



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

Caracterización ecológica del Humedal Urbano Río Claro en Talca, Región del Maule.

Profesor patrocinante: Sr. Luciano Caputo Galarce.
Profesor copatrocinante: Sr. Pablo Ignacio Fierro Retamal.

Tesina presentada como parte de los requisitos para optar al Título de
Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales.

Javiera Paz Rosas Valdés

VALDIVIA 2022

Calificación del Comité de Titulación

Patrocinante:	Sr. Luciano Caputo	6,8
Co Patrocinante:	Sr. Pablo Fierro	6,0
Informante:	Sr. Alexis Castillo	5,0
Informante:	Sr. Diego Machacan	6,7

El Patrocinante acredita que la presente Tesina cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplada en el Reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L. Caputo', is written over a horizontal line. The signature is fluid and cursive.

Dr. Luciano Caputo

Agradecimientos

Quisiera agradecer a todos lo que hicieron posible este estudio. Mis profesores guías, los que me ayudaron desde el inicio a darle forma a esta iniciativa de origen socio ambiental. Estimado Dr. Luciano Caputo y Dr. Pablo Fierro, muchas gracias por ayudarnos a proteger un rincón de nuestro río. Agradecer a la agrupación Bajo en Comunidad, quienes le dan sentido a este trabajo, pues sé que esta información no solo quedará en papel, sino que servirá para el cuidado del Bajo y otros humedales de la zona. Finalmente agradecer a mi familia, asistentes fieles en terreno, que siempre me han apoyado y creído en mí. Marco Rosas y Paola Valdés, gracias por ayudarme a alcanzar todas mis metas y sueños.

Sin ustedes esta experiencia no habría sido tan gratificante ni enriquecedora como lo fue, muchísimas gracias de todo corazón.

Dedicatoria

*Para mí amado padrino, tío y amigo, **Raúl Jesús Valdés Pino**, quien siempre me motivó aperseguir mi felicidad con valentía.*

*Para mí amada abuela y compañera de lecturas, **Gladys Rozas Burgos**, quien me cuidó desdepequeña nutriéndome de sabiduría.*

¡Un abrazo al cielo, se logró!

I. Resumen

Los humedales han desaparecido progresivamente a lo largo de los últimos años debido a la acción humana, estos ecosistemas albergan una alta biodiversidad de especies y proveen de variados servicios ecosistémicos. La preocupación por los humedales urbanos surge debido a que se encuentran más expuestos a las actividades antrópicas y a la vez juegan un rol fundamental en la salud de las urbes. Actualmente existe conocimiento fragmentado sobre las dinámicas de la biota y el estado ecológico de los humedales urbanos, lo que dificulta su adecuada gestión y conservación. En el presente trabajo se realizó un estudio que permitió caracterizar una zona del humedal urbano Río Claro, constituida por 11 cuerpos de agua, se utilizaron características del hábitat como: parámetros físicoquímicos del agua, diversidad de florística y los ensambles de macroinvertebrados, para así disponer de criterios de valoración de su estado ambiental, sumado a un mapeo espacial de las amenazas. Se concluye que los sólidos disueltos y el pH se correlacionan positivamente con los Índices de diversidad de Shannon Weaver y Margalef, índices que en conjunto con las taxa como Odonatos, Coleópteros y Dípteros serían buenos indicadores de calidad ambiental para los cuerpos de agua estudiados. Se espera que esta información sirva como base para futuros estudios en la zona y posteriores planes de manejo para el Humedal Urbano Río Claro.

Palabras clave: Macroinvertebrados, bioindicadores, diversidad, perturbaciones antrópicas.

Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1 Humedales en Chile y el mundo.....	6
2.2 Principales amenazas para la conservación de los humedales dulceacuícolas.....	7
2.3 Determinación cartográfica de humedales.....	8
2.4 Hidrología de humedales ribereños.....	9
2.5 Estado ecológico de los humedales y uso de bioindicadores.....	9
3. METODOS.....	11
3.1 Descripción del área de estudio.....	11
3.2 Caracterización de atributos espaciales de los humedales y de las amenazas.....	15
3.3 Características fisicoquímicas del agua.....	16
3.4 Muestreo y determinación taxonómica de macroinvertebrados.....	16
3.5 Diversidad florística: vegetación hidrófila.....	16
3.6 Análisis estadísticos de los datos.....	17
4 RESULTADOS.....	17
4.1 Atributos espaciales y amenazas de los humedales.....	17
4.2 Características abióticas del humedal.....	21
4.3 Ensamble de macroinvertebrados.....	23
4.4 Composición vegetacional.....	27
5. DISCUSIÓN.....	27
6. CONCLUSIÓN.....	31
7. REFERENCIAS.....	32
ANEXOS.....	37
1. Imágenes de los sitios estudiados.....	37
2. Imágenes representativas de las taxa dominantes y subdominantes.....	48

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución espacial de los humedales del Río Claro donde el área sombreada representa las masas de agua en estudio y su distancia relativa a la ciudad de Talca, sector poniente.	11
Figura 2. Ubicación de la Cuenca Río Maule con indicación de la Sub Cuenca Río Claro y los sitios de conservación a lo largo del corredor biológico del río Claro.	12
Figura 3. Imagen aérea de camiones lanzando residuos al humedal Río Claro, sector las tinajas.	14
Figura 4. Representación cartográfica de los cuerpos de agua y los usos de suelo ligados a las actividades humanas durante el periodo de monitoreo 2021.	18
Figura 5. Representación cartográfica de los cuerpos de agua y los usos de suelo ligados a las actividades humanas durante el periodo de monitoreo 2022.	19
Figura 6. Resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP): Distribución de los humedales en función de la variabilidad ambiental registrada durante la temporada de alto caudal. PC1: 52,1% de variación; PC2: 25,4% de variación.	21
Figura 7. Resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP): Distribución de los humedales en función de la variabilidad ambiental registrada durante la temporada de bajo caudal. PC1: 51,3% de variación; PC2: 25,7% de variación.	22
Figura 8. Contraste de los Índices de Diversidad de Shannon Weaver. A) Corresponde a la temporada de alto caudal (septiembre, 2021) B) Corresponde a la temporada de bajo caudal (abril, 2022). Los valores de los sitios para la temporada de alto y bajo caudal se encuentran ordenados de menor a mayor.	24
Figura 9. Contraste de los Índices de Margalef. A) Corresponde a la temporada de alto caudal (septiembre, 2021) B) Corresponde a la temporada de bajo caudal (abril, 2022). Los valores de los sitios para la temporada de alto y bajo caudal se encuentran ordenados de menor a mayor.	25
Figura 10. Se muestran los resultados del análisis de Similaridad de Bray- Curtis usando la matriz de macroinvertebrados presentes en los humedales durante el periodo de alto caudal (septiembre, 2021).	26
Figura 11. Se muestran los resultados del análisis de Similaridad de Bray- Curtis usando la matriz de macroinvertebrados presentes en los humedales durante el periodo bajo caudal (abril, 2022).	26

Índice de Tablas

Tabla 1. Área de los atributos espaciales dentro del área buffer de 50 metros de radio en torno a los humedales estudiados, para la temporada de alto caudal (septiembre, 2021).	20
Tabla 2. Área de los atributos espaciales dentro del área buffer de 50 metros de radio en torno a los humedales estudiados, para la temporada de bajo caudal (abril, 2022).	20
Tabla 3. Índices bióticos estimados en base a las comunidades de macroinvertebrados colectados en la temporada de alto caudal (septiembre, 2021).	23
Tabla 4. Índices bióticos estimados en base a las comunidades de macroinvertebrados colectados en la temporada de bajo caudal (abril, 2022).	24
Tabla 5. Riqueza de especies hidrófitas y proporción de especies autóctonas para cada uno de los 11 cuerpos de agua en estudio. Columnas grises indican la ausencia de datos por la desaparición del sitio.	27

1. INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas que transitan entre sistemas terrestres y acuáticos, de variadas características hidrobiológicas. Su importancia radica en que estas masas de agua albergan una alta diversidad de flora y fauna, asimismo suministran a las comunidades humanas amplios beneficios, como la provisión de agua y materias primas, regulando los riesgos naturales, entre otros. Son además ecosistemas de gran relevancia por las funciones ecosistémicas que proveen, siendo así, reservorios de biodiversidad, reguladores flujos hídricos y sumideros de carbono. De esta forma los humedales son esenciales para mitigar los efectos del cambio climático y aumentar la resiliencia del territorio.

Actualmente, los ecosistemas acuáticos están siendo fuertemente afectados por la acción humana y los distintos factores del cambio global en las cuencas, en muchos casos debido a la falta de gestión integrada de cuencas y planes de ordenamiento territorial. En particular, los humedales urbanos son altamente sensibles a los cambios de uso de suelo en las cuencas, la expansión urbana, la contaminación química, y la descarga de todo tipo de residuos desde fuentes puntuales o difusas. El efecto interactivo de estos estresores altera el funcionamiento de los humedales y pone en riesgo su conservación tanto a escala local como global. Entre las principales consecuencias de las perturbaciones en los humedales se encuentra la pérdida de la biodiversidad, afectaciones a la salud humana y conflictos sociales. En general las actividades humanas desreguladas, sumadas al cambio climático, provocan el deterioro progresivo de los humedales, expresándose comúnmente en alteraciones de sus atributos hidrológicos, geomorfológicos y bióticos. Para prevenir y remediar los efectos antrópicos sobre los humedales es necesario conocer y monitorear periódicamente los atributos del ecosistema, así como también contar con condiciones de referencia del estado ecológico de humedales expuestos a un bajo nivel de perturbaciones humanas.

El monitoreo de los atributos ecológicos de los humedales como la estructura de la vegetación hidrófita, la composición del ensamble de macroinvertebrados, parámetros fisicoquímicos, entre otros, podrían ser elementos del ecosistema que permitan identificar los efectos de los estresores antrópicos sobre los cuerpos de agua. El uso de macroinvertebrados como bioindicadores permite evidenciar los cambios ambientales dentro del cuerpo de agua gracias a su alta sensibilidad a las alteraciones del ecosistema. La particularidad de sus requerimientos ecológicos para las distintas taxa de macroinvertebrados genera un recambio de organismos en ambientes contaminados en comparación a ambiente no contaminados, lo que los convierte en buenos bioindicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos.

A lo largo del territorio chileno la información existente sobre los humedales es parcial y/o fragmentada, de aquí radica la importancia de estudiarlos y comprender sus dinámicas, pues la falta de información dificulta su adecuada gestión. Existe una alta diversidad de tipos de humedales a lo largo de Chile, así también las amenazas a las que están expuestos varían y son contexto dependientes según el territorio en el que se encuentren. Es por ello que la gestión local de humedales se vuelve necesaria, siendo para ello fundamental conocer las características socio ecológicas particulares de los humedales y las presiones humanas del territorio.

Este trabajo se focaliza en la subcuenca río Claro, específicamente en la zona sur poniente de la ciudad de Talca, donde se desarrolla una parte del humedal urbano Río Claro (Figura 1). La zona de estudio se caracteriza por ser altamente variable en su hidromorfología, debido a que está expuesta a diversas presiones antrópicas, cuya intensidad se ha incrementado durante los últimos años. Históricamente los humedales del río Claro han sido utilizados como vertedero ilegal de escombros y residuos agroquímicos tóxicos, para la extracción ilegal de áridos y a la expansión del radio urbano. Considerando lo anterior se espera que sea el grado de perturbación antrópica el que explique la variabilidad en las características ecológicas de los distintos cuerpos de agua a estudiar.

Los objetivos generales de este estudio son 1) Caracterizar los atributos ambientales de los humedales y 2) Evaluar el estado ecológico del sector sur del humedal Río Claro (Figura 1). Zona sur de Talca, Río Claro) usando a los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad ambiental

Objetivos específicos:

1. Conocer la distribución espacial de las amenazas de origen humano en el área de influencia de los humedales.
2. Realizar una caracterización física, química y biológica (flora y fauna) en los 11 cuerpos de agua, pertenecientes al Humedal urbano Río Claro.
3. Recabar información ambiental base que permita establecer criterios ecológicos para la elaboración de planes de manejo, gestión y monitoreo de largo plazo que propendan a favorecer la conservación de humedales del Río Claro.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Humedales en Chile y el mundo

De acuerdo con la Convención de Ramsar los humedales son definidos como “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda seis metros”. La biodiversidad, funcionamiento e interacciones presentes en estos ecosistemas son determinadas por las condiciones hidroclimáticas a las que se ven sometidos estos humedales (Ministerio de Medio Ambiente 2014).

A escala global la extensión de los humedales ha disminuido entre un 85 % a nivel global siendo la acción humana la principal causa de desaparición y degradación, en Chile estos ecosistemas de agua dulce se encuentran gravemente afectados, especialmente en la zona norte y mediterránea (Rojas *et al* 2019). Según el Ministerio de Medio Ambiente, en Chile existe una gran diversidad de humedales debido a la variabilidad hidro-climáticas de su geografía. En el norte de Chile encontramos salares, lagunas andinas, vegas y bofedales, dominados por la influencia de procesos de evaporación y radiación. Hacia el sur de Chile, debido al aumento de las precipitaciones, encontramos humedales que presentan más vegetación y suelos más anegados, formando mallines, humedales ribereños, palustres, lacustres y turberas. A lo largo de toda la costa chilena se encuentran humedales como estuarios y marismas, mientras que en torno a la Cordillera de los Andes están presentes vegas, ríos, lagos y lagunas. En la zona central de Chile, dominada por un clima mediterráneo, predominan sistemas de valles transversales, con la presencia de ríos, lagos y esteros permanentes o temporales (MMA- ONU Medio Ambiente 2022).

Actualmente Chile se encuentra en un proceso de reconocimiento y evaluación de humedales. El catastro nacional de humedales identifica un total de 2.018 humedales correspondiendo a 783.205 ha a nivel nacional, 72,99 % de estos humedales se ubican total o parcialmente dentro del área urbana, abarcando 732.791 ha, siendo el resto humedales ubicados en áreas rurales o periurbanas (Edáfica, 2020). Tal es la magnitud de distribución de los humedales urbanos que la caracterización de estos ambientes, sus amenazas (estresores) y el monitoreo de estos ecosistemas resulta crucial para elaborar planes de gestión y manejo para la protección de los humedales a nivel nacional.

En virtud de que los humedales urbanos contribuyen al bienestar humano, a la salud de las personas y el ecosistema, surge la necesidad de protección y conservación de estos ecosistemas

acuáticos mediante la Ley de Protección de Humedales Urbanos (Ley 21.202), la cual establece criterios mínimos para la protección, conservación y preservación de los humedales urbanos, con la finalidad de resguardar sus características ecológicas, funcionamiento y el régimen hidrológico superficial y subterráneo (BCN 2022). La protección legal de humedales urbanos implica, por una parte, incrementar la información disponible sobre los humedales urbanos (estructura y funcionamiento), así como también impulsar oportunidades de gobernanza activa por parte de los municipios sobre sus ecosistemas locales que propendan a la protección colectiva de las masas de agua y permita la coordinación intersectorial de los organismos de control, considerando la participación ciudadana (Cuadra y Duran 2021).

2.2 Principales amenazas para la conservación de los humedales dulceacuícolas.

Los impactos asociados a los ecosistemas de humedales pueden ser de tres tipos según se menciona en la Guía para facilitar la gestión de las denuncias sobre actividades que afectan a los Humedales, propuesta por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA 2021). Existen presiones humanas en la cuenca que alteran la estructura física y las características químicas de las masas de agua con impactos en la biodiversidad de los humedales.

Por una parte, la extracción de áridos, los basurales clandestinos, la modificación en el cauce y/o drenaje de humedales destacan como las principales presiones que ponen en riesgo la conservación de estos sistemas acuáticos. Dentro de los impactos negativos de las presiones humanas sobre humedales se encuentra la pérdida de hábitat, las alteraciones hidrológicas, geomorfológicas con impactos demostrados en diversidad. Por otra parte, el deterioro de la calidad del agua de los humedales debido a contaminación química por pesticidas, fertilizantes, riles, hidrocarburos, entre otros, destacan como las principales afecciones de los humedales (MMA - ONU Medio Ambiente 2021). Finalmente están las afectaciones biológicas, los cuales se refieren a los efectos asociados a las comunidades bióticas y a la pérdida de biodiversidad debido a la sobreexplotación de los recursos naturales, introducción de especies exóticas como el *Ulex europaeus*, entre otros. (MMA - ONU Medio Ambiente 2021).

En específico los humedales urbanos se encuentran expuestos a la sucesiva alteración de sus flujos hídricos, esto debido a los cambios ocasionados por el desarrollo de las ciudades. El aumento de la impermeabilización de los suelos de la urbe, a través del aumento de calle, veredas, estacionamientos, entre otros ocasiona un aumento en escorrentía superficial, lo que produce una

disminución de la cantidad de agua infiltrada y por lo tanto una disminución en el almacenamiento de aguas subterráneas, así también, otra problemática se encuentra asociada a la carga de contaminantes como pesticidas y fertilizantes, que contienen las descargas fluviales hacia estos cuerpos de agua desde las ciudades, ocasionan problemas para la salud de los humedales (Rodríguez-Jorquera *et al* 2020).

2.3 Determinación cartográfica de humedales.

Los datos geográficos son esenciales para la conservación y manejo de los humedales, pues permiten conocer y clasificar las condiciones espaciales de sus componentes, como uso de suelo, altitud, hidrología, intervenciones humanas, etc. Conocer la distribución y extensión de los humedales es esencial para su evaluación y monitoreo, pues permite establecer los límites y escalas a la hora de planificar estrategias de manejo (Lowry 2007).

Establecer la distribución espacial de humedales y los límites físicos de estas masas de aguas es una tarea compleja. Actualmente, según lo establece la Ley de Protección de Humedales Urbanos, para la representación cartográfica del área de los humedales urbanos se utilizan al menos 1 de 3 criterios: presencia de vegetación hidrófita, suelos hídricos con mal drenaje o sin drenaje y/o un régimen hidrológico de saturación, ya sea permanente o temporal. La Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile permite comprender la aplicación de estos criterios (Ministerio de Medio Ambiente 2022)

Por una parte, la vegetación hidrófita, macrófitas vinculadas a la disponibilidad permanente de agua, como instrumento de delimitación de humedales responde al siguiente procedimiento, la cobertura vegetal dominante (>50%) muestreada debe corresponder a plantas hidrófitas o halófitas, para que el sitio sea considerado humedal. Adicionalmente, para la delimitación en función de la presencia de suelos hídricos, se utilizan características de suelos reducidos, es decir, que presentan reacciones químicas de oxidación-reducción, para determinar si el suelo se encuentra saturado por agua. Finalmente, para utilizar el criterio vinculado al régimen hídrico, se subdividen los indicadores en 4 categorías: 1) observaciones de aguas superficiales o suelos saturados, 2) evidencia de inundación reciente, 3) evidencia de saturación reciente y 4) evidencia desde otras condiciones del lugar o datos, siendo importante considerar la posición del humedal en el paisaje, así como la biogeografía presente la cual determinará el grado de humedad en la zona y por lo tanto cuáles son los indicadores para evaluar los criterios antes mencionados (Ministerio de Medio Ambiente 2022)

2.4 Hidrología de humedales ribereños

Los humedales ribereños se constituyen por un flujo superficial continuo y usualmente permanente, junto a la llanura de inundación, incluyendo además los valles y laderas influidas por el flujo superficial y/ o subterráneo (Jackson *et al* 2014). La particularidad de la zona de humedal referida a la llanura de inundación radica en su característica de ecotono, entre el ecosistema terrestre y el cauce principal de cuenca, esto permite que esta zona del ecosistema de humedal posea un rol comunicador, permitiendo un flujo horizontal de especies, así como también, un flujo longitudinal a lo largo del continuo fluvial conectando ecosistemas de montaña con las zonas costeras y oceánicas (Rodríguez 2003). Además, los humedales ribereños cumplen un rol fundamental en la recarga de napas subterráneas y amortiguan grandes crecidas del caudal.

La heterogeneidad de los humedales ribereños radica en la variación de pulsos hidrológicos entre inundaciones y sequías, que gracias a la influencia de las napas subterráneas, constituyen una zona altamente productiva, incluso más que el ecosistema terrestre adyacente y el cauce principal. Las características hidrológicas y bio-geoquímicas variables, favorecen el desarrollo de una alta diversidad de especies, así mismo, la alta productividad de las llanuras de inundación permite sostener muchas veces las redes tróficas del cauce fluvial principal debido a sus altos aportes de carbono orgánico (Montes del Olmo 2003). De esta forma las dinámicas ecosistémicas dependen, entre otras cosas, de los procesos hidrológicos característicos del humedal, es así como tener conocimiento del hidropериодо, es decir, comprender la estacionalidad de la inundación, frecuencia, duración y profundidad del cuerpo de agua, permitirá caracterizar tanto los procesos hidrológicos, en torno a las entradas y salidas de agua, así como el desarrollo de las comunidades bióticas que habitan estos ecosistemas (Van der Hammen *et al* 2008).

2.5 Estado ecológico de los humedales y uso de bioindicadores

Para establecer el estado ecológico de los ecosistemas de humedales es necesario contar con indicadores fisicoquímicos como temperatura, concentración de oxígeno en el agua, conductividad, pH, nutrientes (fosfatos, nitratos, amonio) y ciertos contaminantes específicos. Así también se debe considerar información entregada por indicadores biológicos como la flora acuática, fauna bentónica (ej. invertebrados acuáticos) y/o ictiofauna. Por último, es importante también contar con indicadores

hidromorfológicos, como el régimen hidrológico, continuidad del río y condiciones morfológicas.

Estos parámetros sirven para clasificar el estado de degradación de los cuerpos de agua a causa de las presiones antrópicas y distinguir qué características ecológicas serán necesarias modificar o resguardar para lograr un mejor estado o un estado de referencia. En algunos casos la intensidad de la ocupación humana por las sucesivas perturbaciones antrópicas a las que se han sometido estos ecosistemas hacen difícil establecer condiciones ambientales de referencia que definan su estado ecológico original, por lo que es determinada según el contexto de la cuenca (Montes et al, 2007). Por lo que la condición de referencia hace alusión a un ecosistema de baja o nula perturbación humana, que pertenezca a la misma región o sistema, dependiendo de la escala de análisis (Comité Nacional de Restauración Ecológica 2018)

El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de ecosistemas dulceacuícolas es útil ya que estos organismos poseen requerimientos ecológicos específicos, lo que los hace responder rápidamente a variaciones ambientales (Gil 2014). Debido a que son sumamente sensibles a cambios en las condiciones ambientales en el corto plazo y a su limitada movilidad, es que la composición del ensamble de macroinvertebrados en un área representará una respuesta a las alteraciones localizadas, además desde la perspectiva de muestreo son, en general, fáciles de recolectar, abundantes y de amplia distribución (Fierro *et al* 2012). Algunas desventajas que se pueden presentar utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, es la falta de información sobre ciertos grupos taxonómicos y las variaciones estacionales o dinámicas de las poblaciones de macrófitos que puedan interferir en la interpretación de los resultados (Gamboa *et al* 2008).

En el contexto de los humedales se ha establecido una relación positiva entre la abundancia relativa, la diversidad de especies, la heterogeneidad vegetal, la profundidad de los humedales, la calidad del agua y el porcentaje de área natural (Villagrán-Mella *et al* 2006). Los macroinvertebrados dulceacuícolas han sido utilizadas como indicadores de los efectos de la urbanización sobre humedales de la Región del Bío Bío, indicando que la pérdida de hábitat, eutrofización y contaminación disminuyen la riqueza y abundancia de macroinvertebrados (Novoa *et al* 2020). En particular, se ha evidenciado que la urbanización impacta negativamente a las comunidades de macroinvertebrados, observándose que la diversidad y riqueza de estos organismos disminuye en humedales altamente urbanizados (Fierro *et al* 2020). Algunas de las taxa invertebrados que se encuentran mayormente adaptados a altas condiciones de estrés en humedales son Turbellaria, Rotifera, Nematodo, Annelida entre otros (Lu 2019). Así también ha sido descrito que cambios en materia orgánica presente en los sedimentos y la disminución de oxígeno disuelto promueve la dominancia de taxa como Chironomidae

y Hyalellidae que son más tolerantes a estas condiciones ambientales, viéndose desfavorecidas especies sensibles a contaminación y condiciones de hipoxia (Correa-Araneda *et al* 2009).

3. METODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El río Claro se ubica en la Región del Maule, forma parte de la cuenca del río Maule, atraviesa las comunas de Molina, Río Claro, Sagrada Familia, San Rafael y Talca. La zona de estudio se localiza en un fragmento del río Claro y consta de 11 cuerpos de agua asociados a la llanura de inundación de este río (Figura 1) ubicada en la zona periurbana de Talca, capital de la Región del Maule que cuenta con una población de 1.044.950 habitantes, esto es una densidad de 34,49 habitantes por kilómetro cuadrado (BCN 2017).



Figura 1. Distribución espacial de los humedales del Río Claro donde el área sombreada representa las masas de agua en estudio y su distancia relativa a la ciudad de Talca, sector poniente.

Desde 2008 a la fecha, la Región del Maule ha sido declarada zona de escasez hídrica por La Dirección General de Agua (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Se estima que el estrés hídrico en la sub cuenca del río claro por efectos del cambio climático se intensifique, de forma que a fines del siglo XXI los caudales disminuyan cerca de un 40% (Vargas 2012). Por esta razón es que el adecuado manejo de los sistemas hídricos de la región a escala de cuenca y subcuenca es esencial y relevante para el desarrollo sostenible de las comunidades humanas y para la prevención de posibles adversidades y desastres naturales asociados al cambio climático.

El Río Claro nace en Valle del Indio ubicado en la Reserva Nacional Siete Tazas, tiene una influencia de tipo pluvio-nival, siendo los meses de invierno y primavera aquellos en los que el río mantiene mayor caudal (DGA 2010). El río dentro del perímetro de la ciudad es de tipo trezado, exorreico e influido por el nivel freático, forma zonas inundables permanente y temporal, con una extensa presencia de acuíferos (Municipalidad de Talca 2021).

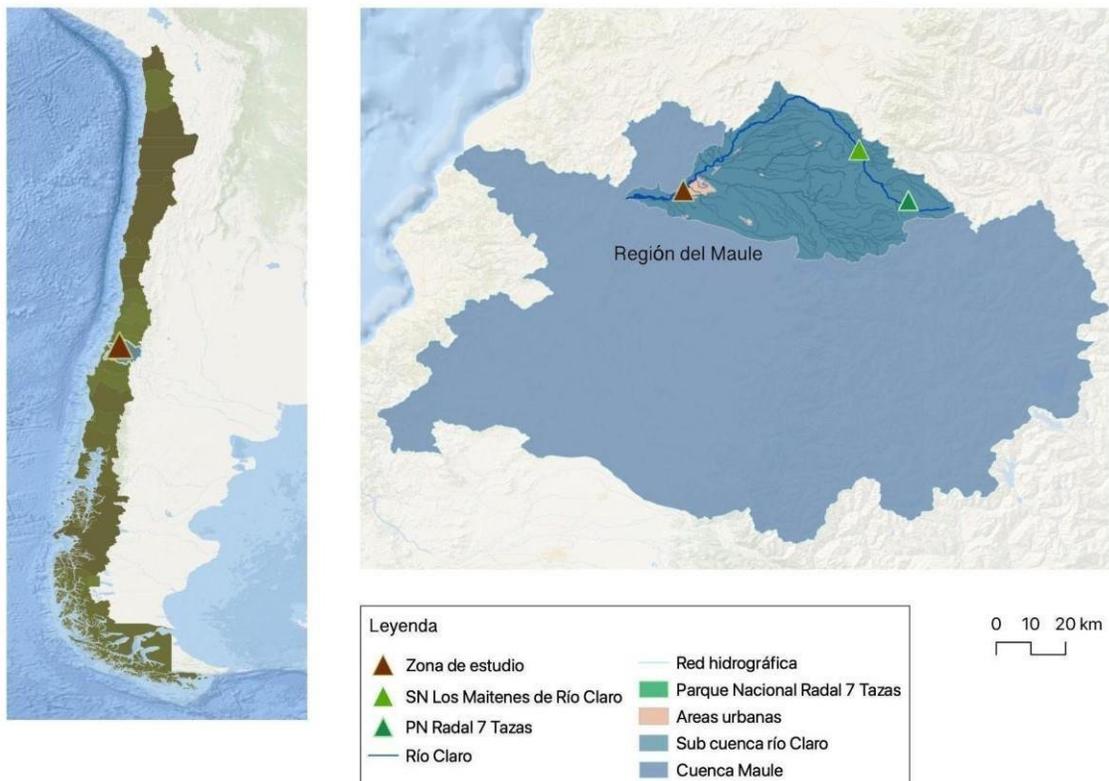


Figura 2. Ubicación de la Cuenca Río Maule con indicación de la Sub Cuenca Río Claro y los sitios de conservación a lo largo del corredor biológico del río Claro.

A escala regional forma parte de una serie de conexiones ribereñas de la Región del Maule, conectando distintos tipos de hábitats y áreas destinadas a la conservación (Figura 2), como lo son el Parque Nacional Radal Siete Tazas y el Santuario de la Naturaleza Los Maitenes, por lo que el río cumple un rol de corredor biológico lo que es fundamental para la protección de especies nativas y en riesgo de conservación de la región. La zona biogeográfica corresponde a semiárida y el clima imperante es cálido templado mediterráneo, con una extensa temporada seca, de 6 a 4 meses aproximadamente (BCN 2022).

La vegetación que prima en esta zona según corresponde a una transición entre el bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* - *Lithrea caustica* y el bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* - *Peumus boldus* (Elbajoencomunidad 2021). Por otra parte, según el estudio realizado para la declaratoria de humedal urbano por agrupaciones socioambientales, en el zona existen aproximadamente 17 taxa de especies vasculares acuáticas y palustres, aproximadamente 66 especies de aves, 4 especies de anfibios y 4 de reptiles, es su mayoría especies nativas y endémicas (Elbajoencomunidad 2021).

Desde sus orígenes, la ciudad de Talca se estableció en torno al río, bajo la lógica de generar asentamientos humanos en torno a cursos de agua, por su característica vital para el desarrollo. La expansión urbana acelerada durante las últimas décadas ha propiciado malas prácticas en torno a los ecosistemas acuáticos y los sistemas de humedales en particular, incrementando los riesgos de degradación ambiental. El síndrome de urbanización (Gastezzi-Arias *et al* 2017), se manifiesta principalmente en el cambio de uso de suelo, derivando en la pérdida, fragmentación y degradación del hábitat. Es precisamente en este contexto que esta tesis se focaliza en el estudio de los humedales del río Claro, con particular énfasis en el sistema de humedales que se desarrollan en sus llanuras de inundación (ver anexo 1).

Hacia ambos lados del río, en torno a la llanura de inundación se forman cuerpos de agua de características heterogéneas, algunos se encuentran anegados permanentemente, otros de forma temporal, también varían en tamaño, forma, profundidad y origen. La zona posee un terreno irregular debido a la extracción de áridos y tierra, formando diques y fosas, la tierra extraída luego es mezclada con los escombros y residuos generales, generando montes y agujeros a lo largo del paisaje.

La zona oriente del río mostrada en la Figura 1, consta de aproximadamente 19,06 hectáreas, dentro de la cual se encuentran distribuidos alrededor de 8 espejos de agua aproximadamente, este lugar es conocido como “El Bajo”. Históricamente esta zona ha sido altamente impactada por el depósito de desechos de construcción, es así como durante el terremoto del año 2010 fue altamente

expuesta al depósito de escombros de las viviendas afectadas por este siniestro, formando diques que luego debido a la influencia fluvial dieron paso a la génesis de humedales pantanosos en el paisaje. Actualmente es un espacio de alto valor para la comunidad, la cual busca la conservación de este espacio de infraestructura verde urbana.

La zona poniente del río, consta de 35,82 hectáreas aproximadamente, constituido por alrededor de 6 espejos de agua. Esta zona es utilizada desde hace aproximadamente 15 años como basural clandestino en la que se han acumulado escombros, basura en general y residuos tóxicos industriales (Figura 3).



Figura 3. Imagen aérea de camiones lanzando residuos al humedal Río Claro, sector las tinajas.

Fuente: El Bajo en Comunidad.

Los humedales del Río Claro (Figura 1) forman parte de un paisaje altamente dinámico y heterogéneo, cuyos cambios ambientales son modulados por la hidrología, el clima y estresores locales, mayoritariamente de origen humano. Dentro de los tipos de uso de suelo dominantes se destacan por una parte el desarrollo urbano hacia el lado oriente del río Claro, donde se encuentra la ciudad de Talca, así también los predios agrícolas distribuidos hacia ambos lados del río. Así también se aprecian las laderas del Cerro de La Virgen hacia el poniente del Río Claro dominado por especies exóticas, con presencia de *Acacia caven*, *Aristotelia chilensis*, entre otras especies nativas características del clima mediterráneo de la zona. A escala local, se observan distintas presiones humanas en los humedales

como extracción de áridos, basurales y áreas verdes utilizadas para la recreación.

En la actualidad se encuentra en trámite el reconocimiento, a través de la ley N° 21.202, del humedal urbano “Cajón del Río Claro y Estero Piduco” en toda su envergadura, abarcando así todo el río, su llanura de inundación y el estero Piduco, el cual desemboca en dicho río. Para este objetivo la agrupación “el bajo en comunidad”, en conjunto con la Municipalidad realizaron un informe, en el cual se describen generalidades del humedal y se establece cartográficamente los límites del humedal urbano, ubicando la zona de estudio en la zona sur.

3.2 Caracterización de atributos espaciales de los humedales y de las amenazas.

Se realizó una representación cartográfica de los cuerpos de agua, teniendo en cuenta los límites de los espejos de agua fragmentados en el paisaje y los usos de suelo presentes en el área de estudio. De esta forma se recorrió la zona registrando los datos de los 11 cuerpos de agua a través de GPS. A pesar de que existe conocimiento sobre las actividades y los tipos de uso de suelo presentes en el lugar, se realizó un sistema de clasificación a posteriori.

La representación cartográfica permitió además relacionar la presencia de actividades antrópicas (extracción de áridos, depósito de basura, desarrollo urbano, entre otras), cercanas a los cuerpos de agua con los distintos parámetros medidos, mediante el cálculo de la naturalidad de la matriz. El índice de naturalidad de la matriz se calcula a partir del porcentaje de áreas naturales y el porcentaje de áreas artificiales (usos de suelo de presencia antrópica intensificada) dentro de la zona buffer alrededor del borde de cada cuerpo de agua, la zona buffer corresponderá a un radio de 50 metros (Villagra-Mella *et al* 2006). Para los fines de este estudio se consideró que aquellos porcentajes que se encontraran sobre el promedio serían catalogados como sitios de baja perturbación, pero aquellos que se encontraran bajo el promedio corresponden a los sitios de alta perturbación.

Para la creación de la cartografía y el análisis de datos cartográficos se utilizó el software Qgis, un sistema de información geográfica que permite gestionar y analizar datos espaciales. De esta forma la representación del paisaje permitió determinar la conectividad entre los espejos de agua y el cauce principal del río, así como también facilitar el análisis de las presiones antrópicas considerando el uso que se les da a los terrenos aledaños al humedal.

3.3 Características fisicoquímicas del agua

Se registraron y analizaron datos fisicoquímicos de los 11 cuerpos de agua estudiados, en dos hidroperiodos contrastantes, septiembre del año 2021, correspondiente al periodo de alto caudal y en abril del año 2022, correspondiente al periodo de bajo caudal del río Claro. En cada uno de los humedales se registraron por triplicado las siguientes variables in situ: Profundidad (m), Temperatura (°C), pH, sólidos disueltos (ppm) y conductividad del agua ($\mu\text{S}/\text{cm}$) utilizando una sonda multiparamétrica.

3.4 Muestreo y determinación taxonómica de macroinvertebrados.

En cada humedal, con la finalidad de caracterizar la heterogeneidad espacial en la distribución de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, durante dos temporadas, septiembre del año 2021, correspondiente al periodo de alto caudal y abril del año 2022, para el periodo de bajo caudal del río Claro. Se colectaron las muestras con una red de mano, en 3 microhábitats distintos dentro de los cuerpos de agua, a una profundidad máxima de 1 m. Cada réplica consta de 10 pasadas de 1 metro de longitud, siguiendo los protocolos descritos en Fierro *et al*(2017). Las muestras se almacenaron en bolsas plásticas, fijadas con etanol al 70° (v/v). Posteriormente las muestras fueron analizadas en laboratorio para análisis taxonómico utilizando como información base las guías taxonómicas de Roldan (1988); Hamada y Thorp (2018); Needham y Bullock (1943) para el orden Odonato. La determinación taxonómica de organismos del género *Hyaella* fue hecha en base a González (2003).

A partir de la base de datos de abundancia de taxa de macroinvertebrados se calcularon 9 métricas: Promedio de taxa, EPT (Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros), porcentaje de especiesno pertenecientes a la clase Insecta, promedio de Odonatos, promedio de Coleópteros, promedio de Dípteros, porcentaje de especies del orden Chironomidae, así como índices de diversidad como el índice de Shannon Weaver e índice de Margalef. Estas fueron escogidas y clasificadas según lo mencionado por Fierro *et al* (2012).

3.5 Diversidad florística: vegetación hidrófila

Durante la temporada de bajo caudal se realizaron campañas de muestreo de la flora hidrófila asociada al ecosistema acuático con el fin de caracterizar la comunidad vegetal acuática. Para esto

se realizó un muestreo por parcelas rectangulares 1 metros por 3 metros determinando los distintos individuos presentes. Se consideraron parcelas ubicadas en el mismo lugar y área donde se recolectaron las muestras de macroinvertebrados, considerando que estas fueron 3 réplicas por espejo de agua. Se determinó para la vegetación hidrófila los distintos tipos de clases taxonómicas y su origen (Exóticas o Autóctonas) utilizando el Catálogo de plantas vasculares de Chile, propuesto por Rodríguez *et al* (2018).

3.6 Análisis estadísticos de los datos

Para la exploración de los datos fisicoquímicos y los datos del ensamble macroinvertebrados se utilizó el software PRIMER V6. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) de los datos fisicoquímicos, para el cual previamente se normalizaron los datos de temperatura, conductividad, sólidos disueltos y profundidad, mientras que se mantuvieron los datos originales del pH. El análisis de similitud según los sitios de estudios para el ensamble de macroinvertebrados se desarrolló utilizando el Índice de Bray-Curtis, para esto se realizó una transformación previa de los datos de abundancia del ensamble de macroinvertebrados utilizando la raíz cuadrada y se generó un análisis Cluster para agrupar los sitios.

La relación entre las variables fisicoquímicas y las métricas asociadas al ensamble de macroinvertebrados, se realizó utilizando un análisis estadístico de correlación entre el Índice de Shannon Weaver , Índice de Margalef y los distintos parámetros fisicoquímicos.

4 RESULTADOS

4.1 Atributos espaciales y amenazas de los humedales

Se clasificaron usos de suelo según las actividades antrópicas realizadas en el área de estudio, dentro de las cuales se encontraron basurales, caminos, extracción de áridos/suelo, cambio de uso de suelo y la zona urbana. Así también se le asignaron nombres arbitrarios a cada cuerpo de agua para una mejor interpretación de los resultados (Figura 4 y 5).

El análisis de la naturalidad de la matriz para los sitios arrojó que los sitios Tagua y Quintral cuentan con una mayor naturalidad dentro del buffer, mientras que Tiuque y Huala presentan los valores más bajos, esta situación se repite en ambas temporadas. Así también se observó un gradual

aumento de las presiones antrópicas, expresado en el área ocupada por éstas, en comparación de la primera (septiembre, 2021) con la segunda temporada (abril, 2022) de monitoreo para los sitios Tiuque, Huala , Garza, Naranjillo y Rana, lo que considero la pérdida de hábitat para los cuerpos de agua, principalmente por el relleno de estos.



Figura 4. Representación cartográfica de los cuerpos de agua y los usos de suelo ligados a las actividades humanas durante el periodo de monitoreo 2021.



Figura 5. Representación cartográfica de los cuerpos de agua y los usos de suelo ligados a las actividades humanas durante el periodo de monitoreo 2022.

Como se puede ver en las tablas 1 y 2, los sitios Tiuque, Huala, Garza, Naranjillo y Rana, fueron designados como sitios con alto grado de perturbación, ya que presentaron valores bajo al promedio de naturalidad en la matriz, tanto en la temporada de alto caudal (\bar{x} : 88.09 %), como para la temporada de bajo caudal (\bar{x} : 86.43%), mientras que Espino, Tagua, Quintral, Jilguero, Coipo y Carpintero fueron catalogados con un bajo grado de perturbación, ya que sus valores se encontraban sobre el promedio en ambas ocasiones.

Existe un patrón espacial, en el que los sitios muestreados en la zona oriente del río, sector el bajo presenta 5 de los 6 sitios catalogados con baja perturbación, Espino, Tagua, Quintral, Jilguero y Coipo, mientras que el sitio Tiuque fue aquel que se encontró en el rango de alta perturbación. Para el caso de los cuerpos de agua en la zona poniente del río, sector de las tinajas, presenta 4 de 5 sitios categorizados como sitios de alta perturbación, estos son: Huala, Garza, Naranjillo y Rana, mientras que Carpintero clasifica como un humedal de baja perturbación.

Tabla 1. Área de los atributos espaciales dentro del área buffer de 50 metros de radio en torno a los humedales estudiados, para la temporada de alto caudal (septiembre, 2021).

2021	Antropico (m ²)	Natural (m ²)	Naturalidad de la matriz (%)
Espino	891.22	12318.21	93.25
Tagua	700.31	13463.26	95.06
Quintral	43.35	13971.90	99.69
Jilguero	746.93	10724.06	93.49
Coipo	1666.68	19813.81	92.24
Tiuque	5220.48	15109.90	74.32
Huala	14633.27	55900.39	79.25
Carpintero	2224.77	18223.34	89.12
Garza	5595.40	24189.56	81.21
Naranjillo	3892.55	22573.09	85.29
Rana	3475.28	21507.53	86.09

Tabla 2. Área de los atributos espaciales dentro del área buffer de 50 metros de radio en torno a los humedales estudiados, para la temporada de bajo caudal (abril, 2022).

2022	Antropico (m ²)	Natural (m ²)	Naturalidad de la matriz (%)
Espino	891.22	12318.21	93.25
Tagua	628.47	11450.70	94.80
Quintral	43.35	13971.90	99.69
Jilguero	746.93	10724.06	93.49
Coipo	1604.82	17447.10	91.58
Tiuque	5167.79	13395.09	72.16
Huala	15988.50	52601.02	76.69
Carpintero	1765.83	21032.98	92.25
Garza	5393.04	21956.21	80.28
Naranjillo	5605.05	19896.45	78.02
Rana	5269.52	19273.02	78.53

La presencia de basurales destacó cómo el tipo de uso de suelo que abarca mayor área y está presente en los sitios Jilguero, Tiuque, Huala, Carpintero, Garza, Naranjillo y Rana, mientras que el resto de los sitios si bien fueron originados por el depósito de escombros, actualmente no son utilizados como basurales. Así mismo Tiuque, Huala, Garza, Naranjillo y Rana son los más susceptibles a este tipo de perturbación, pues su relleno con escombros y basura es continuo, detectando una disminución de estos espejos de agua desde el periodo 2021 al 2022.

Para los humedales Jilguero, Tiuque, Huala, Carpintero, Garza, Naranjillo, durante el periodo 2022 solo se logró obtener información parcial de los parámetros de estudio (macroinvertebrados y datos fisicoquímicos) ya que fueron parcialmente rellenados o bien en el caso del humedal Jilguero, se

encontró material peligroso dentro de este.

4.2 Características abióticas del humedal

Las Figuras 6 y 7 permiten visualizar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos para la temporada de alto caudal y bajo caudal, respectivamente, a través del análisis de los componentes principales (ACP).

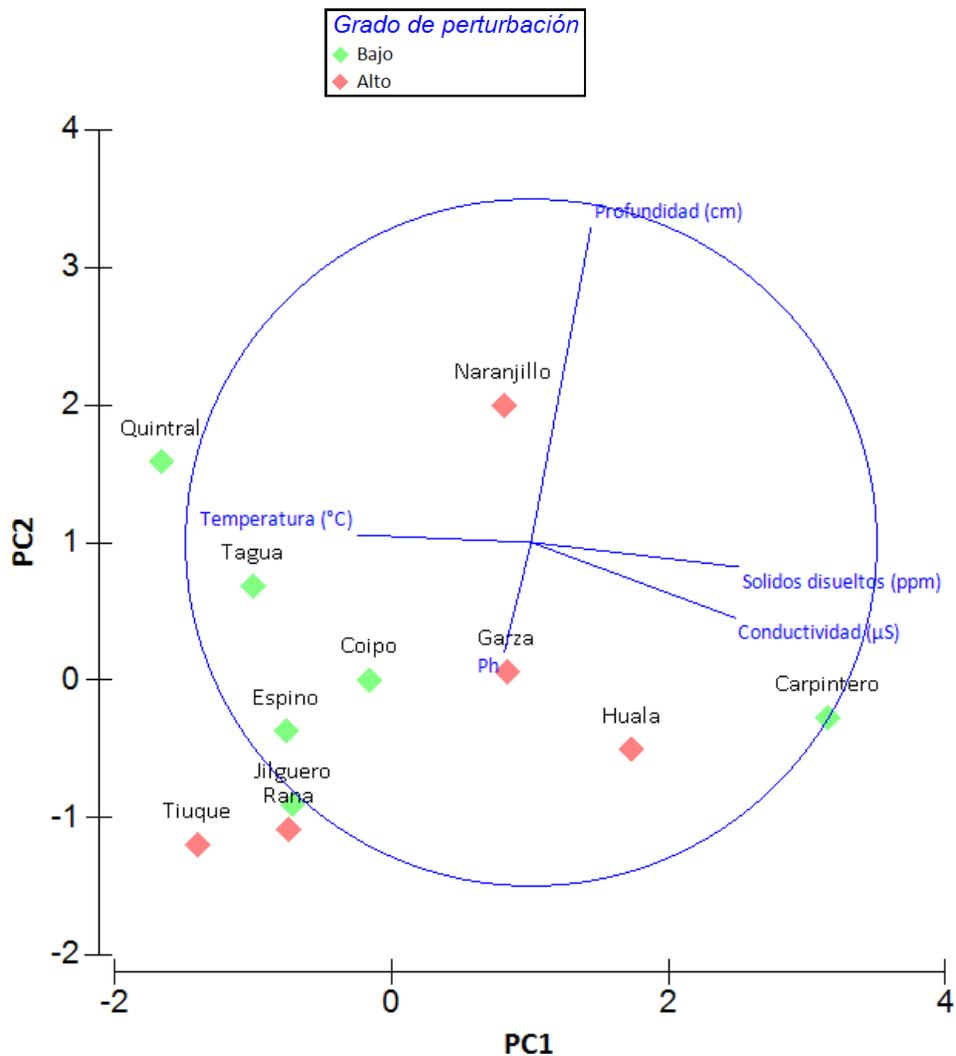


Figura 6. Resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP): Distribución de los humedales en función de la variabilidad ambiental registrada durante la temporada de alto caudal. PC1: 52,1% de variación; PC2: 25,4% de variación.

De esta forma, para la temporada de alto caudal (Figura 6) se observó que la Temperatura (°C) y

Conductividad (μS) fueron las variables que presentan mayor influencia sobre los datos, lográndose observar que los datos tienden a agruparse según el grado de perturbación. Así mismo se observa que las variables correspondientes a Sólidos Disueltos (ppm) y Conductividad (μS) se encuentran correlacionadas positivamente. Mientras que en la temporada de bajo caudal (Figura 7) se logra notar que son las variables Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y Sólidos Disueltos (ppm) las que presentaron una alta influencia en los datos, pero a pesar de esto no se observó un patrón evidente según el grado de perturbación. Cabe mencionar que la categorización del grado de perturbación se estableció según la naturalidad de la matriz, explicado en la sección anterior.

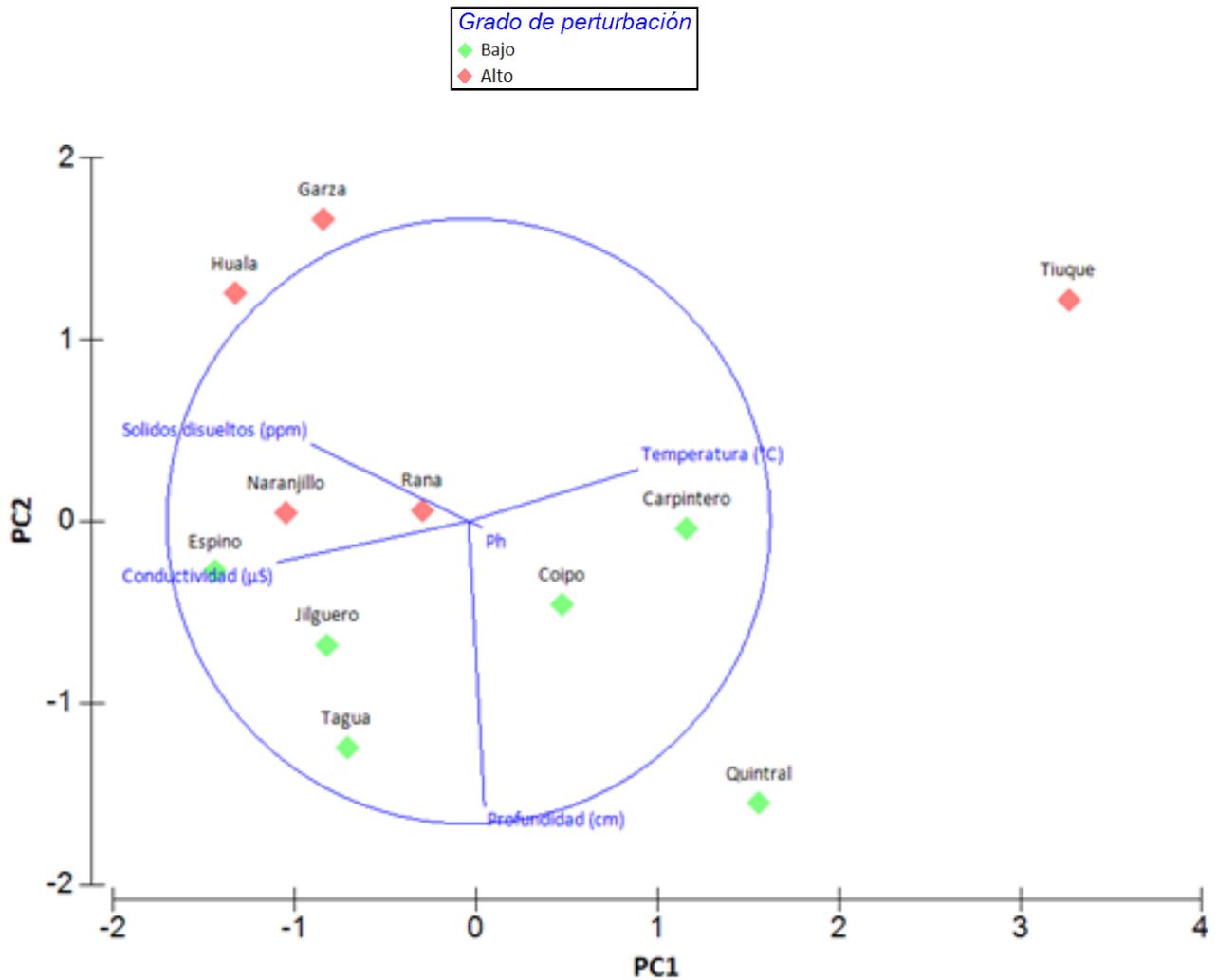


Figura 7. Resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP): Distribución de los humedales en función de la variabilidad ambiental registrada durante la temporada de bajo caudal. PC1: 51,3% de variación; PC2: 25,7% de variación.

4.3 Ensamble de macroinvertebrados

En total se recolectaron 31.539 individuos pertenecientes a 84 taxa para los 11 sitios monitoreados. Durante la temporada de bajo caudal (abril, 2022) se observaron 13 morfoespecies más que durante la temporada de mayor caudal correspondiente al mes de septiembre. La riqueza promedio de macroinvertebrados por sitio se encontró en un rango de 12 - 20 para la temporada de alto caudal (septiembre, 2021) y entre 15 - 24 especies para la temporada de bajo caudal (abril, 2022). La abundancia promedio de macroinvertebrados varió entre 145 - 1156 para el mes de septiembre y entre 168 - 1176 para el mes de abril. El orden Coleóptero destacó por ser el más diverso con 20 taxa, seguido por el orden Diptera con 16. Las taxa más abundantes fueron Hydracarina y Chironomidae con 5.398 y 4.773 individuos respectivamente (ver anexo 2).

En base a la matriz de datos biológicos, se calcularon 7 métricas para el análisis del ensamble de macroinvertebrados en los cuerpos de agua (ver tabla 3 y 4). Para las métricas correspondientes a la temporada de alto caudal, el número total de taxa es menor para los sitios Naranjillo y Huala, mientras que alcanza sus valores más altos en los sitios, Quintral y Jilguero. Estos últimos además presentan un mayor número de Odonatos y Coleópteros, siendo su abundancia un buen indicador de ecosistemas saludables. Las métricas correspondientes a la temporada de bajo caudal indican que el mayor número de taxa se observa en los sitios Jilguero y Tiuque, mientras que los valores más bajos están dados para los sitios Carpintero y Garza. Así también destacó la presencia de taxa como Plecoptera, Tricoptera y Ephemeroptera indicadoras de buena calidad de agua, pero con una baja abundancia en los sitios.

Tabla 3. Índices bióticos estimados en base a las comunidades de macroinvertebrados colectados en la temporada de alto caudal (septiembre, 2021).

Métricas	Respuesta al disturbio	Septiembre										
		Espino	Tagua	Quintral	Jilguero	Coipo	Tiuque	Huala	Carpintero	Garza	Naranjillo	Rana
Taxa	(-)	15.000	13.333	20.667	18.500	16.333	17.500	12.667	14.333	15.000	12.000	13.000
EPT	(-)	0.090	0.340	0.043	0.000	0.000	0.000	0.087	0.148	0.000	0.000	0.364
No insecto (%)	(+)	53.445	18.145	58.700	30.769	43.953	59.161	34.613	8.293	28.163	25.702	22.996
Odonata	(-)	3.000	13.667	26.000	21.667	7.000	0.000	3.000	12.667	2.333	1.000	1.000
Coleoptera	(-)	10.333	4.667	76.000	96.000	55.667	16.333	52.000	15.667	11.000	0.333	1.000
Diptera	(-)	96.667	109.000	139.333	286.333	34.333	233.000	191.667	80.333	47.333	114.333	91.333
Chironmidae (%)	(+)	19.190	53.739	21.232	33.561	2.272	28.439	52.368	42.672	35.358	43.037	47.931
Shannon Weaver	(-)	3.497	2.997	3.231	3.728	3.315	3.276	3.303	2.793	3.145	3.136	2.757
Margalef	(-)	2.369	2.331	2.788	2.475	2.328	2.538	1.963	2.460	2.732	2.209	2.229

Tabla 4. Índices bióticos estimados en base a las comunidades de macroinvertebrados colectados en la temporada de bajo caudal (abril, 2022).

Métricas	Respuesta al disturbio	Abril										
		Espino	Tagua	Quintral	Jilguero	Coipo	Tiuque	Huala	Carpintero	Garza	Naranjillo	Rana
Taxa	(-)	24.333	23.333	19.333	29.000	19.333	28.000	19.333	15.333	15.000	16.500	23.500
EPT	(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.322
No insecto (%)	(+)	24.271	36.341	70.091	39.883	36.509	44.600	50.901	34.581	41.336	39.591	43.289
Odonata	(-)	12.667	40.000	17.667	33.000	2.000	14.000	6.000	6.333	2.500	1.000	4.500
Coleoptera	(-)	48.667	93.333	12.667	96.000	38.667	59.500	11.667	16.333	11.000	8.000	15.000
Diptera	(-)	46.000	80.000	52.333	149.000	51.667	95.000	75.000	195.000	72.000	23.500	69.000
Chironmidae (%)	(+)	2.591	1.600	7.758	1.581	2.724	11.935	10.416	14.007	14.727	3.565	7.072
Shannon Weaver	(-)	3.358	3.557	3.154	4.280	4.060	3.560	3.774	3.078	2.937	3.043	3.315
Margalef	(-)	3.948	4.221	2.599	3.960	2.784	4.154	3.085	2.645	2.732	2.735	4.179

Se calcularon además los Índice de Shannon Weaver e Índice de Margalef. El Índice de Shannon Weaver por una parte entrega información sobre la diversidad de taxa de macroinvertebrados y nos sugiere información sobre la uniformidad de la comunidad, mientras que el Índice de Margalef alude a la riqueza de especies dentro de las comunidades de macroinvertebrados.

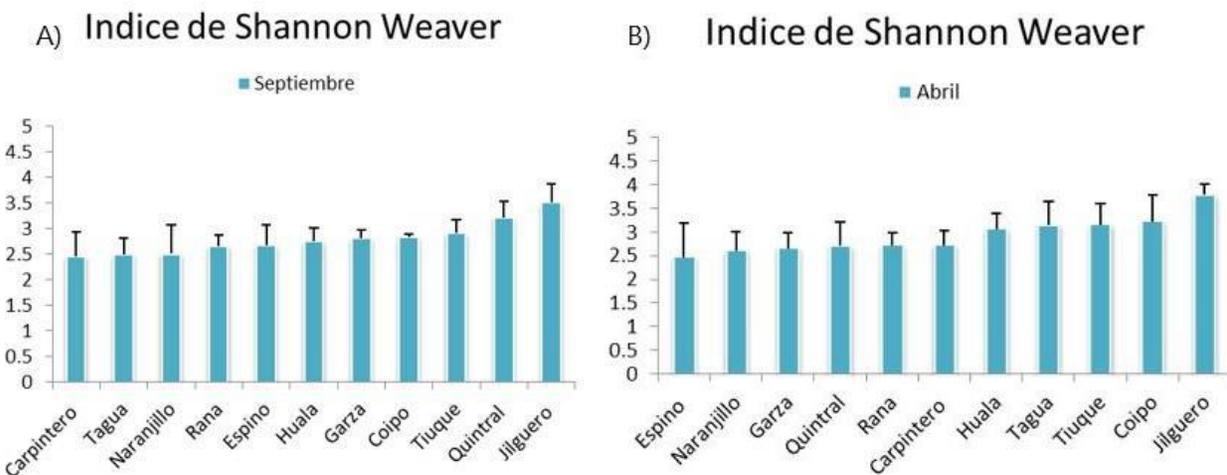


Figura 8. Contraste de los Índices de Diversidad de Shannon Weaver. A) Corresponde a la temporada de alto caudal (septiembre, 2021) B) Corresponde a la temporada de bajo caudal (abril, 2022). Los valores de los sitios para la temporada de alto y bajo caudal se encuentran ordenados de menor a mayor.

Durante la temporada de alto caudal se observa que el sitio que presenta una mayor diversidad específica de Shannon Weaver fue el sitio Jilguero con un valor de 3,52, en tanto la menor diversidad en el sitio denominado Carpintero con un valor de 2,46. Para el índice de Margalef la mayor diversidad se obtuvo en sitio Quintral con un índice de 3,10, mientras que la diversidad más baja estuvo dada para el sitio Huala con un valor de 2,18. En la temporada de bajo caudal se observó que la diversidad Shannon Weaver de mayor valor fue para el sitio Jilguero, al igual que en el periodo anterior, con un valor de 3,79, por otra parte el sitio denominado Espino fue aquel que obtuvo un valor más bajo con 2,47. Para

el Índice de Margalef, el sitio que presentó una mayor diversidad fue Tiuque con un 4,45 y el sitio que obtuvo el menor valor fue Garza con un índice de 2,3.

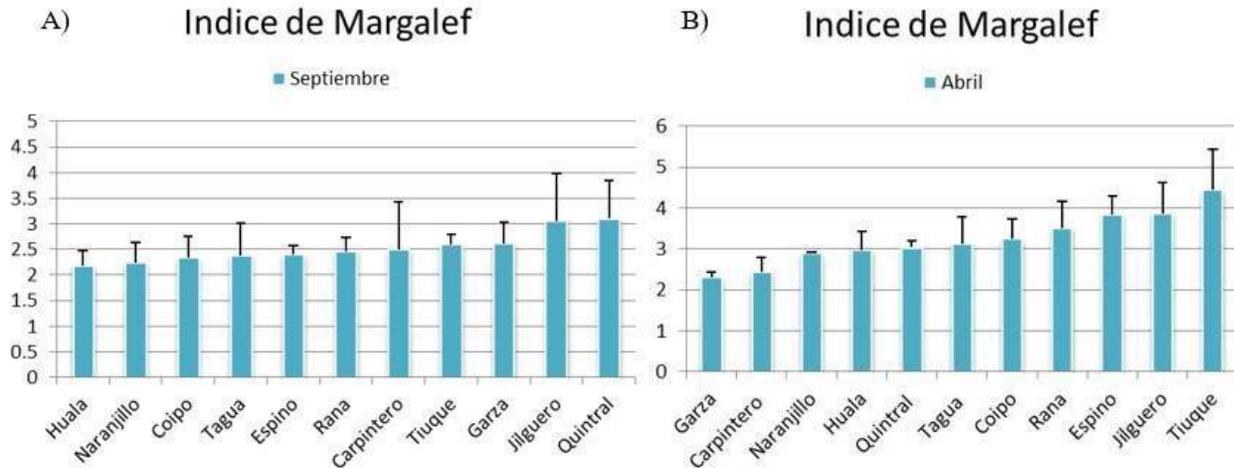


Figura 9. Contraste de los Índices de Margalef. A) Corresponde a la temporada de alto caudal (septiembre, 2021) B) Corresponde a la temporada de bajo caudal (abril, 2022). Los valores de los sitios para la temporada de alto y bajo caudal se encuentran ordenados de menor a mayor.

Para los resultados del análisis de Similaridad de Bray- Curtis se utilizó la matriz de abundancia de macroinvertebrados adicionando la variable de grado de perturbación. Se observa para la temporada de alto caudal (Figura 10) un alto grado de similitud para Quintral, Espino, Coipo y Jilguero, así también para Huala - Tiuque, los primeros categorizados como sitios de baja perturbación, mientras que los últimos de alta perturbación. Para el resto de los cuerpos de agua no se logra dilucidar un patrón acorde a la variable de grado de perturbación.

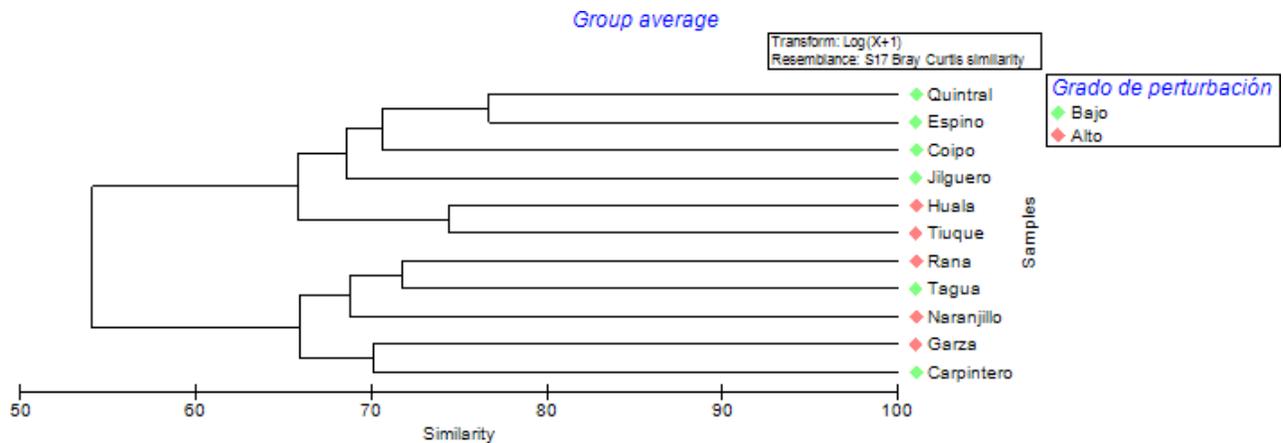


Figura 10. Se muestran los resultados del análisis de Similaridad de Bray- Curtis usando la matriz de macroinvertebrados presentes en los humedales durante el periodo de alto caudal (septiembre, 2021).

El análisis de similaridad de Bray- Curtis para la temporada de bajo caudal (Figura 11) indica un patrón más evidente que durante la temporada de alto caudal en cuanto al alto grado de similitud entre los sitios y la categoría de grado de perturbación. De esta forma los sitios Coipo, Jilguero, Tagua y Espino se encuentran agrupados con una mayor similitud y todos están asociados a un grado de perturbación baja, mientras que los sitios Rana, Huala, Naranjillo y Garza, que también presentan un alto grado de similitud y además están categorizados como sitios de alto grado de perturbación.

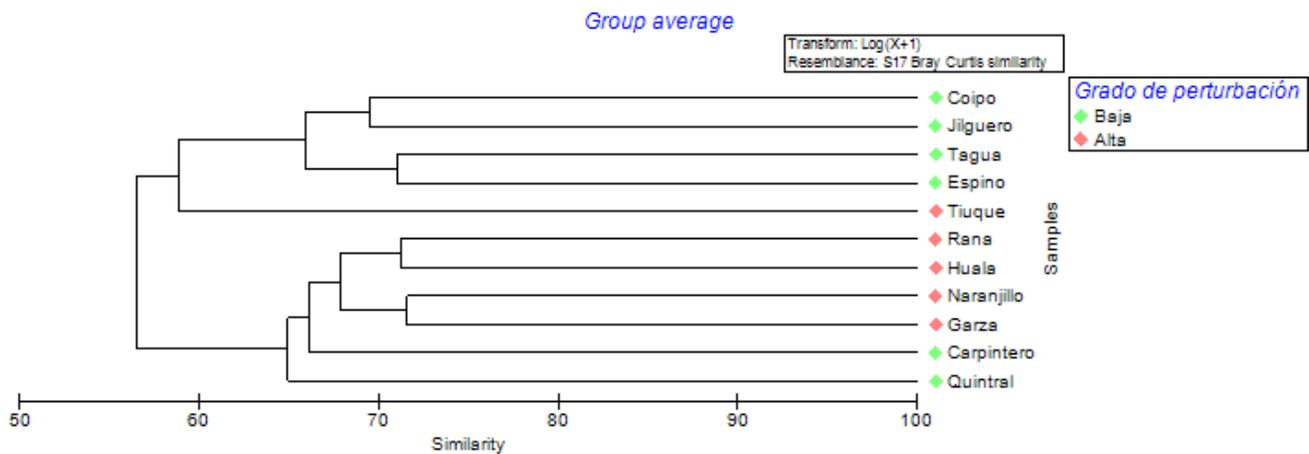


Figura 11. Se muestran los resultados del análisis de Similaridad de Bray- Curtis usando la matriz de macroinvertebrados presentes en los humedales durante el periodo bajo caudal (abril, 2022).

4.4 Composición vegetacional

En total se observaron 14 especies hidrófilas en los humedales, de las cuales 8 son nativas del continente americano (Tabla 5), las más frecuentes Hierba guatona (*Limnobium laevigatum*), Lenteja de agua (*Lemna minor*) y Duraznillo de agua (*Ludwigia peploides*). Los cuerpos de agua/humedales que destacaron por presentar un mayor porcentaje de especies autóctonas fueron lossitios denominados Tiuque y Garza con un 70% y un 66.67% de especies endémicas, respectivamente.

Tabla 5. Riqueza de especies hidrófitas y proporción de especies autóctonas para cada uno de los 11 cuerpos de agua en estudio. Columnas grises indican la ausencia de datos por la desaparición del sitio.

Especie hidrófita	Origen	Espino			Tagua			Quintral			Jilguero			Coipo			Tiuque			Huala			Carpintero			Garza			Naranjillo			Rana		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
<i>Azolla filiculoides</i>	Autóctona																1			1			1	1		1						1		
<i>Bidens laevis</i>	Autóctona	1						1	1		1			1	1								1											
<i>Bidens pilosa</i>	Autóctona	1	1					1								1			1							1								1
<i>Cyperus eragrostis</i>	Autóctona																1	1																
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Autóctona	1	1	1															1															1
<i>Limnobium laevigatum</i>	Autóctona	1		1	1	1		1	1	1	1	1		1	1					1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1
<i>Lemna giba</i>	Exótica		1				1			1						1																		
<i>Lemna minor</i>	Exótica	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1				1	1								1			1	1	1
<i>Ludwigia peploides</i>	Exótica		1		1	1		1			1	1					1			1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1
<i>Persicaria maculosa</i>	Exótica		1			1	1		1											1														
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	Autóctona	1				1					1								1			1				1						1		
<i>Scirpus nodosus</i>	Exótica										1			1	1								1	1										
<i>Juncus procerus</i>	Autóctona																									1						1		
<i>Typha angustifolia</i>	Exótica						1		1		1																							
Total		14			12			13			10			12			10			13			11			9			8			10		
Total Auóctonas		9			3			6			4			5			7			8			5			6			5			6		
% de especies Auóctonas		64.29			25.00			46.15			40.00			41.67			70.00			61.54			45.45			66.67			62.50			60.00		

5. DISCUSIÓN

Los resultados expuestos en este estudio, y en particular el análisis cartográfico evidencian el alto grado de perturbación antrópica de la zona de estudio. El contraste de los datos cartográficos durante la temporada 2021 y 2022 expone la rapidez con la que los humedales estudiados desaparecen y/o se degradan. Si bien los cuerpos de agua experimentan un cambio en su superficie y volumen, entre la temporada de alto y bajo caudal, existe una evidente disminución del área de diversos cuerpos de aguas a causa del relleno de estos mismos. En general la integridad ecológica de la totalidad de los cuerpos de agua se encuentran en riesgo, afectando la facultad que tiene este ecosistema para autoorganizarse, perdiendo sus funciones y capacidad de proveer servicios ecosistémicos (Maeda *et al* 2015).

Debido a que los humedales forman parte de un sistema hidrológico complejo, existirán

amenazas ubicadas dentro de un límite cercano, es decir dentro del límite urbano, mientras que existirán otras afectaciones que se estarán ocasionado lejos del rango urbano pero dentro de la cuenca hidrológica, los cuales también podrán causar efectos negativos dentro del humedal estudiado (Rodríguez-Jorquera *et al* 2020). En el presente estudio no se consideran todos los cambios y afectaciones antrópicas a nivel de cuenca, a pesar de que estas podrían interferir en el estado ecológico de los cuerpos de agua estudiados, solo se observaron las presiones humanas dentro del rango urbano.

Los cuerpos de agua ubicados en la zona de Las Tinajas, como lo son Huala, Carpintero, Garza, Naranjillo y Rana, se encuentran bajo una constante e intensa degradación, pues la expansión de los basurales situados en este lugar implica el relleno y contaminación de estos cuerpos de agua. De los 6 humedales estudiados del sector Las Tinajas, el sitio Carpintero es categorizado como un sitio de baja perturbación según el índice de naturalidad de la matriz, es decir, el porcentaje del área natural se encuentra por sobre el promedio en ambas temporadas. Este índice cobra sentido al observar (Figura 4 y 5) que precisamente este cuerpo de agua no se encuentra directamente impactado por relleno, sin embargo el sitio Carpintero, está en el área de influencia de micro basurales, siendo susceptible a una degradación más intensiva en el futuro si las presiones humanas incrementan por la falta de regulación ambiental.

Los cuerpos de agua formados en la zona del Bajo, desde sus orígenes presentan una marcada intervención antrópica, dominada por la extracción de suelo y el depósito de escombros urbanos. Si bien en el presente estudio muchos de estos se clasifican con un bajo grado de perturbación, su gran cercanía a la urbe y el nulo plan de manejo del sitio, los deja expuestos a alteraciones humanas. Esta situación es evidenciada con el cuerpo de agua denominado Tiuque, el cual fue relleno por un privado cuyo sitio colinda con el humedal durante el transcurso de este estudio (observación personal). Es así como el levantamiento de información y el monitoreo constante de los humedales es esencial para impedir la continua degradación de estos humedales.

Durante la temporada de alto caudal, la cantidad de sólidos disueltos medidos en los humedales destaca cómo el único parámetro que se correlaciona con el Índice de Margalef ($r = -0.663$, $p\text{-value} = 0,026$ / $p < 0,05$). Por otra parte la temporada de bajo caudal (abril) se observa una correlación positiva entre los valores de pH y el índices de Shanon Weaver ($r = 0.685$, $p\text{-value} = 0,02$ / $p < 0,05$) y Margalef ($r = 0.673$, $p\text{-value} = 0.023$ / $p < 0,05$).

En general el estado ecológico de los cuerpos de agua es homogéneo, pues todos muestran un grado de perturbación en el patrón espacial, a pesar de esto los índices de diversidad de Shannon Weaver y Margalef permiten ponderar sitios con una mayor diversidad de especies de

macroinvertebrados, indicando una mejor salud ambiental y por el contrario una baja diversidad indicaría un estado más degradado del ecosistema (Fierro *et al* 2021). Los sitios mayormente perturbados por microbasurales, están asociados a bajos índices de biodiversidad de macroinvertebrados, así como bajos valores de pH en el agua y altos niveles de conductividad.

El sitio denominado Naranjillo presentó para la temporada de alto caudal (septiembre, 2021) los valores más bajos para la abundancia de Odonatos y Coleópteros, además fue el sitio que presentó menor número de taxa y por lo tanto un índice de Margalef inferior a la mayoría. Esta tendencia se repite para la temporada de bajo caudal presentando baja abundancia de Odonatos, Coleópteros y Dípteros, así como también valores de los Índices de Shannon Weaver y Margalef inferiores. Estos resultados se condicen con el grado de alta perturbación e incluso con la pérdida del espejo de agua a causa de su relleno con escombros y desechos tóxicos.

En contraste a lo anterior, el sitio denominado Quintral presenta valores en las métricas que indicarían un mejor estado en comparación al resto de los sitios, esto solo en el periodo de alto caudal (septiembre, 2021), mostrando los valores más altos en las abundancias de Odonatos y Coleópteros, así como en el Índice de Margalef y taxa totales, lo que alude una elevada riqueza de especies. A pesar de esto, el porcentaje de no insecto es uno de los valores más altos, lo que podría implicar posibles indicios de ser un sitio de alta degradación (Fierro *et al* 2021) Otra observación relevante para este sitio surge del análisis de Similaridad de Bray-Curtis para la temporada de bajo caudal, el cual indica que el humedal tiene una alta similitud con los sitios de alta perturbación, lo que podría ser explicado por la falta de entradas de agua al sitio debido a la topografía del sitio, pues se encuentra separada del cauce principal por una ramada de escombros de origen antrópico, evidenciando los efectos de la fragmentación de estos hábitat, sobre todo en la temporada de bajo caudal.

Otro de los sitios que muestra un patrón en los valores de sus métricas es Jilguero, presentando valores elevados para abundancia de Odonatos, Coleóptero y Dípteros lo que indicaría una buena calidad del ecosistema acuático, también presenta el índice de Diversidad de Shannon Weaver más alto en comparación con el resto de los humedales, estas tendencias se repiten en ambos períodos, alto y bajo caudal. Este sitio se encuentra catalogado de baja perturbación y es aquel que indica una mejor calidad según las métricas de macroinvertebrados.

En cuanto a los análisis de vegetación hidrófita los sitios Tiuque, Garza y Espino son los que presentan mayor porcentaje de especies autóctonas, lo que no es consistente con los sitios con mejor estado ecológico según las métricas o según el grado de perturbación, pero podría ser información importante para priorizar sitios de conservación en futuros planes de manejo.

En definitiva, el monitoreo de los datos fisicoquímicos como la conductividad, los sólidos disueltos y el pH, junto a las métricas de abundancia de taxa como Odonatos, Coleópteros, Dípteros, porcentaje de macroinvertebrados que no pertenece a la clase Insecta y los índices de Shannon Weaver y Margalef, sumado al análisis de monitoreo espacial de las amenazas permiten generar un análisis integrado del estado ecológico de estos humedales pantanosos, pudiéndose incorporar en planes de manejo local a largo plazo.

A pesar de las severas y continuas amenazas a la que se encuentran expuestos estos cuerpos de agua, el total de taxa de macroinvertebrados identificadas en este estudio supera la cantidad presentes en otros humedales de la zona central del país (De la Fuente *et al* 2014), lo que permite inferir su importancia en cuanto a la alta diversidad de especies presente en estos sitios. Debido a que no existen estudio similares en la zona de estudio es difícil comparar o establecer patrones de cambio en el tiempo, no obstante el uso de macroinvertebrados y en específico taxas como Odonatos, Coleópteros y Dípteros, ya ha sido utilizado para determinar el estado ambiental de humedales (Bazan 2020), así también se han establecido relaciones significativas entre los parámetros fisicoquímicos del agua y la diversidad de taxa demacroinvertebrados (Figuroa *et al* 2009).

Contar con información actualizada sobre el estado ecológico de los humedales, su funcionamiento, los actores sociales comprometidos y los servicios ecosistémicos que les vinculan con la sociedad local, es fundamental para lograr una correcta gestión y planificación del territorio. La elaboración de una estrategia de manejo debería considerar el aumento de la información del estado ecológico de los humedales, la priorización de los sistemas de humedales mayormente degradados, así como la aplicación de la normativa vigente para cesar las amenazas que afectan a estos ecosistemas. También es esencial una gestión integral a nivel de cuenca y subcuenca que asegure la conectividad hidrobiológica. Se sugiere utilizar zonificaciones que agrupen las características locales de los sitios, asegurando el flujo de servicios ecosistémicos hacia las comunidades. Considerando el estado ecológico de los humedales estudiados, se vuelve imperante perseguir objetivos de restauración, para la posterior protección y manejo sustentable de estos.

En el presente estudio no se consideró un análisis de contaminantes como agroquímicos y metales pesados dentro de los cuerpos de agua, así tampoco se estudió la topografía del sitio ni los volúmenes de agua, esta información, entre otros elementos podrían ser de gran utilidad para la identificación y remediación de los daños ambientales ya causados.

6. CONCLUSIÓN

Las principales amenazas que afectan a la zona de estudio son el cambio de uso de suelo por la expansión urbana y agrícola, el depósito de escombros, residuos tóxicos e industriales y la extracción de áridos y suelo. Estas actividades son realizadas de manera ilegal y constantes en el tiempo. El aumento espacial de estas presiones entre los años 2021 y 2022 constata la rapidez con la que avanza la degradación, fragmentación y desaparición del hábitat. Estas presiones antrópicas estarían afectando la diversidad y abundancia de especies de macroinvertebrados bentónicos. El grado de perturbación en los sitios se ve evidenciado en la distribución del ensamble de macroinvertebrados asociado a la disminución de la abundancia de taxa como Odonatos, Coleópteros y Dípteros.

Las métricas asociadas al ensamble de macroinvertebrados en conjunto con los valores de sólidos disueltos y pH son buenos candidatos para el seguimiento ambiental de estos cuerpos de agua. Estos indicaron que el cuerpo de agua mayormente degradado corresponde a aquel denominado Naranjillo, mostrando valores bajos en los índices de diversidad, baja abundancia de odonatos y coleópteros, mientras que el sitio Jilguero, catalogado como un sitio con baja perturbación, fue aquel que mostró mejores índices de diversidad, así como abundancia de Odonatos, Coleópteros y Dípteros.

Las intensas y sucesivas malas prácticas en el sistema de humedales asociados al río claro por efecto de la ausencia de planes de conservación y manejo, ponen en peligro la integridad de este ecosistema, lo que vuelve urgente la aplicación de una figura de protección para la zona y la aplicación de los reglamentos establecidos por la ley, pues no solo presentan un problema para el ecosistema sino que también gatillan un conflicto social.

7. REFERENCIAS

Bazan, D. (2020). Determinación de la calidad de agua de los humedales de Eten, utilizando macroinvertebrados Odonata, Coleoptera, Diptera y Hemiptera, durante septiembre 2019- abril 2020. Tesis de Licenciatura. Universidad de Lambayeque, Perú.

BCN.(2017).Censo poblacional. Chile. Disponible en:
https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2017&idcom=7101.

BCN. (2022).Decreto 15 establece reglamento de la Ley N° 21.202, que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos. Disponible en:
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1152029>.

BCN. (2022). Clima y vegetación. Chile Nuestro País. Disponible en:
<https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/clima.htm>.

Comité Nacional de Restauración Ecológica. (2018). Documento marco para la Restauración Ecológica. Chile. Disponible en: https://restauracionecologica.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/Documento_Marco_Restauracion_Ecologica.pdf

Correa-Araneda F, Rivera R, Urrutia J, De Los Ríos P, Contreras Á, Encina-Montoya F. (2010). Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistemafluvial del sur de Chile. *Limnetica* 29(2):183-194

Cuadra, L y Duran, J. (2021). GOBERNANZA EN LA GESTIÓN DEL HUMEDAL “CAJÓN DEL RIO CLARO” EN LA COMUNA DE TALCA. Tesis de Licenciatura. Universidad de Concepción, Chile.

De la Fuente, J.,Valencia, J., & Gaete, H. (2014). VALORACIÓN DEL ECOSISTEMA ESTERO LIMACHE, REGIÓN DE VALPARAÍSO (CHILE CENTRAL), MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD FLUVIAL

DGA. (2010). Levantamiento de información hidrológica para modelación de la cuenca del Río Maule. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General De Aguas, División de Estudios y Planificación.

Chile.

Edáfica (2020) Inventario de Humedales Urbanos y actualización Catastro Nacional de Humedales. Informe etapa III. Chile.

Elbajoencomunidad. (2021). Informe para solicitar reconocimiento de Humedal Urbano. Humedal Urbano Cajón del Río Claro, Talca, Región del Maule. Disponible en: <https://linktr.ee/elbajoencomunidad>

Fierro, P., Bertrán, C., Mercado, M., Peña-Cortés, F., Tapia, J., Hauenstein, E., & Vargas-Chacoff, L. (2012). Benthic macroinvertebrate assemblages as indicators of water quality applying a modified biotic index in a spatio-seasonal context in a coastal basin of Southern Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(1), 23-33.

Fierro, P.; Bertrán, C.; Tapia, J.; Hauenstein, E.; Peña-Cortés, F.; Vergara, C.; Cerna, C.; Vargas-Chacoff, L. (2017). Effects of local land-use on riparian vegetation, water quality, and the functional organization of macroinvertebrate assemblages. *Sci. Total Environ.* 2017,609, 724–734

Fierro, P., Novoa, V., Rojas, O., Ahumada-Rudolph, R., Sáez & Rojas, C. (2020). Coastal Wetlands: Ecosystems Affected by Urbanization?. *MPDI journals*.

Fierro, P., Valdovinos, C., Lara, C., & Saldías, G. S. (2021). Influence of Intensive Agriculture on Benthic Macroinvertebrate Assemblages and Water Quality in the Aconcagua River Basin (Central Chile). *Water*, 13(4), 492.

Figuroa, Ricardo, Suarez, María Luisa, Andreu, Asunción, Ruiz, Víctor H, & Vidal -Abarca, María R. (2009). CARACTERIZACION ECOLÓGICA DE HUMEDALES DE LA ZONA SEMIÁRIDA EN CHILE CENTRAL. *Gayana (Concepción)*, 73(1), 76-94. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382009000100011>

Gamboa, Maribet, Reyes, Rosa, & Arrivillaga, Jazzmin. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(2), 109-120.

Gastezzi-Arias, P., Alvarado-García, V., & Pérez-Gómez, G. (2017). La importancia de los ríos como corredores interurbanos. *Biocenosis*, 31(1-2).

Gil, J. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Tesis de licenciatura. Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Manizales.

González, E.R. (2003). The freshwater amphipods *Hyalella* Smith, 1874 in Chile (Crustacea: Amphipoda). *Revista Chilena de Historia Natural*, 76:623-637.

Hamada, N., J.H. Thorp, D.C. Rogers. (2018). Keys to Neotropical Hexapoda Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Volume 3 (661-700).

Jackson, R., Thompson, J., Kolka, R. (2014). Wetland soils, hydrology, and geomorphology.

Disponiblen:

<https://biblioteca.cehum.org/bitstream/CEHUM2018/1645/1/Jackson%20Thompson%20Kolka.%20Wetland%20Soils%20Hydrology%20and%20Geomorphology.pdf>

Lowry, J. (2007). La utilización de programas y datos de SIG de bajo costo para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales. Informe Técnico de Ramsar núm. 2. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). ISBN 2-940073-30-9.

Lu, K., Wu, H., Xue, Z., Lu, X., & Batzer, D. P. (2019). Development of a multi-metric index based on aquatic invertebrates to assess floodplain wetland condition. *Hydrobiologia*, 827 (1): 141-153.

Maeda, P., Kolb, M., Schmidt, M., & Ambiente, R. (2015). Integridad ecológica para la gestión de la sustentabilidad ambiental frente al cambio climático. *Cambio Climático: Adaptación y Mitigación hacia Agendas Siglo XXI* (pp.75 - 88).

Ministerio de Medio Ambiente. (2017). Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030. Ministerio de Medio Ambiente. Chile

MMA - ONU Medio Ambiente. (2021). Guía para facilitar la gestión de las denuncias sobre actividades que afectan a Humedales. Elaborada por Huella Naturaleza Spa., consultora Proyecto

GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile”. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago. Chile. 37 p.

MMA – ONU Medio Ambiente. (2022). Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro sur de Chile” por EDÁFICA Suelos y Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 200 p.

Montes del Olmo, C. (2003). Criterios ecológicos para el deslinde de humedales ribereños. Departamento Interuniversitario de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco. P 61-76.

Montes, C., Rendón-Martos, M., Varela L. y Cappa M. J. (2007). Manual de restauración de humedales mediterráneos. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla. Disponible en: <https://docplayer.es/84579925-Manual-de-restauracion-de-humedales-mediterraneos.html>

Municipalidad de Talca (2021). Ficha Técnica Solicitud de Declaración Humedal Urbano. Chile. Needham JG & DS Bullock. (1943). The Odonata of Chile. Zool. Ser. Field Mus. 24(32): 357-373.

Novoa, V., Rojas, O., Ahumada-Rudolph, R., Sáez, K., Fierro, P., & Rojas, C. (2020). Coastal wetlands: ecosystems affected by urbanization?. *Water*, 12(3), 698.

Ricaurte, L. F. (2014). Enfoque conceptual y metodológico para la identificación y monitoreo de humedales desde una perspectiva funcional y de servicios ecosistémicos. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9581>

Rodríguez, M. (2003). Clasificación funcional de humedales ribereños. *Revista Tecnología y Desarrollo*, Volumen I. Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X el Sabio. Madrid.

Rodríguez, Roberto, Marticorena, Clodomiro, Alarcón, Diego, Baeza, Carlos, Cavieres, Lohengrin, Finot, Víctor L., Fuentes, Nicol, Kiessling, Andrea, Mihoc, Maritza, Pauchard, Aníbal, Ruiz, Eduardo, Sanchez, Paulina, & Marticorena, Alicia. (2018). Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana. Botánica*, 75(1), 1-430. Disponible en <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432018000100001>

Rodríguez-Jorquera, I., Rivera-Bravo, D., Sciaraffia, F., MárquezGarcía, M., Tomasevic, J.A., Mellado, C., & Möller, P. (2020). “Propuesto de criterios mínimos para la sustentabilidad de humedales urbanos en Chile”. Informe Final. Centro de Humedales Río Cruces de la Universidad Austral de Chile, Centro de Derecho y Gestión de Aguas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, GeoAdaptive LLC y Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile.

Rojas M., P. Aldunce, L. Farías, H. González, P.A. Marquet, J. C. Muñoz, R. Palma-Behnke, A. Stehr y S. Vicuña (editores) (2019). Evidencia científica y cambio climático en Chile: Resumen para tomadores de decisiones. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Valparaíso. Humedales Urbanos Historia de una ley pionera y ciudadana de protección ambiental, 42-50.

Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FENColombia- Conciencias - Universidad de Antioquia, Editorial Presencia Ltda. Santafé de Bogotá.

Van der Hammen, T., Stiles, G., Rosselli, L., Chisacá Hurtado, M. L., Ponce de León, G. C., Guillot Monroy, G & Rivera Ospina, D. (2008). Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos. Secretaría Distrital de Ambiente.

Vargas, X. (2012). Disponibilidad futura de los recursos hídricos frente a escenarios de cambio climático en Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5691>

Villagrán-Mella, R., Aguayo, M., Parra, L & Gonzales, A. (2006). Relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile. Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2006000200006.

ANEXOS

1. Imágenes de los sitios estudiados

Sitio 1. Espino



Imagen de dron obtenida durante el periodo de alto caudal.



Imagen lateral obtenida durante el periodo de bajo caudal.

Sitio 2. Tagua



Imagen de dron obtenida durante la temporada de bajo caudal.



Imagen lateral obtenida durante la temporada de alto caudal.

Sitio 3. Quintral



Imagen de dron obtenida durante la temporada de bajo caudal.



Imagen lateral obtenida durante la temporada de alto caudal.

Sitio 4. Jilguero



Imagen satelital tomada durante la temporada de bajo caudal.



Imagen lateral tomada durante la temporada de alto caudal

Sitio 5. Coipo



Imagen satelital tomada durante la temporada de bajo caudal.



Imagen lateral tomada durante la temporada de alto caudal.

Sitio 6. Tiuque



Imagen laterales tomada durante de temporada de alto caudal



Imagen lateral tomada durante la temporada de alto caudal

Sitio 7. Huala



Imagen lateral tomada en la temporada de alto caudal.



Imagen de dron tomada en temporada de alto caudal.

Sitio 8. Carpintero



Imagen de dron tomada durante la temporada de bajo caudal



Imagen lateral tomada durante el periodo de alto caudal.

Sitio 9. Garza



Imagen lateral tomada durante la temporada de bajo caudal.



Imagen de dron tomada durante la temporada de bajo caudal.

Sitio 10. Naranjillo

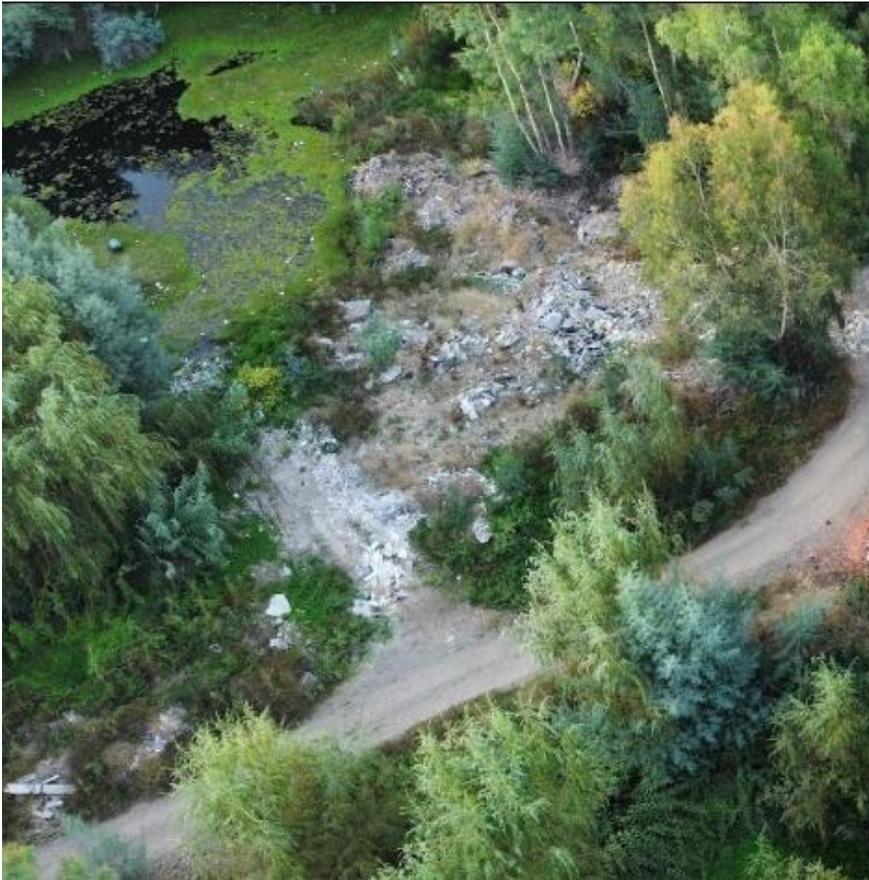


Imagen de dron tomada durante la temporada de bajo caudal.



Imagen lateral tomada durante la temporada de alto caudal.

Sitio 11. Rana



Imagen lateral tomada durante la temporada de alto caudal.



Imagen lateral tomada durante la temporada de alto caudal.

2. Imágenes representativas de las taxa dominantes y subdominantes.

Aeshna sp



Chironomidae



Velidae



Colembolla



Biomphalaria sp



Colimbetinae sp



Dactylosternum sp (larva)



Hyaella costera



Heterias exul



Hydracarina



Hirudinea



Lestes sp



Litorridina sp



Pupa Chironomidae



Lumbriculidae



Pupa Ephydriidae



Psychoda sp



Staphylinidae sp (larva)



Tropisternus sp

