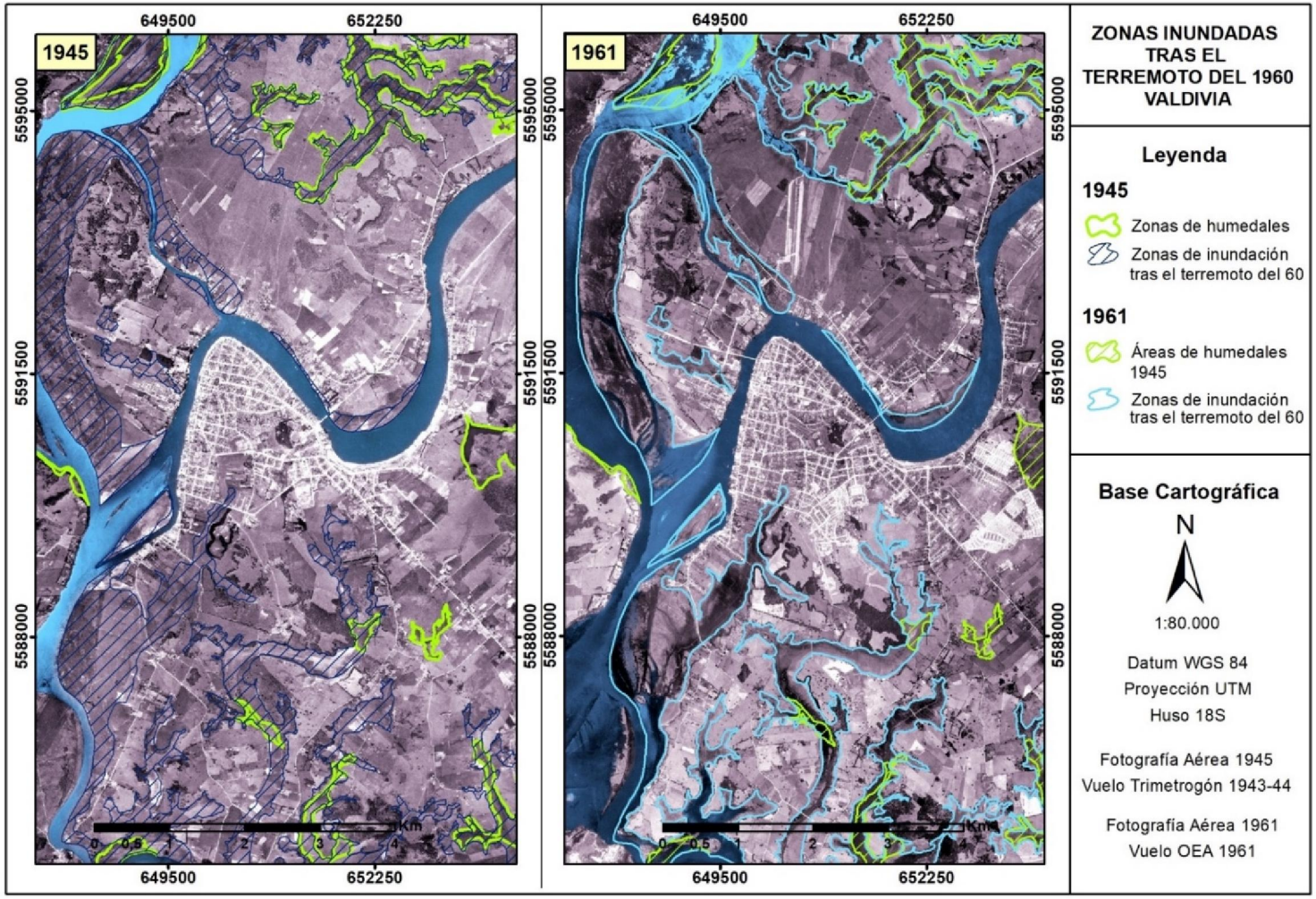

Figura 8.4.3.1

Foto interpretación de la superficie ocupada por humedales en el año 1945 y las áreas inundadas de la ciudad (foto interpretación del año 1961) tras el terremoto de 1960.

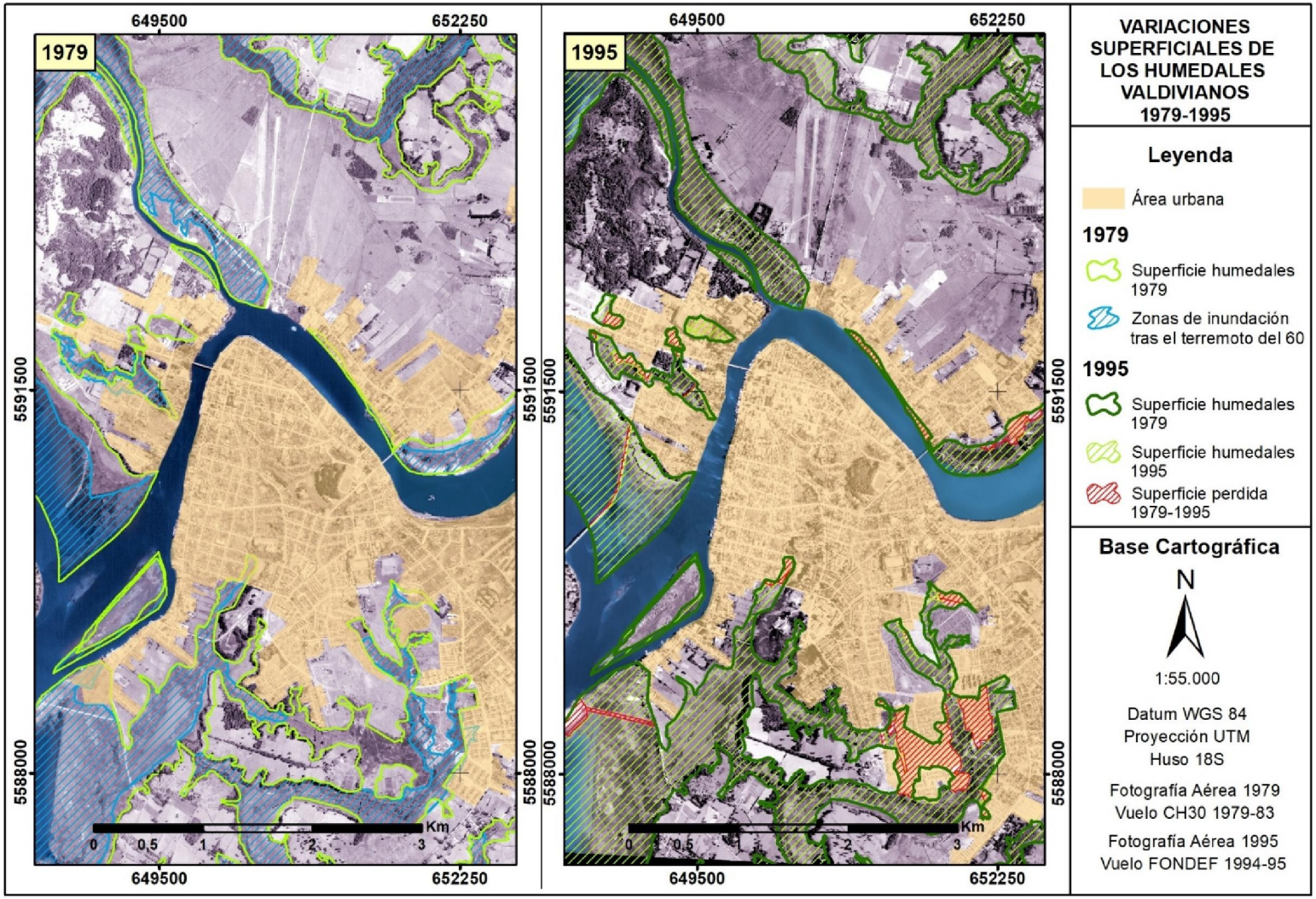

Figura 8.4.3.2

Superficie ocupada por el área urbana y los humedales en 1979 y 1995.

La Tabla 8.4.3.1 muestra que los humedales urbanos de Valdivia han tenido una pérdida superficial de 158,2 ha durante la primera década, y de 351,5 ha desde el 2010 al presente. Es decir, la superficie ocupada por los humedales ha disminuido de un 4,1% entre los años 2000 y 2010 a un 9,5% entre los años 2010 y 2019. Entre los años 2000 y 2005 se observa una tendencia a disminuir las áreas intervenidas dentro de los humedales aumentando prácticamente al doble entre los años 2005 y 2010; y 2010 y 2015, respectivamente. Del 2015 a lo que lleva de este año, las áreas intervenidas o pérdidas por causas naturales que han tenido los humedales, pareciera ir descenso.

Tabla 8.4.3.1.
Superficie del área de humedales en la ciudad de Valdivia y superficie perdida entre los años 2000 y 2019.

AÑO	ÁREA HUMEDALES (HA)	ÁREA PERDIDA (HA)	ÁREA CUERPO DE AGUA DENTRO DEL HUMEDAL (HA)
2000	3856,1	77,8	842,3
2005	3801,0	54,0	751,6
2010	3697,9	103,1	699,4
2015	3462,2	235,6	580,6
2019	3346,4	120,4	574,5

Las superficies perdidas por los humedales, han tenido como causas primarias, los rellenos para posterior construcción de viviendas, puentes, etc., además de causas naturales, tales como sequía. Hasta el año 2005, todavía era posible observar un crecimiento urbano paulatino, abarcando zonas más bien céntricas y hacia el norte de Valdivia (Fig. 8.4.3.3). No obstante, con posteridad al año 2005 la expansión urbana se aceleró - principalmente después de la proclamación de la nueva región - ocupando principalmente la zona sur de la ciudad, tales como los sectores Llancahue y Santo Domingo, caracterizados en su mayoría por la presencia de humedales (ver Fig. 8.4.3.4 con foto interpretaciones de los años 2010 y 2015 y Fig. 8.4.3.5 con sectores de Valdivia).

Este crecimiento de las superficies urbanas se ha localizado de manera preferencial sobre los humedales, por lo que estos han disminuido progresivamente su superficie. En conjunto con los humedales, el espejo de agua presente al interior de estos, también ha ido disminuyendo su área. No obstante, cabe señalar que este estudio se realizó tomando como referencia imágenes capturadas en distintos meses del año.

La Figura 8.4.3.2 muestra la acelerada fragmentación de las áreas de humedales durante los últimos 19 años y que hasta hace un par de décadas se encontraban conectados Es posible observar también, que la creciente tendencia de rellenar los humedales en las zonas más consolidadas se ha presentado mayoritariamente en el sur de la ciudad; en el sector norte pareciera existir una desaceleración de esta tendencia.

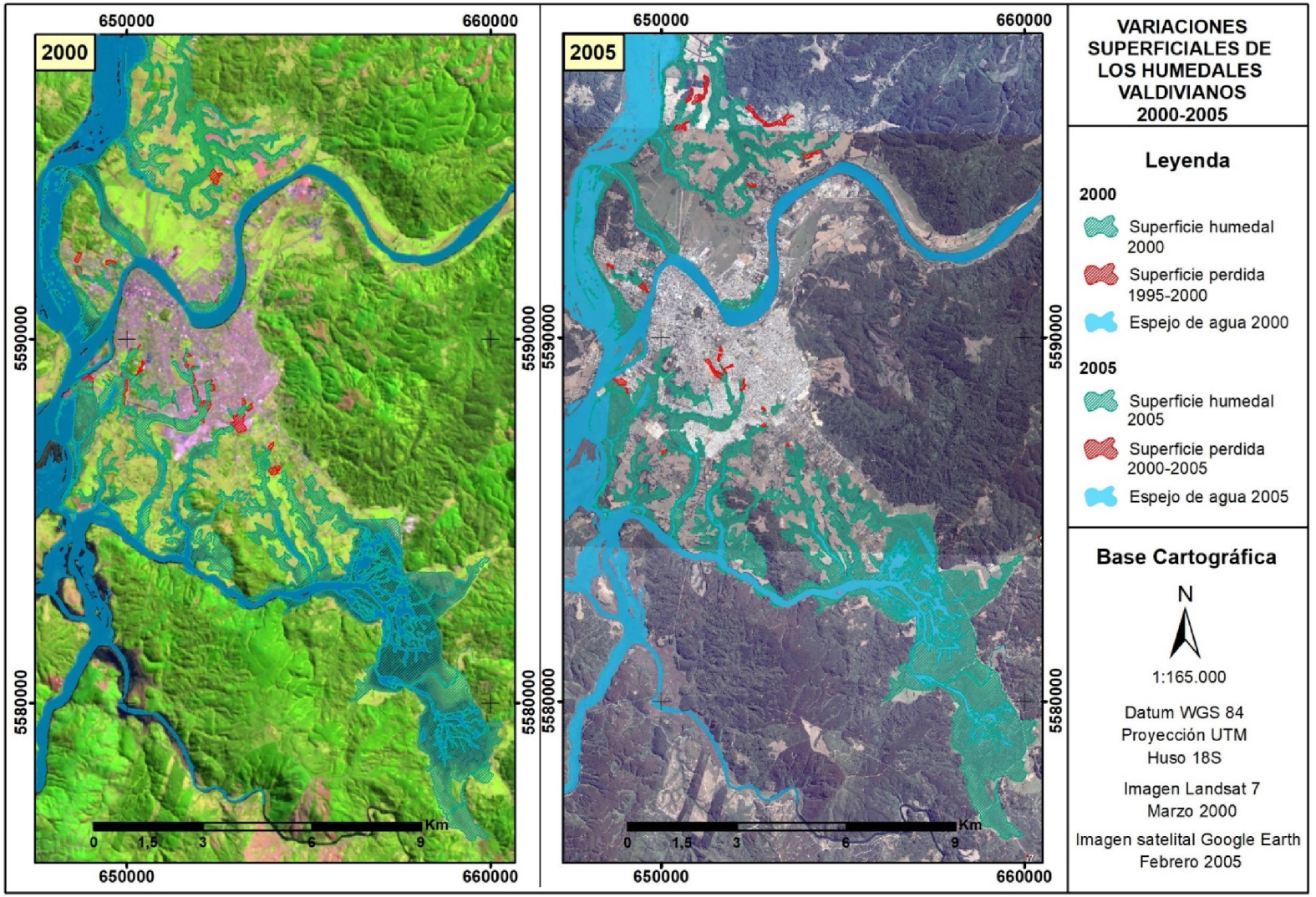

Figura 8.4.3.3.

Superficie ocupada por los humedales en los años 2000 y 2005.

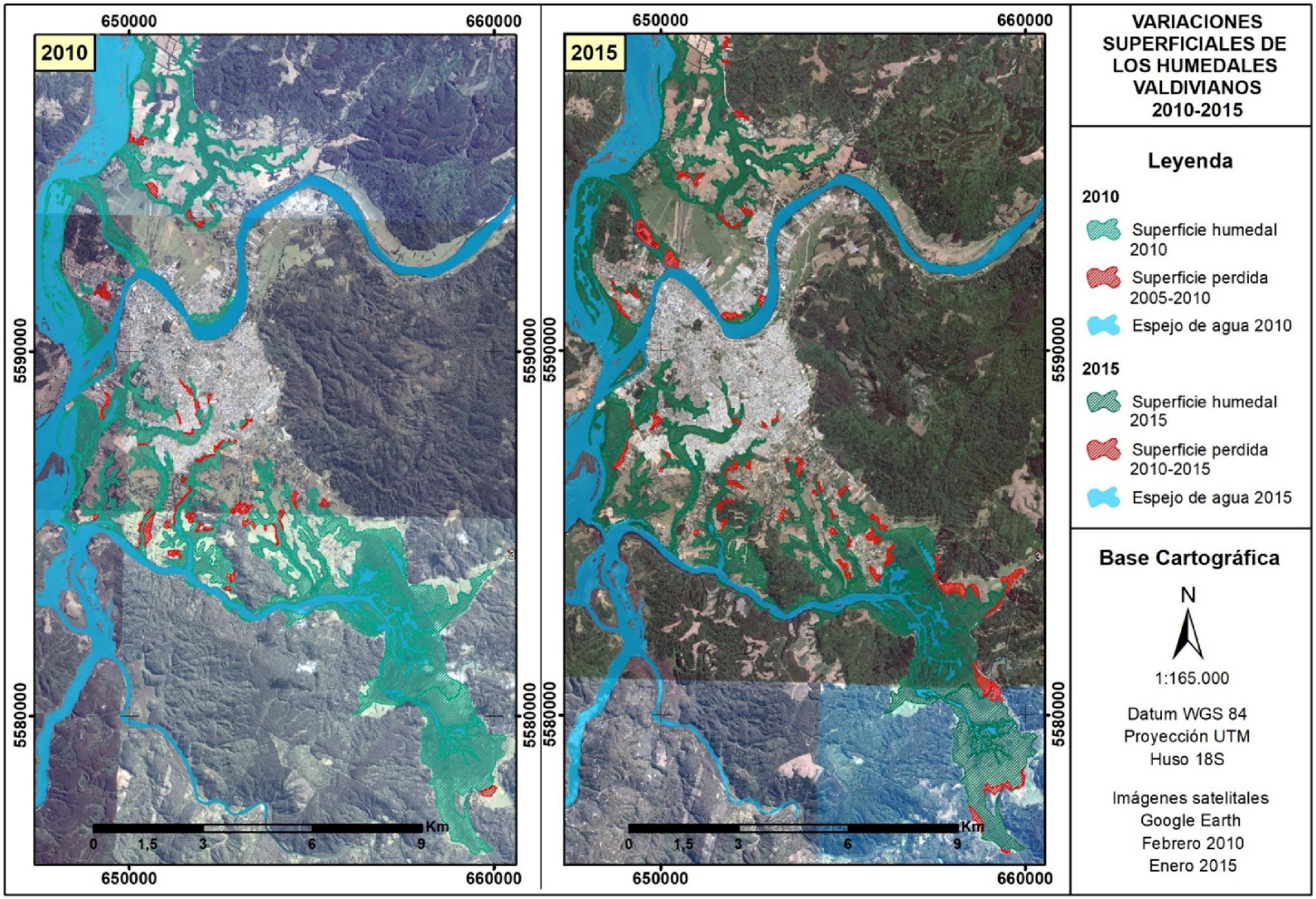

Figura 8.4.3.4.

Superficie ocupada por los humedales en los años 2010 y 2015.

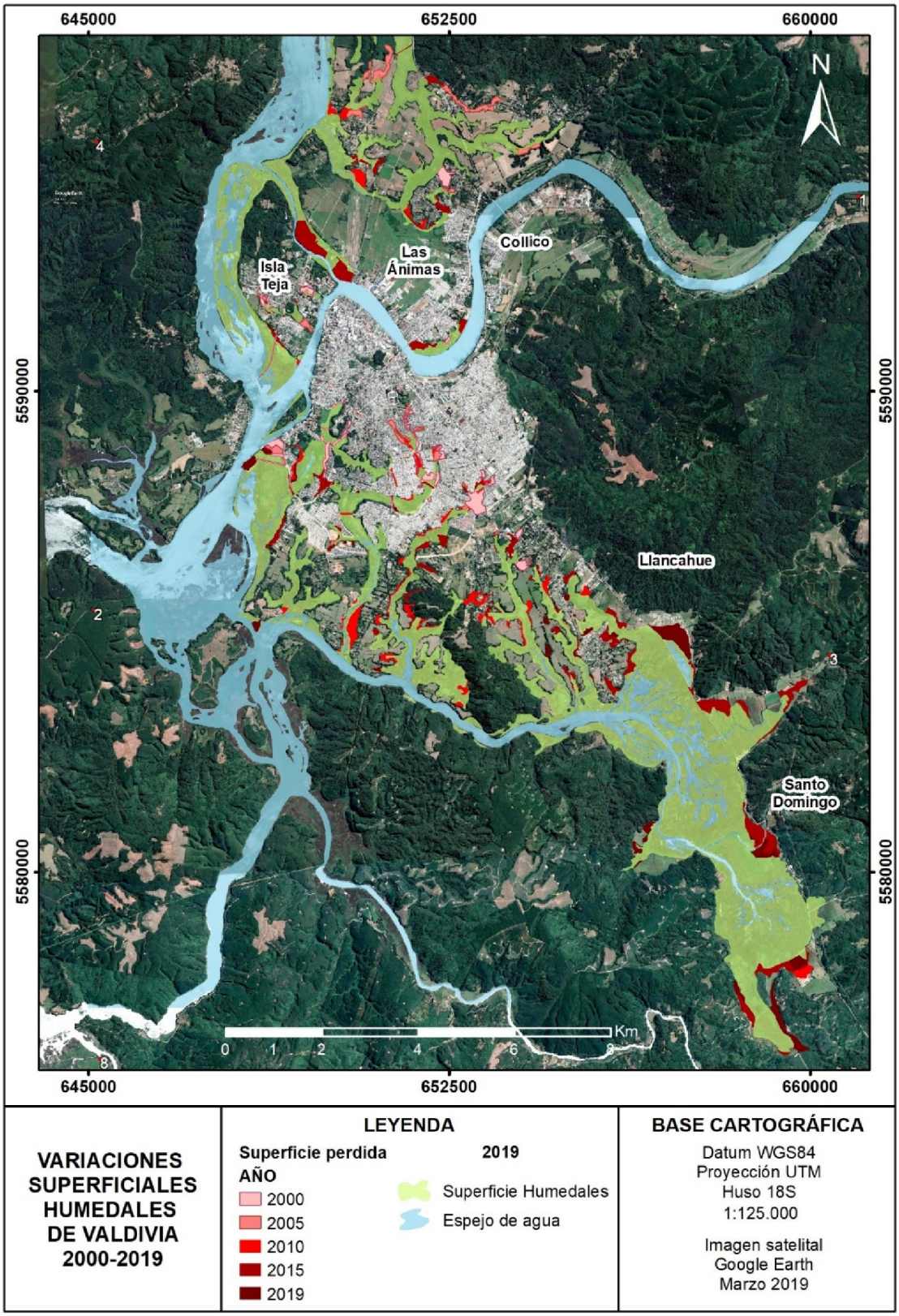

Figura 8.4.3.5.
Superficie de humedales perdida desde el año 2000 a la actualidad

8.4.4. Conclusiones

Las zonas donde se emplazan actualmente los humedales de Valdivia corresponden a las áreas inundadas tras el terremoto del año 1960. Hasta hace un par de décadas atrás - del año 1960 en adelante - existió una clara conectividad entre los humedales de Valdivia.

Gran parte de los humedales se encuentran en la zona sur de la ciudad, lo que ha interrumpido la expansión natural del manto urbano de la ciudad, generando las “islas fluviales”, reclamadas para la edificación de viviendas. El proceso de edificación de viviendas en estas “islas fluviales”, resultó en la interrupción de los brazos de los humedales y consecuentemente, en pérdida de la continuidad de los mismos debido primariamente a actividades de relleno.

Por último, cabe destacar que las áreas inundadas a causa del terremoto de 1960 han sido ocupadas por áreas construidas a pesar de sus orígenes geomorfológicos. No obstante, tanto los privados como los organismos públicos - no consideran el riesgo inminente que significa rellenar y construir sobre espacios cuyo origen fue la ocurrencia de una perturbación natural de gran escala.

8.4.5. Referencias

BORSDORF, Axel. (2000). El desarrollo urbano de Valdivia: estudio de caso en una ciudad mediana. Innsbruck, Austria: Instituto de Geografía de la Universidad de Innsbruck, Espacio y Desarrollo n° 12, 45-81.

ESPINOZA, D., & Zumelzu, A. (2016). Valdivia y su evolución post-terremoto 1960: Enfoques, factores escalares y condicionantes. Urbano, 19(33), 14-29.

ESPINOZA, D.; Zumelzu, A.; Burgos, R. y Mawromatis, C. (2016). Transformaciones espaciales en ciudades intermedias: el caso de Valdivia-Chile y su evolución post-terremoto. Arquitectura y Urbanismo, vol. XXXVII, núm. 3.

LARA, M. (2017). La ordenanza de protección de humedales de Valdivia: Una construcción ciudadana en respuesta a la desprotección de los humedales urbanos. Revista Planeo n° 31, Desarrollo Local n°54.

OSORIO, F. (2009). Impacto del Crecimiento Urbano en el Medio Ambiente del Humedal de Valdivia 1992-2007. Tesis para optar al grado de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. Facultad de Arquitectura y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

PAREDES, D. (2010). Determinación de Amenazas en Humedales Urbanos: Estudio de Tres Humedales de Valdivia, Chile. Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniera en Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

ROJAS, C. (2010). Valdivia 1960. Entre Aguas y Escombros. Ediciones Universidad Austral de Chile, Valdivia.

ROJAS, C. y Diez, S. (2013). El Terremoto chileno del 27 de febrero de 2010: análisis preliminar de las consecuencias en la ciudad de Valdivia. Investigaciones Geográficas 60: 139-153.

VILLAGRA, P. y Felsenhardt, S. (2015). El paisaje urbano de emergencia en Valdivia, Chile: Contribuciones a la planificación y el diseño urbano post-desastre para la restauración. Revista INVI 83:19-76.