



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Escuela de Pregrado

Carrera de Geografía

**Evaluación del estado ecológico y avifauna acuática de tres humedales en
la comuna de Pichilemu, región del Libertador General Bernardo
O'Higgins.**

Memoria para optar al título de Geógrafo

PABLO ANTONIO OLIVARES MANZANO

Profesor Guía: Dr. Alexis Vásquez Fuentes

SANTIAGO - CHILE

2019

Agradecimientos:

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado en cada decisión que he tomado, gracias infinitas por la paciencia, los amo. A mis hermanos, Jorge y Franco quienes han sido parte fundamental en mi vida, gracias por tanto, por cada momento compartido en las diferentes etapas de la vida. Gracias a mis tíos y tías, primos, primas, y especialmente a mis abuelos, que empezaron todo con casi nada.

A Patricia por el aguante y el íntegro amor, te espero. Agradezco con mi corazón a Chuchin por brindarme su amistad, tienes fuerza de sobra para ganar esta batalla que enfrentas. A mis amig-s, los de la vida, quienes en momentos de flaqueza me han brindado una palabra, un consejo o un poco de su tiempo para ayudarme a no decaer. Ell-s saben quiénes son y los amo.

Quiero agradecer especialmente a mi profesor guía Dr. Alexis Vásquez por su paciencia, por todo el conocimiento y los consejos entregados no solo en ámbitos académicos, sino que también en el ámbito del deporte en el tenis de mesa y lo más importante en el ámbito de la vida misma.

A mis compañeros del laboratorio de Medioambiente y Territorio, quienes me apoyaron de gran manera tanto en las campañas de terreno en Pichilemu como a través de sus comentarios sobre mi memoria: Carlos, Nicolás, Eli, Sofi, Viky, Milu, Seba, Julieta, Lissete, Cami, Gabi, Caro, Erick. Si se me olvida alguien le pido disculpas por mi mala memoria.

Al deporte y la música, que en los momentos en que mi mente ha colapsado han sabido salir al rescate de ella. De manera especial al fútbol y a todos los equipos en que me ha tocado participar. Como no mencionar a mis amigos de Chico Terry, gracias por los momentos vividos, alegrías y tristezas dentro de una multi cancha que me llevo en el corazón

Gracias a Pichilemu, su gente, sus humedales y sus aves.

Gracias a la vida.

Resumen

El creciente proceso de expansión urbana ha generado una serie de efectos sobre el medioambiente, repercutiendo de manera negativa en las funciones y servicios ecosistémicos que los ambientes naturales brindan a las comunidades. Uno de los efectos derivados de la presión antrópica sobre los ecosistemas corresponde a la pérdida de hábitat que ha significado la desaparición de muchas especies. Entre los ecosistemas más valiosos y a la vez más degradados a nivel mundial se encuentran los humedales, condición preocupante considerando que estos son de los ecosistemas con mayor provisión de servicios ecosistémicos y hábitat para especies silvestres. Las aves acuáticas, por una parte, son uno de los componentes relevantes de estos ecosistemas en términos de las cadenas tróficas y ciclo de nutrientes, y por otra, las aves dependen de manera importante de uno o varios humedales para satisfacer sus requerimientos de alimentación, descanso y nidificación. El estado ecológico de los humedales corresponde a una expresión de la calidad estructural y funcional del ecosistema de interface terrestre-acuático, y se relaciona directamente con la capacidad de proveer hábitat para la avifauna acuática. La presente memoria se desarrolla en la comuna de Pichilemu y evalúa el estado ecológico de tres humedales urbanos, determinando la abundancia, riqueza y diversidad de aves y discute posibles patrones de movimiento espacial de la avifauna acuática entre los humedales. Lo anterior se realiza mediante el desarrollo y aplicación de una guía de evaluación rápida de estado ecológico de humedales y censos simultáneos de aves acuáticas. Los resultados dan cuenta que (1) por una parte, el humedal Petrel tiene un *buen estado ecológico*, presentando las mayores perturbaciones en los sectores cercanos a Playa Grande y Avenida Aníbal Pinto. El humedal Bajel exhibe un estado ecológico moderado, presentando perturbaciones antrópicas en la mayoría del borde del espejo de agua, mientras que el humedal Laguna El Ancho presenta un estado ecológico muy contrastante según el área de que se trate. (2) Por otra parte, el humedal Petrel posee una abundancia de individuos de aves notoriamente mayor que los humedales Bajel y El Ancho, además de presentar una mayor riqueza y una alta diversidad de especies. Los humedales Bajel y El Ancho presentan una alta y media diversidad de especies respectivamente. En cuanto al origen y estado de conservación de las especies censadas, los tres humedales presentan resultados similares, sin embargo el humedal Petrel exhibe mayor cantidad de especies con algún estado de conservación y mayor cantidad de especies nativas. (3) Finalmente, los datos obtenidos en los censos de aves simultáneos parecen indicar patrones de transferencia de individuos de Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y Garza cuca (*Ardea cocoi*) entre los humedales Petrel-Bajel, y Petrel-El Ancho respectivamente.

Se concluye que los humedales seleccionados tienen diferentes estados ecológicos, desde buen estado ecológico hasta estados ecológicos moderados. Por otra parte, los datos obtenidos en los censos podrían indicar movimientos espaciales de avifauna entre los humedales estudiados, y por lo tanto indicar conectividad funcional entre ellos, poniendo en valor la existencia de una red de humedales para sostener poblaciones viables de ciertas especies. Esta información es un insumo relevante a la hora de planificar la ciudad y su relación con los humedales de Pichilemu, pues contribuye al diseño de instrumentos de planificación territorial o planes específicos de conservación de estos humedales.

Palabras clave: Estado ecológico, humedales, avifauna acuática

Abstract:

The increasing process of urban expansion has generated a series of effects on the environment, negatively affecting the ecosystem functions and services that natural environments sustain and provide to communities. One of the effects derived from anthropic pressure on the ecosystems is the loss of habitat that has meant the disappearance of many species. Among the most valuable and at the same time most degraded ecosystems worldwide are wetlands, a worrying condition considering that those are the ecosystems with the greatest provision of ecosystem's services and habitat for wild species. On one side, waterfowl are one of the relevant components of these ecosystems in terms of trophic chains and nutrient cycling, and on the other, they depend in an important way on one or more of them to satisfy their feeding, resting and nesting requirements. The ecological status of wetlands is an expression of the structural and functional quality of the terrestrial and aquatic interface ecosystem, and is directly related to the capacity to provide habitat for the aquatic avifauna. The present report is developed in the commune of Pichilemu and evaluates the ecological status of three urban wetlands, determining the abundance, richness and diversity of birds and discusses possible patterns of spatial movement of waterfowl among wetlands. . This is done through the development and application of a guide for the rapid assessment of ecological status and simultaneous census of waterfowl. The results show that (1) on the one hand, the Petrel wetland has a good ecological status, presenting major disturbances in the sectors near Playa Grande and Avenida Aníbal Pinto. Bajel wetland exhibits a moderate ecological status, presenting anthropic alterations in the majority of the edges of the water mirror, while El Ancho wetland presents a very different ecological status according to the area in question. (2) On the other hand, the Petrel wetland has an abundance of bird individuals notoriously greater than the Bajel and El Ancho wetlands, as well as having greater richness and a high diversity of species. Bajel and El Ancho wetlands have a high and medium diversity of species respectively. In relations to origin and conservation status of registered species, the three wetlands have similar results. However, Petrel wetland exhibits more species with some conservation status and more native species. (3) Finally, the data obtained in the simultaneous bird census seem to indicate transfer patterns of Black-necked Swan (*Cygnus melancoryphus*) and Garza cuca (*Ardea cocoi*) individuals between the Petrel-Bajel wetlands, and the Petrel-El Ancho wetlands respectively.

It's concluded that the selected wetlands have different ecological status, from good ecological status to moderate ecological status. The data obtained in the censuses could indicate avifauna spatial movements among the studied wetlands and therefore indicate functional connectivity between them, highlight the existence of a network of wetlands to sustain viable populations of certain species. This information is a relevant input when planning the city and its relationship with the wetlands of Pichilemu, as it contributes to the design of territorial planning instruments or specific plans for the conservation of these wetlands.

Keywords: Ecological status, wetlands, waterfowl

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE FIGURAS.....	7
INDICE DE TABLAS	8
CAPITULO I: PRESENTACIÓN	9
1.1 Introducción.....	9
1.2 Objetivos generales y específicos	11
CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Humedales y relevancia de la componente avifauna.....	12
2.1.1 Rol de los humedales costeros como sitios de alimentación, descanso y nidificación para avifauna	13
2.2 Sistemas de humedales y conectividad funcional.....	18
2.3 Formas de evaluación de movilidad de aves	20
2.3.1 Conteos de aves.....	20
2.3.2 Captura, marcación y seguimiento de aves.....	21
2.4 Estado ecológico de humedales y su impacto sobre la biodiversidad de aves ..	25
2.5.1 Estado ecológico.....	25
2.5.2 Relación estado ecológico de humedales y avifauna	26
2.5.3 Evaluación estado ecológico de humedales.....	27
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	31
3.1 Área de estudio	31
3.2 Metodología	33
3.2.1 Propuesta de método de evaluación rápida de estado ecológico de humedales	33
3.2.2 Evaluación del estado ecológico de los humedales	35
3.2.3 Humedales y áreas de evaluación	41
3.2.4 Síntesis y análisis de estado ecológico de humedales	43
3.2.5 Estimación de movilidad espacial de la avifauna acuática a través de los humedales insertos en el contexto urbano de Pichilemu.....	45
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	49
4.1 Propuesta de método de evaluación rápida de estado ecológico de humedales	49
4.2 Evaluación del estado ecológico de los humedales	54
4.2.1 Laguna Petrel	56
4.2.2 Laguna Bajel.....	61
4.2.3 Laguna El Ancho.....	65
4.3 Síntesis de evaluación de estado ecológico de humedales	69

4.4 Estado ecológico de humedales y avifauna.....	75
4.5 Discusión del movimiento espacial de avifauna entre humedales	79
CAPÍTULO V: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....	80
5.1 Discusiones.....	80
5.2 Conclusiones.....	83
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA	86
CAPITULO VII: ANEXOS	95

—

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: TAGUA DE FRENTE ROJA ALIMENTÁNDOSE EN HUMEDAL BAJEL, PICHILEMU	14
FIGURA 2: PRINCIPALES RUTAS DE MIGRACIÓN DE AVES	16
FIGURA 3: NIDO DE SIETE COLORES SOSTENIDO POR TALLOS DE VEGETACIÓN DE HUMEDAL	17
FIGURA 4: CISNE EN NIDO CONSTRUIDO CON MATERIA VEGETAL DE HUMEDAL	18
FIGURA 5: ANILLAMIENTO DE AVE PARA MONITOREO	23
FIGURA 6: RELACIÓN ENTRE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE HUMEDALES Y ESCALA E INTENSIDAD DE LA EVALUACIÓN.	28
FIGURA 7: ÁREA DE ESTUDIO: HUMEDALES INSERTOS EN EL CONTEXTO URBANO DE PICHILEMU	32
FIGURA 8: TOMA DE MUESTRA DE ESPECIE VEGETACIONAL NO RECONOCIDA EN TERRENO	36
FIGURA 9: HUMEDALES Y ÁREAS DE EVALUACIÓN	42
FIGURA 10: CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN DE ESTADO ECOLÓGICO DE HUMEDALES	43
FIGURA 11: ZONAS DE CONTEO EN LAGUNA PETREL	47
FIGURA 12: BOTE HACIENDO RECORRIDO EN ESPEJO DE AGUA PARA REALIZAR CENSO DE AVES EN LAGUNA BAJEL	48
FIGURA 13: KAYAK UTILIZADO PARA REALIZAR CENSO DE AVES EN LAGUNA EL ANCHO.....	48
FIGURA 14: ESTADO ECOLÓGICO HUMEDALES DE PICHILEMU	56
FIGURA 15: ESTADO ECOLÓGICO HUMEDAL PETREL	57
FIGURA 16: BUFFER EN ÁREA DE EVALUACIÓN 3, PETREL	58
FIGURA 17: EVIDENCIA DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN ÁREA DE EVALUACIÓN 1, PETREL.....	58
FIGURA 18: ESTRATOS VEGETACIONALES Y ESPECIES INVASORAS EN ÁREA DE EVALUACIÓN 1 EN LAGUNA PETREL	59
FIGURA 19: ESPECIES NATIVAS EN ÁREA DE EVALUACIÓN 3, PETREL	60
FIGURA 20: PERTURBACIONES ANTRÓPICAS EN ÁREAS DE EVALUACIÓN, PETREL	60
FIGURA 21: ESTADO ECOLÓGICO HUMEDAL BAJEL	63
FIGURA 22: PERTURBACIONES ANTRÓPICAS, BAJEL.....	63
FIGURA 23: ESTADO ECOLÓGICO HUMEDAL EL ANCHO	65
FIGURA 24: ÁREA DE AMORTIGUACIÓN EN ÁREA DE EVALUACIÓN 3 EN LAGUNA EL ANCHO.....	66
FIGURA 25: ESPECIES INTRODUCIDAS INVASORAS EN ÁREA DE EVALUACIÓN 3, EL ANCHO.....	67
FIGURA 26: PERTURBACIONES ANTRÓPICAS EN ÁREAS DE EVALUACIÓN, EL ANCHO	68
FIGURA 27: EVALUACIÓN RÁPIDA DE ESTADO ECOLÓGICO DE HUMEDALES.....	69
FIGURA 28: GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE PARA DIMENSIÓN DE ESTRUCTURA FÍSICA Y ZONA DE AMORTIGUACIÓN.....	71
FIGURA 29: GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE PARA DIMENSIÓN DE HIDROLOGÍA.....	72
FIGURA 30: GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE PARA VEGETACIÓN	73
FIGURA 31: GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE PARA ESTADO ECOLÓGICO	74
FIGURA 32: ESTADO ECOLÓGICO DE HUMEDALES Y RIQUEZA DE AVES	76
FIGURA 33: ESTADO ECOLÓGICO DE HUMEDALES Y ABUNDANCIA DE AVES.....	76
FIGURA 34: ESTADO ECOLÓGICO DE HUMEDALES E ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON.....	76
FIGURA 35: DISTRIBUCIÓN DE LA ABUNDANCIA DE CISNES DE CUELLO NEGRO Y GARZA CUCA EN LOS HUMEDALES	78

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: RESUMEN METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	33
TABLA 2: DIMENSIONES Y MÉTRICAS A EVALUAR EN HUMEDALES Y PUNTAJES MÁXIMOS (ENTRE PARÉNTESIS)	37
TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE DIVERSIDAD EN BASE ÍNDICE DE SHANNON	39
TABLA 4: PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILK.....	44
TABLA 5: MÉTODOS DE REFERENCIA PARA EVALUAR ESTADO ECOLÓGICO DE HUMEDALES	49
TABLA 6: RESUMEN DE DIMENSIÓN Y MÉTRICAS A EVALUAR EN HUMEDALES	50
TABLA 7: ESTADO ECOLÓGICO DE ÁREAS DE EVALUACIÓN POR HUMEDAL	55
TABLA 8: N° DE ESPECIES, ORIGEN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE AVIFAUNA HUMEDALES	55
TABLA 9: ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON EN AVIFAUNA DE HUMEDALES.....	55
TABLA 10: ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON PARA AVES EN ZONAS DE CONTEO, PETREL.....	61
TABLA 11: PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS.....	70
TABLA 12: TOTAL DE INDIVIDUOS REGISTRADOS PARA ESPECIES ACUÁTICAS ESTUDIADAS EN LOS TRES HUMEDALES	77

CAPITULO I: PRESENTACIÓN

1.1 Introducción

La presente investigación se enmarca en la problemática ecológica general de pérdida de biodiversidad asociada al proceso acelerado de expansión urbana y cambios de usos de suelo. Específicamente se aborda la temática del estado ecológico de los humedales ya que repercute directamente en sus funciones ecológicas y su capacidad de proveer hábitat para la avifauna acuática.

El área de estudio corresponde a la comuna de Pichilemu, Provincia de Cardenal Caro, Región de O'Higgins. Esta zona se encuentra inserta en la macrozona de Chile Central, que en términos ecológicos es de gran relevancia a escala mundial puesto que es uno de los cinco *hotspot* de biodiversidad que presentan clima mediterráneo (Mittermeier, Myers, Thomsen, Da Fonseca, & Olivieri, 2008)

Los humedales son uno de los ecosistemas más valiosos y a la vez más amenazados a nivel mundial (Mitsch & Gosselink, 2015), sin embargo, hay escasez de información sobre ellos y sobre todo respecto a su estado ecológico y funcionamiento como una red o sistema conectado funcionalmente. Entender el estado ecológico de los humedales y como estos podrían estar actuando como nodos que se conectan funcionalmente a través del movimiento de avifauna permitiría implementar medidas de conservación que reconozcan este funcionamiento y por lo tanto contribuyan a mantener poblaciones de especies que dependen de un sistema de humedales evitando episodios de extinción local. Por otra parte, medidas de conservación de sistemas de humedales se podrían ligar a eventuales planes de turismo sustentable que incorporen circuitos de avistamiento de fauna, como en el caso de los diferentes humedales presentes en la comuna de Pichilemu.

Este estudio evalúa el estado ecológico de algunos humedales seleccionados en la zona urbana de Pichilemu e indaga en la movilidad de la avifauna entre ellos. Para esto se diseñó y aplicó una ficha de evaluación rápida de estado ecológico de humedales y censos de aves simultáneos para estimar la movilidad de la avifauna.

A lo largo de la historia el medioambiente ha sido el encargado de proveer a la humanidad con alimento, agua, madera y fibra, entre otros. Sin embargo, en los últimos 50 años, los ecosistemas han sufrido degradaciones y transformaciones de manera más acelerada y en territorios cada vez más extensos que han derivado en pérdidas irreversibles para la biodiversidad del planeta (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Esta condición puede ser explicada en gran medida por el acelerado crecimiento de las ciudades. En la actualidad, esta expansión urbana ha llevado a que casi 9 de cada 10 personas en Chile habitan en territorios urbanos (INE, 2002). El avance de las ciudades naturalmente ha generado pérdidas de ecosistemas tanto de manera directa por la construcción de edificaciones en zonas ocupadas por humedales, bosques o riberas, como de manera indirecta por la contaminación y explotación de recursos naturales (Vásquez, 2016).

El crecimiento acelerado de las ciudades chilenas y el modelo económico instaurado basado en la exportación y explotación de recursos naturales, ha generado un daño de gran magnitud y ha producido una serie de conflictos ambientales. (Romero T., H., Romero A., H. & Toledo, X., 2009).

En este contexto, los humedales se han visto más amenazados y degradados por la acción antrópica que otros ecosistemas, condición preocupante si pensamos que estos hábitats son considerados entre los más importantes del planeta por sus características y funciones ecológicas que sostienen, además de los servicios ecosistémicos que brindan a la humanidad (Mitsch & Gosselink, 2015). Entre los principales servicios destacan el abastecimiento y purificación de agua, contención de inundaciones y marejadas, fuente de recursos acuícolas, recreación, turismo, entre otras (Figueroa, 2010). Mientras que entre las funciones ecológicas de estos ambientes húmedos es posible mencionar las relacionadas con la capacidad para producir materia orgánica autóctona, mantenimiento de humedad ambiental y recarga de acuíferos, entre otros.

Desde una perspectiva de análisis espacial de paisaje, los humedales situados en contextos urbanos corresponden a componentes relevantes de lo que se puede denominar como infraestructura verde urbana, un elemento clave en el ámbito de las gestión y planificación de las ciudades de manera sustentable (Vásquez, 2016). Es posible entender el concepto de infraestructura verde como una red de espacios verdes interconectados que conservan los valores y funciones ecosistémicas naturales, y que además proveen una serie de beneficios al ser humano (Benedict y McMahon, 2002). Esta perspectiva de análisis de los espacios verdes genera un cambio sustancial en la manera en que se piensan y planifican las ciudades, puesto que se lleva a cabo una transformación en cómo se conciben los componentes de infraestructura verde (como los humedales), pasando de ser terrenos disponibles para la expansión urbana a un tipo de uso del suelo que genera una serie de beneficios sociales, económicos y ambientales (Vásquez, 2016)

En este contexto, los humedales situados en contextos urbanos resultan ser componentes fundamentales para el desarrollo de una infraestructura verde en las ciudades por los servicios y funciones ecosistémicas mencionadas anteriormente. Uno de los beneficios más representativos de estos ambientes corresponde a la capacidad para satisfacer la mayoría de los requerimientos básicos de los ciclos de vida de gran parte de la avifauna acuática, tanto en materia de alimentación y descanso como en procesos de reproducción (López-Lanús & Blanco, 2005). De esta manera, muchas especies de avifauna acuática se ven ligadas de manera obligatoria en gran parte de su vida o en la totalidad de ella a estos ambientes.

Desde la perspectiva de la ecología del paisaje, el movimiento de las aves acuáticas en estos ambientes depende de las características que presenten los parches de manera individual y de la forma en que se distribuyen espacialmente, teniendo entonces que la conectividad funcional entre los componentes de sistemas de humedales está determinada por el comportamiento de los organismos y las características físicas de estos ambientes. (Haig, Mehlman & Oring, 1998).

1.2 Objetivos generales y específicos

Objetivo general: Evaluar el estado ecológico y la avifauna acuática de humedales seleccionados en Pichilemu

Objetivos específicos:

- 1.- Proponer un método de evaluación rápida de estado ecológico de humedales
- 2.- Realizar evaluación ambiental rápida del estado ecológico de los humedales
- 3.- Analizar la avifauna acuática y discutir su movimiento espacial entre los humedales seleccionados

CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Humedales y relevancia de la componente avifauna

Con respecto a las concepciones de humedal, es posible mencionar que existen aproximadamente cincuenta definiciones distintas (Blanco, 2000), lo que refleja en cierto modo la complejidad de estos ecosistemas o el poco acuerdo entre las personas con respecto a este tema.

Una de las definiciones de humedal más difundidas internacionalmente corresponde a la definición realizada por la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Ramsar), la cual señala que son humedales “...las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.” (Ramsar, 1971: 1). Esta definición presenta gran relevancia pues entrega una concepción amplia de lo que se considera un humedal, incluyendo los humedales artificiales como embalses y estanques de acuicultura, permitiendo que una gran cantidad de humedales queden bajo la protección de la Convención de Ramsar (Amstein, 2017)

Actualmente, esta definición elaborada por la Convención Ramsar es la que se utiliza en Chile de manera oficial para definir a los humedales nacionales. De esta manera, según dicha definición y de acuerdo al Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2011), en nuestro país existen aproximadamente más de 40.000 unidades identificadas bajo esta definición.

Por otra parte, Keddy (2000) señala que los humedales corresponden a ecosistemas que surgen cuando las inundaciones de agua producen suelos dominados por procesos anaeróbicos, lo que a su vez genera que la biota se adapte a dichas inundaciones y las condiciones que genera.

En relación a la complejidad de establecer una definición general para estos ecosistemas húmedos, Mitsch y Gosselink (2007) plantean tres componentes comunes identificados para la gran mayoría de definiciones elaboradas de humedales.

- Presencia de agua: puede ser a nivel de superficie o en zona de raíces
- Condiciones exclusivas del suelo diferentes al resto del substrato
- Existencia de una biota característica que se adapta a condiciones de humedad, tales como plantas hidrófitas

Los humedales brindan una serie de servicios ecosistémicos a la población y además dan soporte a variadas funciones en los ecosistemas que permiten el funcionamiento de los diferentes procesos que se llevan a cabo en los ambientes de humedales. Entre dichas funciones destaca la de sostener biodiversidad brindando hábitat a múltiples especies. Uno de los componentes faunísticos más evidentes de la biodiversidad de los ambientes acuáticos corresponde a la avifauna, lo que se explica principalmente por sus características de abundancia, comportamiento y colores, entre otros (Boltovskoy & López, 1993).

La abundante presencia de aves genera condiciones favorables para el avistamiento y la fotografía de estas especies, actividades religiosas y artísticas, entre otras, aportando en la provisión de servicios ecosistémicos de tipo cultural (Şekercioğlu, Wenni y Whelan, 2016). Siguiendo en la línea de beneficios que conlleva la gran presencia de aves acuáticas en ambientes costeros, Şekercioğlu, Wenni & Whelan (2016) señalan que este tipo de fauna constituye el mayor vector para la dispersión de muchas especies de plantas, permitiendo procesos de colonización y de restauración ecológica de lugares que presenten características adecuadas, pero estructuralmente no se encuentren conectados. La presencia de aves que migran desde lugares muy distantes ofrece condiciones de dispersión distintas a otros tipos de animales.

De modo general es posible mencionar que, de acuerdo a sus características y condiciones particulares asociadas a la interacción ecotonal entre ambientes terrestres y marinos, los humedales costeros se presentan como hábitats claves para la avifauna acuática, tanto a nivel nacional como mundial (Victoriano, González & Schlatter, 2006; Estados, Vukasovic, & López, 2009). Esto en tanto los humedales tienen la capacidad de satisfacer la gran mayoría de las necesidades o requerimientos básicos que tienen las aves acuáticas. Entre dichos requerimientos destacan la necesidad de encontrar zonas de alimentación, lugares para su reposo, defensas ante predadores y sitios para realizar actividades de nidificación (López-Lanús & Blanco, 2005). Las familias de aves acuáticas más frecuentes en los humedales corresponden a Anatidae (patos, cisnes), Rallidae (taguas, pidenes), Laridae (gaviotas), Ardeidae (garzas), Scolopacidae (playeros), Charadriidae (chorlos), Phalacrocoracidae (cormoranes), Podicipedidae (zambullidores), *entre otras*. (Wetlands International, 2012)

La riqueza y abundancia de especies en los humedales no se presenta de manera uniforme en estos ambientes, y en muchos casos varía de acuerdo a una serie de factores condicionantes. Entre estos es posible mencionar el régimen hidrológico, la heterogeneidad del ambiente y estructura de la vegetación (Blanco, 2000). Debido a todos los factores que condicionan la presencia de aves en los humedales, y que en muchos casos están interrelacionados, resultando complejo establecer claramente a que se debe específicamente la presencia o ausencia de avifauna en un humedal determinado (Figueroa & Green, 2003).

2.1.1 Rol de los humedales costeros como sitios de alimentación, descanso y nidificación para avifauna

Rol de los humedales como sitios de alimentación

Uno de los roles más destacados de la avifauna en los ecosistemas de humedales es como consumidoras. La dieta de las aves acuáticas abarca un amplio espectro del alimento disponible en los humedales, tales como peces, invertebrados, plantas de tipo vascular y algas microscópicas (Hurlbert & Chang, 1983) (figura N°1). Las aves pueden obtener su alimento desde diferentes zonas de estos ecosistemas debido a sus características adaptativas y la gran diversidad de microambientes que presentan estos ambientes húmedos (González, Estados & Vukasovic, 2009). De esta manera, los diferentes tipos de aves pueden conseguir su alimento ya sea desde las zonas de vegetación litoral, zona de playa, desde la columna de agua a diferentes profundidades, aguas superficiales, entre otros (Martínez, 1993).

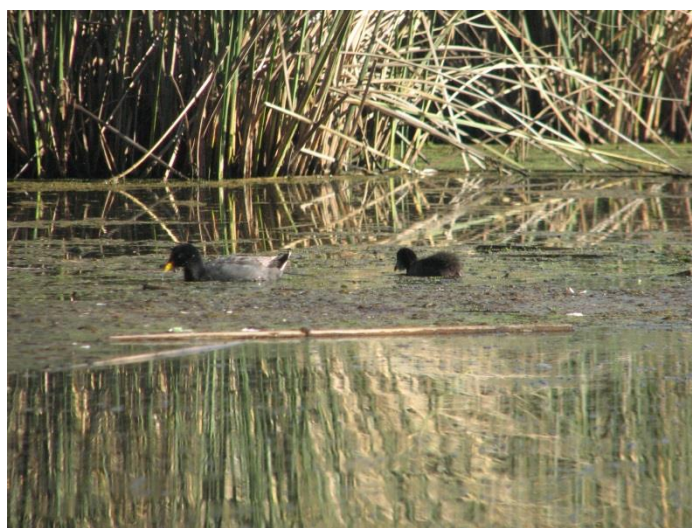
Tal como se mencionó en los capítulos anteriores, los humedales se caracterizan por la presencia de vegetación adaptada a vivir en estos ambientes inundados de forma permanente o periódica. Sin embargo, existen algunos estudios que señalan que la vegetación acuática está sujeta a grandes pérdidas debido al consumo por parte de herbívoros, entre los que destacan las aves (Lodge, 1991), es decir, la vegetación acuática ha mostrado decaimiento en los humedales explicado por diferentes razones siendo uno de ellos su consumo por parte de las poblaciones de aves acuáticas que viven en ellos o lo visitan temporalmente.

En los humedales existen algunos tipos de aves considerados omnívoros, es decir, que su dieta alimenticia presenta una condición de baja selectividad y está basada en el consumo tanto de carne como de especies vegetales. Además, algunas aves son consideradas filtradoras, es decir, consumen microorganismos del bentos o plancton, gracias a ciertas características en la estructura de su pico y lengua. En este último grupo destacan algunas especies de patos y flamencos (Euliss, *et al.*, 1991; Hutchinson, 1967; Martínez, 1993).

En relación a las conductas alimentarias relacionadas al consumo de invertebrados, es posible mencionar que la gran mayoría de las especies de aves los incluyen en su dieta. Sin embargo, los invertebrados se presentan como una pieza clave en la dieta alimenticia de los Charadriiformes como chorlos y queltehués, algunos Ardeiformes tales como garzas y huairavos, y la gran mayoría de Passeriformes como siete colores, tijeral, run run. Destacan en la dieta de algunas de estas especies los moluscos, insectos, crustáceos, entre otros (Canevari *et al.*, 1991).

Entre las aves que utilizan los humedales costeros del país es posible mencionar la presencia de las aves migratorias, entre ellas las limícolas. Estas aves son conocidas en muchas partes como chorlos, playeros o también en algunos casos como aves de orilla. Se definen en base a su alimentación en zonas con abundancia de limo, además de zonas de orilla de playa (Torres, Quinteros & Takano, 2006).

Figura 1: tagua de frente roja alimentándose en humedal Bajel, Pichilemu



Fuente: elaboración propia, 2018

Rol de los humedales como sitios de descanso

Entre las actividades realizadas por aves migratorias en los humedales costeros se encuentra la utilización de estos con el fin de descansar luego de grandes viajes. En particular, la distribución espacial en forma lineal de los humedales costeros a lo largo de la costa del país representa una especie de corredor que sirve para el movimiento migratorio de un gran número de especies (Marquet, Abades & Barría, 2012), donde los humedales ejercen la función de peldaños o escalones dentro de la gran ruta migratoria. La importancia de los humedales costeros del país en la ruta migratoria del Pacífico queda de manifiesto en tanto algunas especies como el zarapito de pico recto y zarapito común, entre otras, presentan en estos ambientes las mayores poblaciones de las costas del Océano Pacífico del hemisferio occidental (Delgado, Sepúlveda & Álvarez, 2010).

Las aves provenientes del hemisferio norte nidifican en el Ártico durante el verano boreal y, pasado este período, realizan los procesos migratorios hacia el hemisferio Sur deteniéndose en los humedales costeros para recuperar energías. Esto se explica en tanto estas aves recorren aproximadamente 30.000 kilómetros con un gasto energético elevado requiriendo de estos ecosistemas húmedos para su descanso y alimentación (Bala *et al.*, 2008)

Las rutas migratorias de estas aves son fijas y constantes a lo largo del tiempo. Las causas de la migración se relacionan principalmente con el descenso de las temperaturas en sus lugares de reproducción en el hemisferio norte y la consiguiente escasez de alimento en los meses de frío. Algunas de estas aves migratorias se van quedando en sitios de descanso ubicados en América Central o al norte de Chile como destino final. Las que arriban al país generalmente comienzan a llegar en el mes de octubre y aumentan hasta el mes de diciembre. El retorno desde las costas de Chile hacia el hemisferio norte comienza a desarrollarse en el mes de marzo, y las últimas bandadas de aves abandonan los sitios de descanso y alimentación a fines de Abril (SAG, 2015).

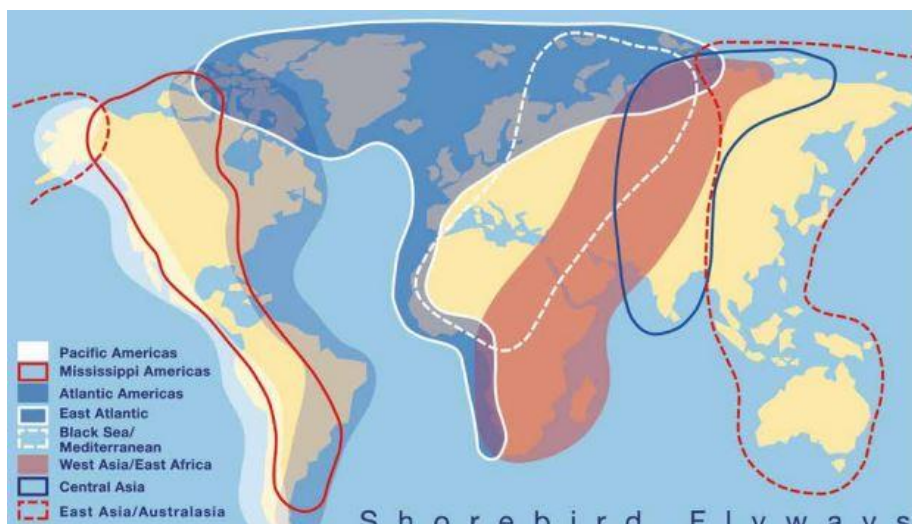
En la figura N°2 es posible apreciar las principales rutas migratorias que realizan las aves terrestres y acuáticas a nivel mundial. En ella se ven las rutas con incidencia en América y como los humedales costeros nacionales poseen una gran importancia a nivel Internacional como sitios de descanso y alimentación para las aves migratorias, permitiendo el desarrollo de procesos ecológicos a escala planetaria. Existen tres rutas que eventualmente utilizan en mayor o menor medida las costas del país para el refugio de la avifauna. Según lo planteado por Tala (2006) estas rutas son:

- Ruta del Pacífico: Esta ruta se origina en el extremo Este de Siberia y también en Alaska. Las aves que realizan esta ruta se desplazan principalmente por las costas del Pacífico hacia latitudes Sur. Es posible mencionar que algunas especies incluso llegan hasta Tierra del Fuego o al territorio Antártico.
- Ruta del Atlántico: Esta ruta tiene su origen en el ártico de Canadá y en la costa oriental de Groenlandia, donde las aves llevan a cabo su proceso de reproducción. La migración sigue su rumbo hasta sitios de descanso en la costa Este de Canadá y Estados Unidos. Las aves continúan su migración a través del Caribe para luego llegar a las costas sudamericanas a través del Atlántico. Algunas aves que utilizan este corredor cruzan hacia la costa

pacífica, utilizando los humedales costeros nacionales para completar la ruta migratoria

- Ruta del Mississippi: Esta ruta al igual que la del Atlántico se inicia en el ártico y además en la zona interior de Norteamérica. La migración continúa a través de las zonas centrales de Norteamérica y Centroamérica. Desde estas zonas, algunas aves se desplazan por las costas Pacíficas, completando el proceso migratorio en los humedales costeros nacionales.

Figura 2: Principales rutas de migración de aves



Fuente: Boere & Stroud, 2006

Rol de los humedales como sitios de nidificación

Otra de las principales funciones ecológicas que brindan los humedales costeros a la avifauna acuática se relaciona con servir para los procesos de nidificación. Los humedales se caracterizan por el tipo de vegetación que presentan, la cual se adapta a condiciones específicas de tolerancia a inundaciones. Son características de estos ambientes la vegetación ripariana y la vegetación sumergida (Mitsch & Gosselink, 2007). Esta vegetación característica de los humedales además de servir para satisfacer la demanda alimentaria de algunas especies de avifauna herbívoras, genera condiciones favorables para la nidificación de muchas familias de aves acuáticas (Riveros *et al.*, 1981).

Además, en relación a la disponibilidad de materia vegetal, es posible mencionar que las plantas acuáticas en muchos casos son utilizadas por la avifauna para resguardarse contra potenciales predadores y proteger de esta manera las zonas elegidas para el proceso de reproducción (Blanco, 2000).

Entre las especies de avifauna que utilizan los humedales como sitios de reproducción se encuentran principalmente las aves consideradas como residentes, es decir, que realizan todos sus procesos anuales en dichos ecosistemas, ya sea reproducción, descanso, alimentación (Simeone *et al.*, 2008).

Sobre el proceso de nidificación, es posible mencionar que las diferentes especies posibles de encontrar en los humedales costeros construyen sus nidos en los diferentes estratos de la vegetación existente. Así, algunas especies tales como

garzas (Ardeidae) y otros Passeriformes como el siete colores realizan el proceso de nidificación en altura dando uso a los tallos de las especies macrófitas para sostener el nido (Figura N°3). Otras especies, como es el caso de los cisnes, llevan a cabo el proceso de nidificación en la superficie del agua realizando grandes plataformas, las cuales son elaboradas basándose en la acumulación que se produce en los humedales de material vegetal (Blanco, 2000) (Figura N°4).

Figura 3: nido de siete colores sostenido por tallos de vegetación de humedal



Fuente: Wikimedia Commons, 2015

En relación a la formación de nidos de la avifauna acuática en los humedales costeros, es posible mencionar que además de la disposición de vegetación de tipo acuática y zonas seguras de depredación, las especies de avifauna en general buscan sectores de los humedales que estén libres de grandes procesos de inundación (Robledano, 1997). En esta dirección es posible mencionar que el funcionamiento de los humedales costeros como sitios de nidificación para avifauna está condicionado en parte por las fluctuaciones en los niveles hidrológicos, las que dependen a su vez de una serie de factores que han sido clasificados en externos e internos, asociados a la resiliencia de los hábitats a períodos de inundación y a características de historia de vida de las aves, respectivamente (Bildstein *et al.*, 1991).

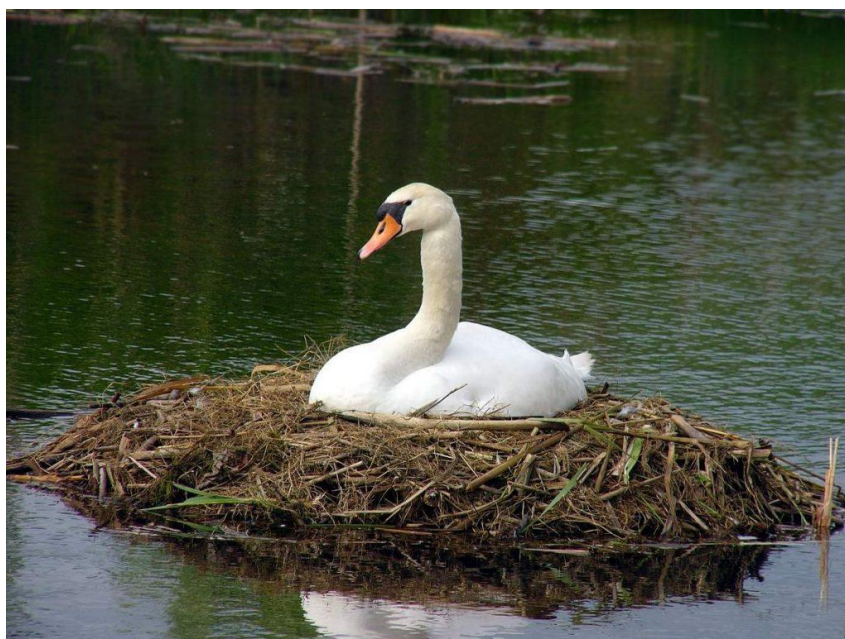
Entre los factores externos se menciona que un aumento en el nivel general de las aguas en los humedales costeros, asociado a patrones de cambio climático, puede tener consecuencias negativas en los procesos de reproducción de las aves por la inundación de las zonas de anidamiento. Además, algunas especies de vegetación utilizadas en la conformación de nidos están adaptadas a ciertos niveles de inundación, por lo que un aumento en el nivel de agua de estos ecosistemas conllevará la pérdida de cierta vegetación útil para el proceso de reproducción.

En relación a los factores intrínsecos, Bildstein *et al.*, (1991) señalan que existen patrones de fidelidad al sitio de anidamiento por parte de las aves. La fidelidad se relaciona de manera inversamente proporcional al éxito de reproducción, lo que deriva de la estabilidad del hábitat (McNicholl, 1975). Si determinada especie presenta fidelidad inflexible por un sitio, los cambios en el hábitat significarán un desastre para la especie. Así, las especies que presentan fidelidad por un sitio específico probablemente estén adaptadas de mejor manera a los aumentos en los niveles de agua. En relación a la selección del hábitat se señala que algunas especies presentan

una flexibilidad mayor en la elección de los humedales como sitios de reproducción. Esta condición podría explicar en parte la sobrevivencia de avifauna y sus nidos a potenciales procesos de inundación.

Siguiendo con los factores internos, es posible mencionar que la longevidad de la avifauna repercute en los efectos negativos que producen las inundaciones en el éxito en la reproducción. De esta manera, algunos tipos de aves que presentan una alta tasa de supervivencia pueden aumentar sus poblaciones a pesar de las pérdidas anuales provocadas por los períodos de inundación. Además, el tiempo necesario para el proceso de anidamiento de avifauna también resulta relevante, ya que las especies de avifauna que presentan períodos de incubación más cortos estarán expuestos menos tiempo a variaciones en el nivel de agua, entendiendo el carácter dinámico de los flujos de agua en estos ecosistemas.

Figura 4: Cisne en nido construido con materia vegetal de humedal



Fuente: Hablemos de aves, 2018

2.2 Sistemas de humedales y conectividad funcional

En relación al concepto de conectividad es posible mencionar que existe un amplio debate sobre su definición, los parámetros a medir y las formas de cómo evaluar conectividad entre elementos del paisaje. Es posible aproximarse a la definición de conectividad según lo planteado por Crooks & Sanjayan (2006), quienes señalan que la conectividad se relaciona inherentemente al grado de movimiento de los organismos o materiales, reflejándose en la siguiente relación: A mayor movimiento, mayor conectividad. En este sentido, se entiende que de modo contrario a menor movimiento, menor es la conectividad. Siguiendo esta línea, Taylor *et al.* (1993) discuten las nociones del concepto de conectividad en relación a la capacidad que presentan los territorios para dar soporte al desplazamiento de diferentes especies. En este sentido, se plantea cómo el paisaje genera condiciones que impiden o eventualmente facilitan el movimiento entre los elementos que lo componen. En relación al análisis de la

conectividad, se pueden distinguir dos tipos, por una parte se encuentra la conectividad estructural o física, y por otro lado se encuentra la conectividad funcional (Tischendorf & Fahrig, 2000). La conectividad estructural o física se relaciona principalmente con la disposición espacial de los elementos que componen el paisaje, como parches y corredores, además de las características físicas de estos, entre las que destacan distancia y extensión, dependiendo de la continuidad física de los elementos del paisaje. Por otra parte, la conectividad funcional se relaciona principalmente con las características del comportamiento propio y la perspectiva individual de especies, individuos o procesos ecológicos y su relación con la estructura del paisaje (Taylor *et al.*, 2006). De este modo, un paisaje de humedales dispersos puede presentar nula o mala conectividad estructural ya que los fragmentos de humedales no presentan continuidad física en el territorio, mientras que al mismo tiempo presenta una buena conectividad funcional para ciertas especies de aves que presentan una gran capacidad de desplazamiento.

En relación a la conectividad de los paisajes es posible mencionar que se han estudiado muchos hábitats como bosques y pastizales, sin embargo es un concepto especialmente difícil y comúnmente ignorado en los humedales (Haig *et al.*, 1998), ya que estos corresponden a un tipo de ecosistema que se distribuyen espacialmente de manera dispersa sobre el territorio y se caracterizan por una fluctuación natural en sus condiciones. Esta condición genera que la conectividad funcional entre estos ecosistemas se vuelva tan relevante para determinados tipos de especies, entre ellos la avifauna acuática puesto que en gran parte de su historia de vida están ligadas a los humedales (Gurrutxaga y Lozano, 2007).

Este tipo de aves presenta ciertos requerimientos de acuerdo a sus hábitos y comportamientos, destacando la necesidad de usar diversos humedales para completar sus actividades y funciones. Debido a esto, y a pesar de que este tipo de aves presente una gran movilidad, la conectividad entre los fragmentos de hábitat es un elemento central en materia de conservación de avifauna acuática (Haig *et al.*, 1998; Gurrutxaga y Lozano, 2007). La escala espacial y temporal requerida para realizar investigaciones asociadas a la conectividad funcional de humedales dependerá de los objetivos de investigación planteados, así como la especie estudiada. Así, ciertas especies de aves realizan desplazamientos que incluyen grandes migraciones en períodos de tiempo que incluyen varios meses, mientras que otras aves consideradas como residentes de humedales pueden satisfacer todos sus requerimientos en un solo humedal e incluso en una zona específica de este.

A nivel de ecosistemas los humedales presentan patrones de fragmentación, generando a primera vista una especie de mosaico de hábitats sin conexión física (Guadagnin *et al.*, 2005). A escala nacional, la fragmentación de humedales costeros es una realidad. En muchos casos la construcción de caminos costeros ha derivado en la fragmentación y degradación de estos hábitats (Valencia, 2015), generando una disminución en la provisión de hábitat para las aves acuáticas, además de aumentar las distancias entre cada hábitat. En este sentido, si se piensa en el carácter complementario de los humedales para satisfacer y sostener poblaciones de especies de aves acuáticas resulta de gran relevancia implementar medidas de conservación que incorporen el funcionamiento sistémico de estos ambientes, ya que planes individuales para un humedal en específico podrían ser ineficientes si se busca resguardar la biodiversidad que estos albergan.

2.3 Formas de evaluación de movilidad de aves

De modo general es posible mencionar que para el estudio de aves existen dos grandes métodos. Por una parte, se encuentran las técnicas que implican la captura y manipulación, y por otra parte, los métodos que no implican captura del ave sino que se realizan mediante la observación de los individuos (Bala *et al.*, 2008).

2.3.1 conteos de aves

Uno de los métodos más comunes utilizados en los estudios de aves corresponde a la realización de censos de población. (Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil; Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves; WWF Colombia, 2004). Con respecto a este método, en la literatura existe una amplia abundancia de investigaciones que se han basado en éste método para estudiar a las aves (Blanco, 1998; Nirmal Kumar *et al.*, 2011; González *et al.*, 2011; Ibarra *et al.*, 2009; Rau *et al.*, 2015, entre otros).

Es posible aproximarse a la definición del método censal entendiéndolo como un recuento que consiste en la enumeración de los contactos que realiza un observador de una proporción indeterminada de aves presentes en la localidad censada (Bennetts *et al.*, 1999).

Para la realización de censos o conteos de aves se pueden seguir varias estrategias dependiendo de las condiciones y el objetivo de estudio (Siegel, 2009). Entre las tácticas a seguir, existen dos métodos que han sido utilizados en mayor medida en las investigaciones de aves. La primera estrategia se realiza desde una estación fija de censado, mientras que la segunda corresponde a la realización de transectos o recorridos desde un lugar a otro realizando el conteo de aves (CONAF, 2013).

Con respecto a los recuentos de aves desde estaciones fijas, estos requieren que el observador registre todas las aves que visualice o escuche durante un período determinado de tiempo y en un radio de distancia específico, realizando este procedimiento en una cantidad de puntos de acuerdo al área de estudio (Ralph *et al.*, 1993; Siegis, 2009). En relación a los censos de aves realizados mediante transectos o recorridos, estos requieren que el observador vaya registrando todas las aves que visualice o escuche mientras realiza una caminata por una ruta fija (Emlen, 1971). En este tipo de método de campo, existen transectos a los que se asigna una anchura fija como también transectos que tienen una anchura variable (Siegis, 2009). Algunos autores han planteado que los métodos asociados a transectos son más eficientes que los conteos en lugares fijos (Bibby *et al.*, 1992; Fancy y Sauer, 2000), puesto que permiten observar y contar aves por un período mucho mayor, además de cubrir áreas mayores con mayores tasas de detección. En relación a la factibilidad de los tipos de censos, se menciona que el de transectos puede ser llevado a cabo de modo general solo en terrenos relativamente regulares, de modo que el observador centre su atención en las aves y no en su propio equilibrio al caminar (Dawson, 1981). Los conteos de aves desde puntos fijos presentan la ventaja de que el observador concentra toda su atención en la observación y audición de las aves, permitiendo un levantamiento de información más detallado. Así mismo, también se ha mencionado que el hecho de realizar caminatas constantemente puede resultar perjudicial para la actividad normal de las aves, mientras que los conteos inmóviles no alterarían el funcionamiento de estas especies (Reynolds *et al.*, 1980). Por otra parte, también se

ha señalado que desde una perspectiva estadística el método de transectos resulta más débil que el de estaciones fijas puesto que produce menores puntos independientes de datos y/o repeticiones de conteo (Nur *et al.*, 1999). Una de las mayores críticas que se ha hecho en relación al método de transectos es que este tipo de conteo no produce una asociación específica en el espacio de las detecciones de aves, es decir, no existe una georreferenciación de los conteos de aves, por lo que cierto tipo de información asociada al hábitat particular de las especies no se toma en cuenta (Fancy y Sauer 2000). En este sentido, los conteos de aves en puntos fijos presentan una gran ventaja en relación a los conteos de transectos, puesto que la detección de avifauna puede quedar vinculada específicamente a algún lugar del área de estudio, pudiendo generar diferentes análisis ecológicos en relación al hábitat (Siegis, 2009).

El censo o recuento de individuos se ha utilizado con diferentes objetivos de investigación, entre los que destacan los censos usados en estudios de distribución (Sauer *et al.*, 1995), para determinar abundancia (Boano & Toffoli, 2002) y cambios en el tiempo de poblaciones de aves (Travaini *et al.*, 2004), entre otros. En relación a movilidad de avifauna, es posible mencionar que no existen muchas experiencias de investigaciones que hayan utilizado este método para determinar desplazamientos. En este sentido, destaca la investigación elaborada por CONAF en el Sitio Ramsar “Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter” ubicado en la ciudad de Valdivia. En este estudio se llevan a cabo censos de avifauna de manera periódica con el fin de monitorear la riqueza y abundancia de las especies presentes en el humedal. Además, asociado al funcionamiento de una planta de celulosa en cercanías del humedal, desde 2004 se realizan censos en zonas fuera del Santuario suponiendo el trasvasije o transferencia de individuos, de manera de poder evaluar la movilidad de las aves hacia estas áreas (CONAF, 2017). Otra investigación que utiliza censos de aves corresponde al estudio de Malizia, Aragón, Chacoff & Monmary (1998), el cual evalúa el efecto de una ruta como inhibidora de los desplazamientos de avifauna en una reserva en la ciudad de Tucumán, Argentina. Se utilizaron capturas de especies a través de redes niebla y censos de aves para determinar los desplazamientos desde un sector de bosque continuo hacia un sector de bosque fragmentado, buscando evaluar los flujos de aves que atraviesan la ruta que separa los dos ambientes.

2.3.2 Captura, marcación y seguimiento de aves

Captura de avifauna

El estudio de movilidad de avifauna se ha realizado principalmente por medio de la captura de aves. Uno de los métodos para la captura de aves que ha presentado una alta eficacia durante muchos años corresponde al uso de redes niebla (Ralph *et al.*, 1996). De modo general es posible mencionar que este método es una importante técnica para el monitoreo de poblaciones de aves, permitiendo la evaluación de composición de especies, abundancia, tamaño, entre otras variables demográficas (Dunn & Ralph, 2004). Este método se presenta probablemente como la estrategia más versátil y utilizada para capturar aves silvestres de tamaños pequeños y medios, entre los que destacan las aves playeras. Este método implica una red de malla discreta que se erige verticalmente a través de postes, la cual se despliega en zonas que las aves frecuentan en sus rutinas diarias (FAO, 2007). La captura de aves a través del método de redes niebla ofrece ciertas ventajas por sobre otros métodos

visuales y auditivos de monitoreo de aves (Dunn & Ralph, 2004), entre las que destacan la facilidad de estandarizar el esfuerzo de muestreo, la disminución del sesgo y subjetividad del observador, la oportunidad de detectar especies que pudiesen no ser divisadas por otros métodos de conteo, entre otros. En comparación con otros métodos de captura este método presenta ventajas asociadas a la portabilidad y versatilidad de la red niebla, además de generar una captura de aves más amplia que otros métodos más selectivos (Low, 1957). Este método al realizarse de manera correcta se presenta como una estrategia de gran discreción, incluso ante la aguda visión que presentan las aves, lo que genera que las aves impacten la red en muchos casos a grandes velocidades. A pesar de esto, las redes nieblas están diseñadas para amortiguar y desacelerar el impacto de las aves, las cuales posterior al impacto quedan atrapadas en una especie de bolsillo. (FAO, 2007; Keyes & Grue, 1982). Como bien se mencionó anteriormente, este método ha sido ampliamente utilizado por sus ventajas en comparación a otros métodos de captura. Sin embargo, también existe en la literatura autores que plantean algunas desventajas de esta estrategia, tales como la dificultad de capturar aves que vuelan a ras de suelo (Remsen & Good, 1996). Por otra parte, MacArthur & MacArthur's (1974) plantean que el método de captura a través de redes puede generar dificultades en relación al aprendizaje de las aves. La capacidad de aprendizaje de las aves varía entre especies, y eventualmente algunas aves tendrían la capacidad de aprender a evitar las redes.

Otra de las estrategias para capturar aves corresponde al método denominado redes cañón. Este método fue desarrollado por Thornsberry y Dill (1948) con el objetivo de capturar gansos en un lago de Estados Unidos (Dill, 1969), y consiste básicamente en una red que en su parte delantera está atada a proyectiles, que al ser disparados mediante cañones despliegan la red de captura, la cual en su parte trasera está atada a pesos que funcionan como anclas de arrastre (Dill & Thornsberry, 1950). La red de cañón se ha utilizado en investigaciones que requieren capturar una gran cantidad de aves que estén posadas en un lugar determinado. El mecanismo de acción de este método genera que las aves no tengan tiempo de escapar y queden atrapadas en la red disparada (O'Brien *et al.*, 2016). Las aves que se encuentran congregadas en gran abundancia en sitios de reposo o alimentación presentan una gran probabilidad de ser atrapadas mediante este método (FAO, 2007). En relación al dispositivo de acción de la red cañón asociado al disparo de proyectiles a una alta velocidad, este método conlleva un riesgo significativo de lesión o mortalidad de aves, e incluso de los humanos que llevan a cabo el procedimiento, si la técnica es utilizada por operadores inexpertos (FAO, 2007; Silvy & Robel, 1968). A pesar de los riesgos implícitos que implica llevar a cabo este procedimiento, O'Brien (2016) presentó una evaluación de las tasas de lesiones y mortalidad en aves acuáticas asociado a diferentes métodos y técnicas de captura. En esta publicación se señala que los reportes previos plantean porcentajes que van desde 0% (Southern and Southern, 1983 en O'Brien, 2016) a 1% (Cox *et al.*, 1994 en O'Brien, 2016).

Marcación de individuos

En algunos estudios de aves resulta fundamental generar algún tipo de marca en las aves para su posterior identificación/individualización (Bibby, *et al.*, 2000). Este tipo de métodos resulta de gran utilidad para responder a preguntas específicas en investigaciones de aves asociada a movimientos individuales de especies/individuos, además de ser ventajoso puesto que permite generar recapturas visuales de los individuos (Wunderle, 1994) sin que sea necesario realizar una recaptura física de las aves (Martínez, 2008).

En relación a este procedimiento, se deben seguir protocolos estrictos en la manipulación de las aves, las cuales luego de ser capturadas deben ser colocadas en cajas con buena ventilación. Se debe tener en cuenta siempre el evitar someter a las aves a condiciones de estrés. (Bala *et al.*, 2008). Además, antes de llevar a cabo esta metodología es necesario contar con las autorizaciones de los organismos responsables de acuerdo al país donde se lleve a cabo el estudio, de modo que el eventual marcado no entre en conflicto con otros programas de monitoreo y marcado de aves que se estén llevando a cabo o planificando (FAO, 2007). En nuestro país el organismo encargado de entregar autorizaciones y fiscalizar los métodos utilizados en la captura y marcaje de aves es el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). En relación a los métodos para marcar a las aves capturadas Bibby *et al.* (2000) presenta un listado con algunas de estas estrategias entre las que destacan los anillos de colores, bandas en las patas, collares en el cuello, coloreado de plumas, entre otros. Entre estas estrategias de marcado, el anillado de aves se presenta entre los métodos más utilizados por ser una técnica poco invasiva y de fácil control (Pinilla, 2000) (Figura N°5). Al llevar a cabo el marcado de aves pueden surgir algunas dificultades propias de este tipo de métodos. En relación al marcaje con anillos de colores, es posible que surjan problemas al observar los anillos con condiciones de poca luz. Además, al instalarse un elemento externo al ave, algunas especies pueden ser capaces de eliminar los anillos o bandas. (Hatch, 1979). Si las marcas puestas en las aves no quedan ajustadas de forma correcta existen grandes probabilidades de que puedan enredarse con algún elemento del hábitat como la vegetación. (FAO, 2007)

Figura 5: Anillamiento de ave para monitoreo



Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero, 2013

Seguimiento y monitoreo

En relación a los estudios de aves interesados en conocer las rutas y zonas por donde estas se desplazan muchas veces resulta necesario incorporar al estudio instrumentos de telemetría o GPS (Morales, 2015). En la literatura asociada al estudio de aves existe una serie de investigaciones y artículos científicos en que este método ha sido utilizado para evaluar la movilidad de diferentes especies y a escalas que van desde movimientos específicos de reproducción hasta patrones de movimientos de especies migratorias (FAO, 2007).

Es posible aproximarnos a una definición básica de lo que implica un estudio de telemetría según lo planteado por FAO (2007), que señala que consiste en incorporar un transmisor de radio a un animal y posteriormente rastrear la señal con el objetivo de determinar los movimientos del individuo. Una de las premisas básicas en los estudios que utilizan el método de telemetría es que las especies que han sido capturadas y equipadas con instrumentos para rastrearlos se mueven a través del ambiente respondiendo a estímulos y teniendo de modo general un comportamiento parecido a las especies que no han sido equipadas con instrumentos de telemetría, por lo que los individuos rastreados permiten generar una muestra representativa de la población total (White & Garrot 1990). Este método permite conocer con un gran nivel de detalle los desplazamientos de los individuos marcados. Sin embargo, en relación a los efectos adversos sobre los individuos marcados es recomendable utilizar la telemetría solo en casos en que la información de movilidad no pueda ser obtenida de otra forma (Gaunt & Oring, 1997). Entre los impactos que eventualmente pueden afectar a las especies equipadas con radiotransmisores es posible mencionar que van desde los cambios en el comportamiento de manera temporal hasta cambios prolongados con posibles efectos en la persistencia del individuo y su reproducción (White & Garrot, 1990).

White & Garrot (1990) plantean que si bien pareciera obvio que para implementar cualquier método de telemetría resulta fundamental generar un diseño cuidadoso de los pasos a seguir, existen algunos usuarios de instrumentos de telemetría que ignoran este paso fundamental y piensan que por el solo hecho de instalar transmisores en animales y rastrearlos tienen garantizado la obtención de buenos datos biológicos. En este sentido, resulta primordial generar una planificación adecuada del estudio aclarando los objetivos que se buscan conseguir y diseñando de manera cuidadosa los pasos a seguir, entendiendo que en comparación a otros métodos de marcaje la telemetría resulta tener costos asociados bastante más altos (FAO, 2007).

El seguimiento de los movimientos realizados por las aves mediante el método de telemetría desde sus inicios se basó en la tecnología VHF (Very High Frecuence), donde el transmisor equipado al individuo emite una señal en una frecuencia determinada posible de captar mediante un receptor de radio (Craighead, 1982). Esta tecnología requiere que el receptor de la señal se encuentre a una distancia lo suficientemente cerca de la especie para poder triangular la señal del transmisor (Cagnacci *et al.*, 2010). En este sentido, en la actualidad existen dos métodos conocidos como Platform Terminal Transmitter (PTT) y Global Positionin System (GPS) que funcionan como transmisores con capacidades mucho mayores que los radiotransmisores convencionales VHF (FAO, 2007). Los estudios que incorporan tecnología remota de GPS tienen varias ventajas técnicas puesto que permite determinar el posicionamiento del individuo marcado con una gran precisión y durante todo el tiempo que sea necesario, con actualizaciones de gran frecuencia (Cagnacci *et al.*, 2010). Estos nuevos método de rastreo presentan algunas limitantes, entre las que sobresale el alto costo asociado de implementar un estudio de este tipo, por lo que frecuentemente en este tipo de investigaciones los individuos que son equipados con dispositivos satelitales son muy pocos. (Cooke *et al.*, 2004).

En relación a los estudios de movimiento de aves Martínez *et al.* (2011) estudiaron el movimiento de dos especies *de* Passeriformes *en* un paisaje agrícola concluyendo que las especies realizan movimientos que sugieren la existencia de conectividad funcional. Pavez (2014) estudió el movimiento de dos cóndores concluyendo que

ambos individuos realizan grandes desplazamientos, la mayoría en terrenos montañosos tanto en la vertiente oriental (Argentina) como occidental (Chile) de los Andes. En relación a los humedales McCulloch, Aebischer, & Irvine (2003) evaluaron la movilidad de dos especies de flamencos en el sur de África determinando que en períodos reproductivos los flamencos del sur de África se mueven a humedales de Botsuana, además de concluir que en períodos no reproductivos el movimiento de los flamencos es disperso y se instalan en una red de humedales del sur de África que en muchos casos son pequeños y a menudo no considerados en medidas de conservación, poniendo en discusión la necesidad de conservar redes de pequeños humedales para proteger especies con estados de conservación. Por su parte Roshier, Klomp & Asmus (2006) realizaron un seguimiento satelital del movimiento de patos en Australia, los resultados sugieren que los movimientos podrían ocurrir en respuesta a los cambios en disponibilidad y abundancia local de alimentos, y además algunos individuos recorren grandes distancias atravesando grandes zonas de humedales para asentarse en pequeños humedales.

Estos métodos de captura, seguimiento y monitoreo de individuos no serán utilizados en el desarrollo de esta memoria. Si bien estas técnicas son una gran oportunidad para conocer los desplazamientos de los individuos estudiados, también requieren esfuerzos mayores de muestreo y tienen un costo económico que escapa a los alcances de esta memoria.

2.4 Estado ecológico de humedales y su impacto sobre la biodiversidad de aves

2.4.1 Estado ecológico

En relación al concepto de estado ecológico, el Centro Nacional del Medio Ambiente del Gobierno de Chile (2010) lo define como la “*expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales*” (p.10). En esta dirección, Corrochano (2007) complementa esta definición al señalar que el estado ecológico se evalúa “...*en función de una serie de indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos y en relación con las condiciones naturales en ausencia de presiones*” (p. 59). Así, a diferencia de los procesos normativos actuales, este enfoque contempla una perspectiva integral en relación al análisis de los cambios que se producen en los ecosistemas acuáticos, considerando la variación temporal y espacial (Centro Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 2010).

Este concepto de estado ecológico ha sido incorporado en diferentes experiencias y contextos. La Unión Europea anexa este concepto a través de la Directiva Marco del Agua (DMA) con un enfoque de uso sostenible de los recursos y espacios hídricos, de manera de garantizar a futuro el buen estado ecológico de estos ecosistemas, entendiendo al agua como un componente básico para sostener una buena calidad ambiental. Si bien no se hace referencia directa al concepto de humedal, se incorporan lagos, aguas de transición y aguas costeras, los cuales corresponden a ecosistemas de humedales (Viñals, Blasco y Morant, 2011).

De acuerdo a la DMA, el estado ecológico de los cuerpos de agua superficiales se puede clasificar en clases mediante los siguientes criterios (Corrochano, 2007):

Muy buen estado ecológico: El ecosistema no presenta alteraciones antrópicas de los valores de indicadores fisicoquímicos e hidromorfológicos, pueden existir modificaciones de exigua relevancia, además los indicadores de carácter biológico dan cuenta de condiciones inalteradas.

Buen estado ecológico: Los indicadores biológicos presentan bajos valores de distorsión por efectos antrópicos. Se desvía ligeramente de la condición inalterada.

Aceptable: Se presentan desviaciones moderadas en los indicadores biológicos. Los resultados expresan señales de distorsión moderada por efecto de actividades antropogénicas.

Deficiente: Los indicadores biológicos expresan importantes modificaciones fisicoquímicos e hidromorfológicos.

Malo: Los indicadores biológicos muestran graves alteraciones, fisicoquímicos e hidromorfológicos.

2.4.2 Relación estado ecológico de humedales y avifauna

La relación entre el estado ecológico de los humedales y la presencia de avifauna ha sido abordada en muchos casos desde la perspectiva de comprender a estas especies como indicadoras de los cambios ambientales producidos en estos ecosistemas, asumiendo que al estudiar y conservar a la avifauna se conserva de paso otras especies (Figueroa & Green, 2003).

En relación a la avifauna acuática, es posible mencionar que presenta características singulares en sus requerimientos y comportamiento, lo que deriva en que estas especies presenten cierta fragilidad. Los humedales reúnen en espacios relativamente pequeños una alta riqueza de especies, muchas de las cuales se consideran especies acuáticas especializadas y con una alta sensibilidad a los cambios producidos en estos ambientes (Tabilo *et al.*, 1996).

Las aves son consideradas como bioindicadoras en los cambios ambientales de los humedales por su posición trófica, por lo que su presencia estará afectada por una gran variedad de factores. Esta condición se presenta como una dificultad si se pretende relacionar un cambio en el humedal con las dinámicas de población de avifauna puesto que muchas de las variables que inciden en la abundancia y/o riqueza de aves están interrelacionados, resultando difícil establecer la causa directa del cambio (Figueroa & Green, 2003). A escalas menores de análisis, las particularidades de los humedales, tales como tamaño, vegetación acuática, entre otros, determina en gran medida la riqueza y abundancia de especies de avifauna acuática.

Una de las características que define a los humedales en nuestro país es que estos ambientes sustentan procesos migratorios de aves desde el hemisferio norte, por lo que en algunos casos la presencia y diversidad de avifauna puede estar explicada o influenciada en mayor o menor medida por condiciones externas al humedal estudiado en cuestión (US EPA, 2002).

Si bien la presencia y diversidad de avifauna en los humedales puede estar explicada por un conjunto de factores, es posible relacionar algunas de las características de los humedales con variables de riqueza y abundancia de avifauna. Específicamente, un

método de evaluación de estado ecológico de humedales elaborado por la US EPA (Environmental Protection Agency de Estados Unidos) ha sido estudiado en términos de la relación entre sus resultados y la diversidad de avifauna en los humedales estudiados.

Se establece que el puntaje total de la evaluación obtenida a través del método “Ohio Rapid Assessment Method” funciona como un predictor significativo de la riqueza total de especies y de la riqueza de especies de aves consideradas de interés para la conservación de acuerdo a la legislación competente. Además se plantea que los cuatro componentes de la evaluación con un mayor puntaje posible (comunidades de vegetación acuática, microtopografía, modificaciones al régimen hidrológico natural y fuentes de agua) funcionaron como un predictor significativo de la riqueza de especies promedio de aves dependientes de humedales. Estos resultados extienden la solidez de este método como evaluador de la integridad ecológica de los humedales (Stapanian *et al.*, 2004).

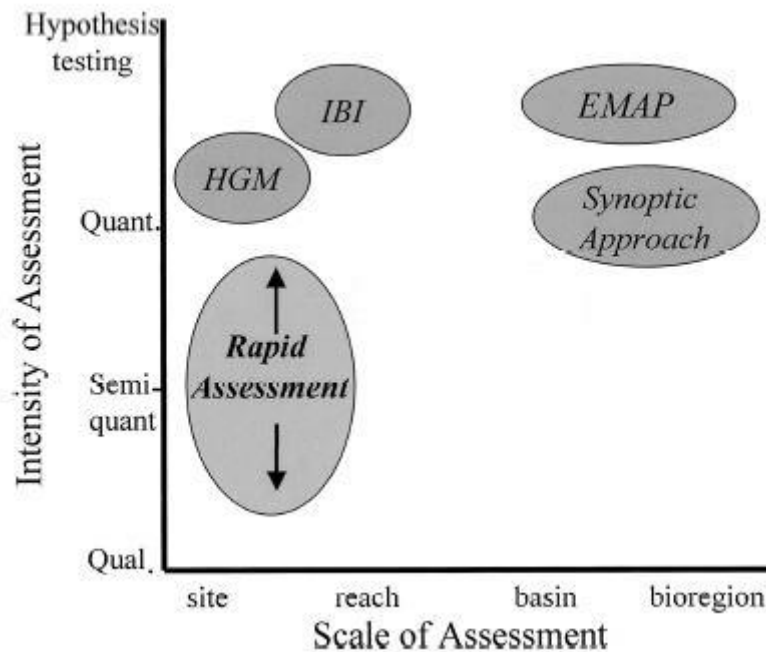
Como se mencionó anteriormente, la presencia de la avifauna puede estar explicada por una serie de factores, por lo que resulta difícil establecer una causal directa sobre la diversidad de aves en estos ambientes. Sin embargo, la determinación de la condición ambiental de los ecosistemas relacionada a la biodiversidad de aves permite establecer primeros diagnósticos que sienten las bases para estudios más detallados e intensivos que busquen determinar causas específicas de la degradación ecológica de estos ecosistemas (US EPA, 2002)

2.4.3 Evaluación estado ecológico de humedales

En el ámbito de los programas de monitoreo y evaluación de ambientes de humedales existen tres niveles de evaluación ordenados de manera jerárquica, los cuales implican intensidades y esfuerzos de muestreo y escalas de análisis diferentes (Brooks *et al.*, 2004; Fennessy *et al.*, 2004 y Wardrop *et al.*, 2007). En este sentido, el nivel 1 es el que trabaja a una escala menor de detalle, enfocándose en evaluaciones a nivel de hábitat y paisaje, mientras que el nivel 2 consiste en las denominadas “evaluaciones rápidas” que refinan los resultados de la evaluación de paisaje incorporando indicadores observables en terreno de disturbios antrópicos. Por último, el nivel 3 está dirigido a evaluaciones con un nivel de detalle y esfuerzos mucho mayor, realizando evaluaciones biológicas y fisicoquímicas de manera intensiva (Fennessy *et al.*, 2004). De esta manera, el nivel 1 está diseñado para generar evaluaciones que se aproximen en primera instancia al estado o condición del humedal, llevándose a cabo principalmente en trabajo de oficina con intenciones de planificación, a través de información obtenida de teledetección, imágenes satelitales y SIG. El nivel 2 de evaluación requiere visitar el humedal a ser evaluado y comúnmente se presenta como métodos de evaluación rápida debido al corto tiempo y bajos costos asociados que deben ser utilizados para llevar a cabo las mediciones. Se consideran como evaluaciones rápidas aquellas que no implican más de medio día en terreno y medio día en trabajo de oficina (Fennessy *et al.*, 2007). Si posteriormente a la realización de las evaluaciones de nivel 1 y 2 se manifiesta algún problema o condición irregular dentro del humedal evaluado, resulta apropiado llevar a cabo una evaluación de nivel 3 utilizando Índices de Integridad Biológica (IBI por sus siglas en inglés), los cuales requieren estudios biológicos / geoquímicos con un alto nivel de detalle asociado a intensos esfuerzos de recopilación de datos sobre flora, fauna y/o características

físico/químicas. (Stapanian *et al.*, 2004). (Figura N°6). Los métodos de evaluación rápida representan un papel fundamental en los procesos de evaluación de humedales puesto que son capaces de proveer información relevante del estado del humedal y sus componentes con una inversión relativamente baja de tiempo y esfuerzo (Fennesy *et al.*, 2004).

Figura 6: Relación entre métodos de evaluación de humedales y escala e intensidad de la evaluación.



IBI= Index of Biotic Integrity, HGM= Hydrogeomorphic Method, EMAP= Environmental Monitoring and Assessment Program

Fuente: Sutula, Stein, Collins, Fetscher y Clark, 2006

A nivel nacional no existen muchas experiencias de evaluaciones rápidas de estado ecológico de humedales. En este sentido, una de las experiencias que destacan corresponde a la guía elaborada por el Servicio Agrícola y Ganadero (2006) designada como “Conceptos y Criterios para la Evaluación Ambiental de Humedales”. En esta guía se presentan las características y condiciones de los diferentes humedales presentes en Chile. Se plantean metodologías de monitoreo ambiental, además de exponer medidas de mitigación para los diferentes ecosistemas estudiados. El grueso del documento plantea metodologías de evaluación y monitoreo de los humedales que requieren esfuerzos mayores para su realización, asociado a un nivel 3 ya que requieren la medición de parámetros físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, se presenta una ficha básica de evaluación de enfoque cualitativo que mediante métodos rápidos de valoración jerárquica den cuenta de la condición ambiental de los humedales. Se evalúan criterios de flujos de materia orgánica antrópicos, heterogeneidad espacial a nivel de paisaje, vegetación hidrófila, zonas buffer, régimen hidrológico, conectividad y grado de naturalidad de los humedales, de manera de valorizar el funcionamiento y la estructura de los humedales. En cuanto a las limitaciones de esta ficha básica de evaluación es posible mencionar que la

metodología propuesta no presenta una explicación clara de los pasos a seguir para llevarla a cabo, lo que deriva en que las capacidades y conocimientos del evaluador incidan significativamente en los resultados obtenidos. Además, algunos criterios presentan dos categorías de resultados, lo que puede generar una sobre simplificación en relación a la complejidad de los ecosistemas estudiados.

Otra experiencia en el ámbito de las evaluaciones de estado ecológico de humedales corresponde al proyecto llevado a cabo por Fundación Chile para el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) "Sistema avanzado e integral de evaluación y monitoreo de la condición ambiental de humedales" (2008). Este proyecto contempló tres humedales de las regiones Metropolitanas, O'Higgins y Del Maule en que el SAG tuviera competencia, buscando desarrollar un sistema de evaluación, seguimiento y gestión de la condición ambiental de estos ecosistemas. Así, se realizó un diagnóstico preliminar que determinó la condición de los humedales evaluados por medio de la aplicación de una ficha de terreno de evaluación rápida, adaptada de la presentada por la US EPA denominado California Rapid Assessment Method (CRAM), donde se evalúan las categorías de Paisaje, Condición Biótica, Condición Abiótica y Tamaño. En relación a las limitaciones que presenta este proyecto de evaluación de humedales es posible mencionar que entre los métodos propuestos se contempla la realización de mediciones de parámetros físicos-químicos del agua tales como pH, oxígeno disuelto, conductividad, nitritos, nitratos, amonio, fósforo, por lo que se torna compleja su aplicación como método de evaluación rápida. Esta condición se desprende de que este proyecto busca generar un monitoreo a largo plazo de los humedales, donde los resultados de la evaluación rápida se integran a otros métodos y mediciones más complejas y con mayores costos asociados.

En relación con los métodos de evaluación rápida de humedales en el ámbito internacional, existe una gran cantidad de índices y métodos propuestos para estos ecosistemas, variando según el objetivo con el que fueron desarrollados, el tiempo y costos necesarios para su aplicación e ítems evaluados, entre otros. En cuanto al origen de los métodos de evaluación rápida, es posible mencionar que en Estados Unidos se han desarrollado una gran cantidad de métodos de evaluación. Esta condición se explica en gran medida por la legislación ambiental presente en ese país. Estados Unidos es el primer país en establecer un cuerpo normativo propio para el medioambiente (Elorrieta, 2015). En este sentido Fennesy *et al.*, (2004) y (2007) realizan una exploración bibliográfica de cuarenta métodos de evaluación de humedales, analizando el potencial de estos para evaluar estado ecológico de estos ecosistemas y su implementación de manera rápida. En esta revisión se determinan por una parte cuales de los métodos estudiados evalúan estado ecológico y cuales evalúan funciones ecosistémicas. Se plantea que pueden existir confusiones al establecer una relación entre funciones y estado ecológico del humedal, pues la relación entre estas no es de carácter directa, es decir, evaluar una función ecosistémica con el mayor valor posible no significa necesariamente que el humedal presente un estado ecológico en su nivel más alto. La evaluación de funciones no provee información de la condición general del ecosistema pues se realizan en términos de respuestas a cada función evaluada, dificultando la comparación de la condición y los impactos de origen antrópico en los humedales.

Fennesy *et al.*, (2004) y (2007) determinan el tiempo requerido para realizar los procedimientos necesarios para llevar a cabo los distintos métodos de evaluación, estableciendo así cuáles de ellos corresponden efectivamente a métodos de evaluación rápida. Entre los métodos analizados, el "Ohio Rapid Assessment Method"

cumple con la condición de evaluar estado ecológico de humedales, además de ser aplicable en un periodo de tiempo que lo cataloga como método rápido de evaluación (Fennesy *et al.*, 2007). El método "Ohio Rapid Assessment Method" (Mack, 2001) es un método desarrollado con fines regulatorios en el estado de Ohio en colaboración con la EPA de dicho estado. Este método destaca por su fácil aplicación debido a que el evaluador sigue una descripción narrativa que facilita la respuesta a las preguntas propuestas. En primera instancia este método consiste en una serie de preguntas que buscan establecer categorías de humedales en relación a la regulación ambiental de estos ambientes en el estado de Ohio. Se responden cuestiones sobre hábitat, especies amenazadas, zonas de concentración de anidamiento de avifauna y tipos de humedales. Una segunda etapa consiste en una evaluación cuantitativa de seis métricas que al ser sumadas entregan un puntaje final de la condición del humedal. Las métricas son área y zonas de amortiguación, intensidad de usos de suelo del paisaje, fuentes de agua, conectividad, hidroperíodo, modificaciones/alteraciones del hábitat y suelo, interdispersión y comunidades de plantas (Mack, 2001). Cabe mencionar que, dado que este método fue elaborado con fines de regulación, en él se incluyen algunas métricas que entregan mayor valor a ciertas características asociadas a los humedales presentes en el estado de Ohio, lo que deriva en que no necesariamente estos mayores puntajes reflejen un mejor estado ecológico (Fennesy *et al.*, 2004).

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1 Área de estudio

La región del Libertador Bernardo O'Higgins está ubicada en la zona central del país y cuenta con 780.627 habitantes, de los cuales 548.854 residen en zonas urbanas (INE, 2002). Desde una perspectiva ecológica, esta región está inserta en uno de los cinco *hotspots* de biodiversidad a escala mundial que presentan un clima mediterráneo (Mittermeier, Myers, Thomsen, Da Fonseca, & Olivieri, 2008). La justificación para considerar esta macrozona de Chile como hotspot de biodiversidad está dada por dos factores; encontrarse amenazada por una alta expansión urbana y de otras actividades productivas y albergar una gran cantidad de especies endémicas. Este estudio se llevó a cabo en la comuna de Pichilemu, la cual está situada en la Provincia Cardenal Caro (34° 12' y 34° 37'S y 71° 30' y 72° 0'O) en la región del Libertador Bernardo O'Higgins. Limita al norte con la comuna de Litueche, al sur con la comuna de Paredones, al oriente con las comunas de Marchigüe y Pumanque, y al occidente con el Océano Pacífico. Pichilemu tiene una superficie de 749,1 Km², constituida por un centro urbano y diferentes localidades de carácter rural. (PLADECO Pichilemu, 2010). Esta ciudad se constituye como el principal centro de todo el sistema costero de la región del Libertador Bernardo O'Higgins, presentándose como un destacado destino de turismo a nivel nacional e internacional. Esta condición se refleja en que el desarrollo económico de Pichilemu esté notoriamente influenciado por actividades turísticas como hotelería, gastronomía, transporte, comercio, entre otros. (PLADECO Pichilemu, 2016)

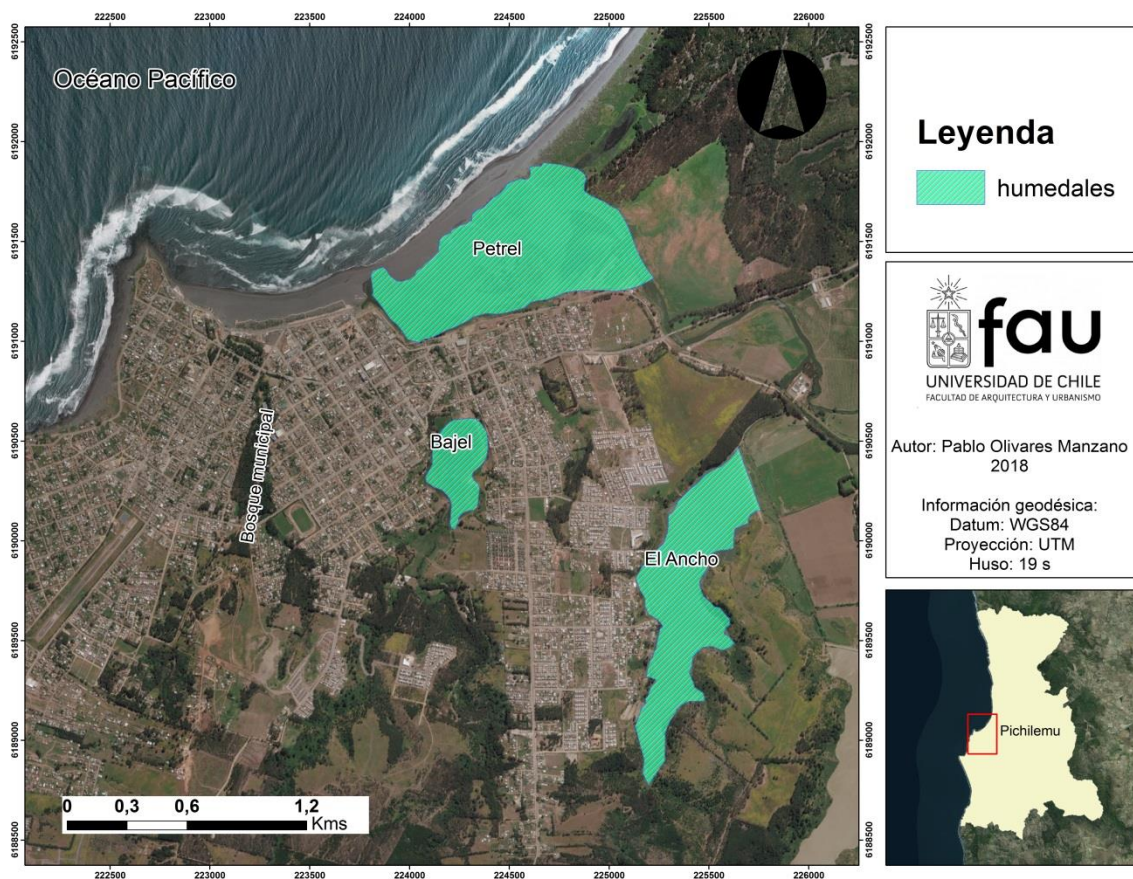
Específicamente el área de estudio corresponde a tres humedales situados en la zona urbana y periurbana de Pichilemu: Laguna Petrel, Laguna Bajel, Laguna El Ancho. (Figura N°7). Estas tres lagunas corresponden a humedales de diferente tipo. Según la clasificación internacional de tipos de ecosistemas humedales Ramsar (2006), la laguna Petrel se considera como un humedal de tipo marino/costero, laguna Bajel como un humedal de tipo continental, mientras que laguna El Ancho es considerada como un humedal artificial asociado a un embalse. (CONAF - Universidad de Chile, 2016).

Dada su ubicación en un contexto urbano, los humedales de Pichilemu juegan un papel importante en la red de infraestructura verde comunal. Estos ecosistemas mantienen una serie de procesos y funciones de las que dependen la gran mayoría de los servicios ecosistémicos que brindan a la población, los que se ven presionados por diferentes amenazas derivadas de situarse en un ambiente urbano, y por la inexistencia de medidas efectivas de conservación que protejan estos ecosistemas. En este sentido, la población de Pichilemu reconoce y valoriza estos humedales como bienes ambientales, los que a su vez presentan una alta riqueza de biodiversidad tanto en flora como fauna (Association Territories Solidaires ATS y Grupo Paisaje FAU, 2017). En este sentido, la ubicación de los humedales en el contexto urbano de Pichilemu acarrea una serie de problemáticas de carácter ambiental. Destaca los procesos de contaminación de las aguas de la laguna Petrel por la falta de un adecuado sistema de tratamiento de las aguas servidas o por falta de alcantarillado (PLADECO Pichilemu, 2016).

Tal como señala ATS y Grupo Paisaje FAU (2017) en su diagnóstico territorial, la Laguna Petrel recibe aportes superficiales provenientes de la desembocadura del

estero San Antonio. El humedal asociado a la laguna Bajel corresponde a una pequeña laguna inserta dentro de una matriz urbana con zonas pobladas densas, lo que contribuye a que parte de sus riberas se encuentren contaminadas. La laguna El Ancho corresponde a una laguna-embalse que en su ribera Este presenta zonas densamente pobladas, lo que ha derivado en que en dicho sector se encuentre micro basurales. Cabe mencionar que la empresa de servicios sanitarios Essbio utiliza este humedal para extraer agua en períodos de emergencia asociado a épocas de sequía.

Figura 7: Área de estudio: Humedales insertos en el contexto urbano de Pichilemu



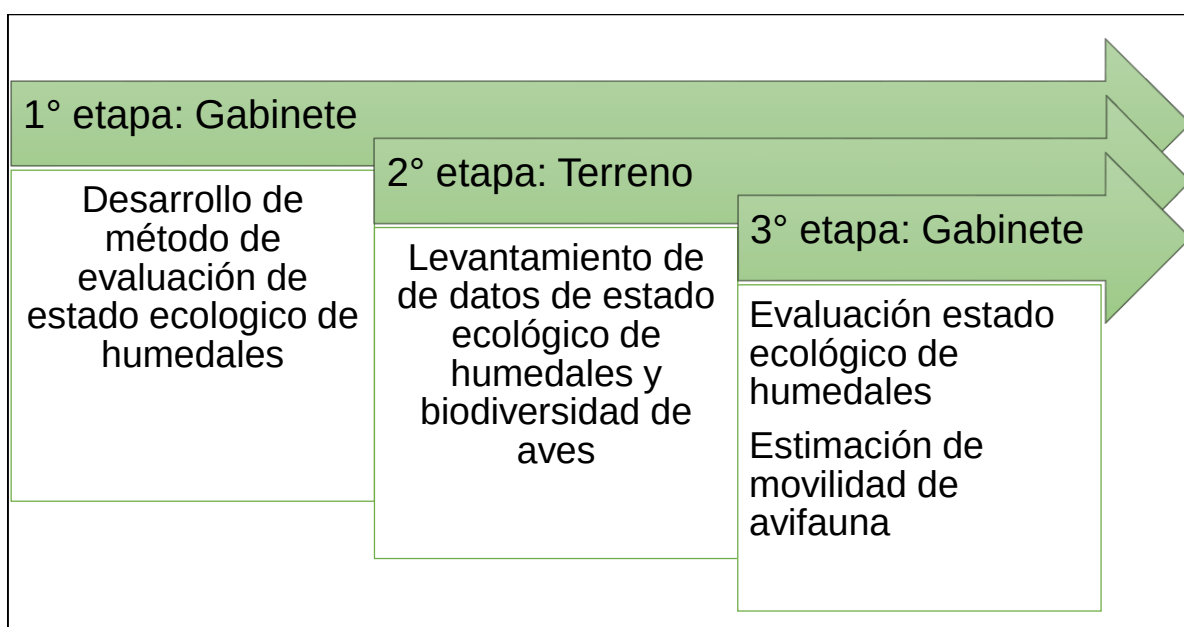
Fuente: Elaboración propia

3.2 Metodología

Esta investigación consta de tres etapas o fases metodológicas. En primer lugar, se lleva a cabo una fase de trabajo de gabinete orientado principalmente a recopilar información bibliográfica asociada a la evaluación rápida de estado ecológico de humedales. Una segunda etapa consiste en la fase de trabajo de terreno, el cual se enfoca principalmente en el levantamiento de información tanto de estado ecológico de humedales como de abundancia y riqueza de avifauna. En tercer lugar, se lleva a cabo la evaluación del estado ecológico de los humedales seleccionados y se analiza la movilidad de aves.

A continuación, se presenta una tabla resumen de la metodología y sus principales etapas:

Tabla 1: Resumen metodológico de la investigación



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.2.1 Propuesta de método de evaluación rápida de estado ecológico de humedales

Para desarrollar esta etapa, en primera instancia se efectuó una revisión bibliográfica de literatura y experiencias asociadas a la evaluación en terreno de humedales, buscando generar una primera aproximación a las formas y criterios posibles de utilizar para estimar el estado ecológico, tanto a nivel nacional como internacional. Los criterios utilizados en la búsqueda y selección de métricas son tiempo, esfuerzo de muestreo y costos económicos. En este sentido, las métricas a evaluar deben poder

ser evaluadas de manera relativamente rápida, tanto aquellas que se evalúan de manera remota a través de imágenes satelitales como aquellas que se evalúan en terreno. Esto se entiende en cuanto su aplicación no debe superar medio día de trabajo en terreno y medio día de trabajo de oficina por cada humedal evaluado. Además, las métricas seleccionadas en la evaluación del estado ecológico no deben implicar grandes requisitos económicos para su aplicación, entendiendo, por ejemplo, que no debe contemplar análisis de muestras de agua en laboratorio ya que por lo general estas implican altos costos monetarios y esfuerzos de muestreo. Ambas características mencionadas tienen estrecha relación con que este método de evaluación de estado ecológico busca adaptarse a los tiempos que se manejan en el ámbito de las administraciones públicas y los plazos acotados en que los tomadores de decisión pueden intervenir en las políticas en materia de conservación. Otro criterio que influye en la búsqueda de métricas de evaluación es la adaptación de estos a la realidad de los humedales estudiados en esta investigación.

A través de la revisión de otras experiencias en materia de evaluación de humedales se obtienen las principales métricas utilizadas en las evaluaciones de estado ecológico de humedales, además de los tiempos, esfuerzos y costos económicos relacionados a su aplicación. De estos, se seleccionó los ítems principales para realizar la evaluación, los que a su vez se desglosan en subtemas específicos. Las métricas y submétricas seleccionadas fueron recopiladas en una ficha de evaluación, que se presenta como el principal producto de este primer objetivo.

De acuerdo a la revisión bibliográfica se desprende que en el ámbito de la evaluación del estado ecológico de humedales se deben tener en cuenta los factores ecológicos que definen a estos ecosistemas: hidrología, vegetación y suelo. Estos son considerados como los elementos centrales de los métodos de evaluación (Fennesy *et al.*, 2007). En este sentido, la revisión de métodos de evaluación rápida llevada a cabo por Fennesy *et al.* (2004) da cuenta de que en la gran mayoría de evaluaciones estudiadas estos elementos centrales se ven reflejados a través de las dimensiones de Hidrología, Suelo, Vegetación y Configuración del paisaje. De estas, la correspondiente a Suelo es la menos considerada, y en muchos casos no es considerada en las evaluaciones y es analizada en parte por las otras dimensiones. Las dimensiones de Hidrología y Vegetación están presentes en todas las evaluaciones estudiadas. La dimensión de Configuración del paisaje abarca tanto aspectos físicos del humedal, como por ejemplo superficie del espejo de agua, como características del paisaje circundante al espejo de agua.

- Hidrología: En relación a la dimensión hidrológica, esta define a los ecosistemas de humedales y se considera la variable principal pues su desarrollo determina en gran medida la existencia de las otras características principales de los humedales (Mitsch y Gosselink, 2000). De esta manera, los procesos hidrológicos dentro de un humedal determinan directamente las funciones ecológicas de este, ya sea en el ciclo de nutrientes, filtración de contaminantes, entre otros, por lo que al alterar las condiciones hidrológicas de un humedal es posible enfrentarse a consecuencias estructurales y funcionales dentro del ecosistema. (Macfarlane *et al.*, 2007)
- Vegetación: Las plantas tienen una gran influencia sobre muchas funciones y servicios que llevan a cabo y proveen los humedales, pudiendo mencionarse la retención de sedimentos, reducción de energía y velocidad de agua que fluye a través del humedal, fuente de nutrientes, hábitat para la vida silvestre, entre

otras. (Fennesy et al., 2004; California Wetlands Monitoring Workgroup (CWMW), 2013)

- Configuración del paisaje: Esta dimensión abarca aspectos tanto del espejo de agua como de las zonas aledañas al humedal. Los aspectos físicos tales como el tamaño del área del espejo de agua influyen en el funcionamiento de los procesos ecológicos de estos ambientes. Por otra parte, las zonas aledañas del espejo de agua pueden proteger el funcionamiento de un humedal a través de diferentes procesos, pudiendo filtrar contaminantes a través de su vegetación, proveyendo refugio para fauna silvestre asociada a estos ecosistemas durante periodos de inundación, funcionando como barrera ante irrupciones antrópicas y animales domésticos, entre otros (Mack, 2001).

Otro de los pasos para elaborar un método de evaluación rápida de estado ecológico de humedales es la elaboración de un manual o guía de procedimientos para la aplicación de las métricas recopiladas en la ficha de evaluación. El desarrollo de este manual se presenta como fundamental para la correcta comprensión de las métricas de la ficha de evaluación y su posterior aplicación. En esta guía se fundamentan los criterios utilizados para la evaluación del estado ecológico de los humedales, además de presentar una explicación narrativa de los pasos necesarios para evaluar cada ítem incorporado en la ficha de evaluación y las consideraciones generales que deben ser tomadas en cuenta al momento de la aplicación. De esta manera, se espera que, al contar con un manual de procedimientos, el proceso de estimación de las variables a evaluar puede ser llevado a cabo por cualquier persona con una preparación mínima sobre el tema.

Además, se propone evaluar la componente faunística de los humedales. En este sentido, las aves se presentan como uno de los principales componentes de la fauna de ambientes acuáticos, asociado a su tamaño, abundancia, comportamiento, entre otros (Martínez, 1993). Es posible considerar a la avifauna como un indicador del estado ecológico asociado a su posición trófica en los ecosistemas de humedales y entendiendo el supuesto de que sus respuestas y comportamiento puede ser representativo de la demás fauna y del ecosistema en general (Niemelä *et al.*, 2010).

3.2.2 Evaluación del estado ecológico de los humedales

La evaluación en terreno se llevó a cabo en una primera visita a terreno (13/10/17 al 16/10/17) en el marco del curso de pregrado de Ordenamiento Territorial de la carrera de Geografía de la Universidad de Chile. En esta visita a terreno dos grupos de estudiantes ayudaron en la aplicación de la metodología en los humedales Laguna Petrel y Laguna Bajel. En estos humedales se aplicaron tres y cuatro áreas de evaluación respectivamente, de manera de poder abarcar la diversidad que presentan estos ambientes en sus diferentes márgenes. La evaluación en terreno del humedal El Ancho se realizó en una segunda visita a terreno entre los días 15/01/18 al 19/01/18, aplicándose dos puntos de evaluación. De acuerdo a la extensión de la superficie de la laguna El Ancho se agrega un punto de evaluación más a los ya realizados, de manera de poder abarcar una eventual diversidad en los resultados obtenidos de la

evaluación. Este punto se realizan en una tercera visita a terreno entre los días 04/04/18 al 07/04/18. En relación al ítem de estructura biótica, en el subtema de reconocimiento de especies vegetacionales exóticas invasoras se recolectaron muestras para ser analizadas en trabajo de gabinete cuando el reconocimiento en terreno no fue posible de realizar (figura nº8)

Figura 8: Toma de muestra de especie vegetacional no reconocida en terreno



Fuente: Elaboración propia, 2018

Los materiales necesarios para llevar a cabo esta etapa son en primera instancia la ficha con todas las métricas recopiladas para realizar la evaluación de los humedales en terreno (Anexo N°5). En segunda instancia, para la correcta evaluación y aplicación de la ficha de evaluación resulta fundamental contar con el manual de procedimientos y aplicación de la ficha de terreno.

La evaluación del estado ecológico de los humedales propuesta en este trabajo consta de dos etapas. La primera se enfoca en un trabajo de gabinete, donde la evaluación se lleva a cabo principalmente a través del análisis de imágenes satelitales en el Software Google Earth. A pesar de que esta etapa de la evaluación puede ser desarrollada a cabalidad a través de un trabajo de escritorio, los resultados obtenidos deben ser corroborados mediante la visita a terreno del área de estudio. La segunda etapa de la evaluación del estado ecológico de los humedales corresponde a una etapa de trabajo en terreno donde se evalúan el resto de las métricas de la ficha de evaluación. Los elementos a evaluar son (1) Estructura física; (2) Hidrología y (3) Vegetación. Adicionalmente se evalúan las (4) perturbaciones antrópicas presentes en el humedal, estimando si estas solo están presentes o más bien representan un impacto significativo sobre la integridad ecológica del humedal. Además de manera complementaria se evalúa la biodiversidad de avifauna en el marco del estudio de la movilidad de aves.

El ítem de estructura física y vegetación se evalúan con un puntaje máximo de 30 puntos, mientras que el ítem de hidrología se evalúa con un puntaje máximo de 40 puntos, sumando entre estos 3 temas un máximo de 100 puntos. La diferencia en la ponderación de los ítems se explica pues el elemento central que define en mayor medida el funcionamiento de los humedales corresponde a los aspectos hidrológicos de estos ecosistemas (Tabla N°2).

Tabla 2: Dimensiones y métricas a evaluar en humedales y puntajes máximos (entre paréntesis)

Dimensión	Métrica	
ESTRUCTURA FISICA (30)	Área (9)	
	ZONA DE AMORTIGUACIÓN (21)	% de Buffer (7)
		Ancho (7)
		Condición (7)
HIDROLOGÍA (40)	Fuentes (17)	
	Conectividad (15)	
	Hidroperíodo (15)	
VEGETACIÓN (30)	COMUNIDAD VEGETACIONAL (15)	n° estratos
		n° sp codominantes
		% sp invasoras
	Interdispersión (15)	

Fuente: Elaboración propia

Estructura física

En este apartado se evalúan las métricas de (1) Área, (2) Porcentaje de zona buffer, (3) Ancho de zona buffer y (4) Condición de zona buffer. Las evaluaciones de las métricas de área, porcentaje y ancho de zona buffer se efectúan en trabajo de oficina mediante el análisis de imágenes satelitales de Google Earth, mientras que la evaluación de la condición de la zona buffer se evalúa en trabajo de terreno. El área del humedal se determina mediante el cálculo de superficie en hectáreas del polígono correspondiente al humedal evaluado. El porcentaje de zona buffer se evalúa cuantificando el total del perímetro del área evaluada del humedal que colinda con coberturas no antropogénicas que funcionan como buffer. El ancho de la zona buffer se evalúa determinando el promedio del ancho de las coberturas que funcionan como amortiguación para el humedal a través del trazado de líneas perpendiculares al área de evaluación. Las líneas se trazan teniendo como referencia los puntos cardinales (ver punto 2.2 Anexo 6). La condición de la zona buffer se evalúa realizando un recorrido por el área de evaluación y sus zonas de amortiguación. Visualmente se evalúa la presencia de vegetación exótica e invasora, basura y suelos compactados o degradados. Estas cuatro métricas suman en total un puntaje máximo de 30 puntos y un puntaje mínimo de 1.

Hidrología

En este apartado se evalúan las métricas de (1) Fuentes de agua, (2) Conectividad y (3) Hidroperíodo. La evaluación de estas se realiza mediante un recorrido por el área de evaluación del humedal. La métrica de fuentes de agua se evalúa determinando el presupuesto hídrico del humedal, generando un checklist de las diferentes fuentes hídricas que posee el humedal. Se da por entendido que al menos, todos los humedales cuentan con el aporte de precipitaciones. Con respecto a la conectividad, esta se evalúa determinando visualmente la capacidad que posee el agua para desplazarse de manera horizontal a las zonas adyacentes y la presencia de restricciones que limiten el flujo de las aguas. Finalmente, la métrica de hidroperíodo se evalúa observando la presencia de elementos que permitan determinar

modificaciones en los patrones de inundación y/o drenaje del humedal. Se evalúa la presencia de ciertos indicadores de campos que permiten inferir modificaciones al hidroperíodo, tanto de carácter directo mediante la presencia de infraestructura u obras de diques, zanjias y desvíos de flujo, como indirectos mediante la presencia de evidencias ecológicas que denoten cambios en los patrones naturales de hidroperíodo, como vegetación terrestre colonizando el espejo de agua, entre otras. Estas métricas suman en total un puntaje máximo de 40 puntos y un mínimo de 1.

Vegetación

En este apartado se evalúan las métricas de (1) comunidad vegetacional y (2) interdispersión o horizontal. La métrica de comunidad vegetacional está compuesta por las submétricas de (1.1) número de estratos vegetacionales, (1.2) número de especies codominantes y (1.3) porcentaje de especies invasoras. Estas submétricas se promedian y se obtiene el puntaje para la métrica de comunidad vegetacional. Todas las métricas se evalúan realizando un recorrido por el área de evaluación del humedal. El número de estratos vegetacionales se obtiene evaluando visualmente la cantidad de estratos presentes en el área de evaluación. El número de especies codominantes se evalúa determinando la cantidad de especies codominantes por cada estrato vegetacional. Las especies codominantes se definen como aquellas que presentan una mayor abundancia dentro del estrato analizado y tienen una gran influencia sobre el resto de especies. El porcentaje de especies invasoras se calcula determinando la cantidad de especies codominantes registradas anteriormente que corresponden a especies exóticas invasoras. Las especies exóticas invasoras son aquellas que son introducidas en los ecosistemas y con una abundancia y propagación tal que genera alteraciones en la riqueza y diversidad de los ecosistemas. En caso de que alguna especie no pudiese ser identificada a través de la experiencia botánica del evaluador, se toma una muestra de la especie y se determina su origen y condición de invasora o no en laboratorio. Finalmente la interdispersión horizontal se evalúa realizando una observación del traslape entre los diferentes estratos vegetacionales. La interdispersión corresponde al grado en que los estratos vegetacionales se mezclan entre sí. Para evaluar esta métrica se deben observar los estratos vegetacionales como si el humedal estuviera siendo mirando desde arriba de manera que se pudiese determinar la cantidad de bordes que se intersectan entre sí. Estas métricas suman en total un puntaje máximo de 30 y un puntaje mínimo de 0.

Perturbaciones antrópicas:

Las perturbaciones antrópicas que se presentan en los humedales se entienden como un factor de estrés que interviene de manera negativa en su correcto funcionamiento ecológico, por lo que la evaluación de estas derivará en un puntaje negativo que se restará del puntaje obtenido en la evaluación ecológica. Para evaluar las perturbaciones antrópicas se realiza un listado con los factores de estrés presentes y se determina su probabilidad de afectar significativamente el funcionamiento del humedal. Las perturbaciones antrópicas que afecten la dimensión hidrológica y vegetacional se evalúan dentro del área de evaluación del humedal, mientras que las perturbaciones de la zona de amortiguación se evalúan aquellas que operan a menos de 500 metros del área de evaluación.

Se establecen cuatro categorías para los impactos de acuerdo a su extensión, intensidad y reversibilidad, restando -15 puntos en los casos que las perturbaciones sean de una gran intensidad, extensión e irreversibles, -10 en los casos en que el factor estresante supone un impacto de intensidad y/o extensión media y se manifiesta

de forma temporal y sus efectos tienen consecuencias a largo plazo, -5 en los casos en que el factor estresante supone un impacto de intensidad moderada/baja y/o extensión media/baja y sus efectos pueden ser reversibles, y por último en los casos en que la perturbación no presente un impacto significativo y más bien se encuentre solo presente se restará -1 al estado ecológico.

Avifauna

La evaluación de la diversidad de aves se realiza en el marco de la estimación de la movilidad de la avifauna a través de los censos de aves llevados a cabo en enero y abril de 2018 (Ver metodología pp. 45) (Anexo N°8). Posterior a esto, los datos fueron analizados estudiando la diversidad a través del índice de diversidad de Shannon. En este caso, se utilizaron los datos de abundancia y riqueza obtenidos de los censos de aves acuáticas, sin considerar el resto de aves no acuáticas avistadas. Este índice se presenta como uno de los más utilizados en la investigación de ecología de comunidades. A través de la abundancia relativa y el número de especies presentes se mide la heterogeneidad de la comunidad. Los valores van desde 0, en el caso de que haya una sola especie presente, hasta S en el caso que las especies presentes son iguales al número de individuos (Pla, 2006).

La fórmula es:

$$H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_n P_i)$$

H: Índice de diversidad

S: número de especies presentes

Pi: al número de individuos o abundancia de la clase i

Log n: Logaritmo natural

La evaluación de la diversidad se realiza de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3: Clasificación de diversidad en base Índice de Shannon

Rango	Interpretación
< 1	<i>Muy baja diversidad</i>
> 1- 1,8	<i>Baja diversidad</i>
>1,8 – 2,1	<i>Diversidad media</i>
>2,1-2,3	<i>Alta diversidad</i>
>2,3	<i>Muy alta diversidad</i>

Fuente: Caviedes (1999)

Otro índice utilizado para analizar los resultados de los conteos de avifauna acuática corresponde al índice de Simpson, el cual evalúa la dominancia dentro de la muestra estudiada, indicando cual es la probabilidad que al tomar dos individuos al azar de una muestra, estos sean de la misma especie (Moreno, 2001).

La fórmula para obtener este índice es la siguiente:

$$\sigma = \sum (Pi)^2$$

n: Número de individuos por especie

N: Número total de especies.

Pi: Proporción de los individuos registrados en cada especie (n/N)

Otro aspecto a evaluar corresponde al estado de conservación y origen de las aves registradas en terreno. Se determinó el porcentaje de aves correspondientes a especies nativas, endémicas o introducidas, y el porcentaje de aves que presenten algún estado de conservación a través de la guía "Las Aves de Chile: Guía de Campo y Breve Historia Natural" (Martínez y González, 2017), la lista elaborada por la UICN 2017 y la plataforma Aves de Chile. Cabe mencionar que para determinar riqueza de especies se realizó un conteo de todas las especies avistadas tanto en el espejo de agua como en la zona ribereña, mientras que para determinar abundancia y diversidad se consideró solo las especies presentes en el espejo de agua.

3.2.3 Humedales y áreas de evaluación

Para la delimitación de los humedales se realizó un proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales obtenidas desde el software Google Earth. A través de un proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales de Google Earth y revisión bibliográfica se procedió a determinar si los terrenos colindantes son de carácter público o privado. Posteriormente, se realizó una visita a terreno de carácter exploratorio (15/01/18) con el fin de visitar los humedales mencionados y determinar posibles puntos de acceso, zonas para realizar transectos de avistamiento de avifauna, zonas de evaluación de estado ecológico, entre otros. Según estos criterios, el humedal Laguna El Barro fue descartado puesto que en la visita exploratoria a terreno se determinó que el acceso tanto en vehículo como a pie se presenta muy dificultoso, además de no presentar mayor actividad en relación a la avifauna.

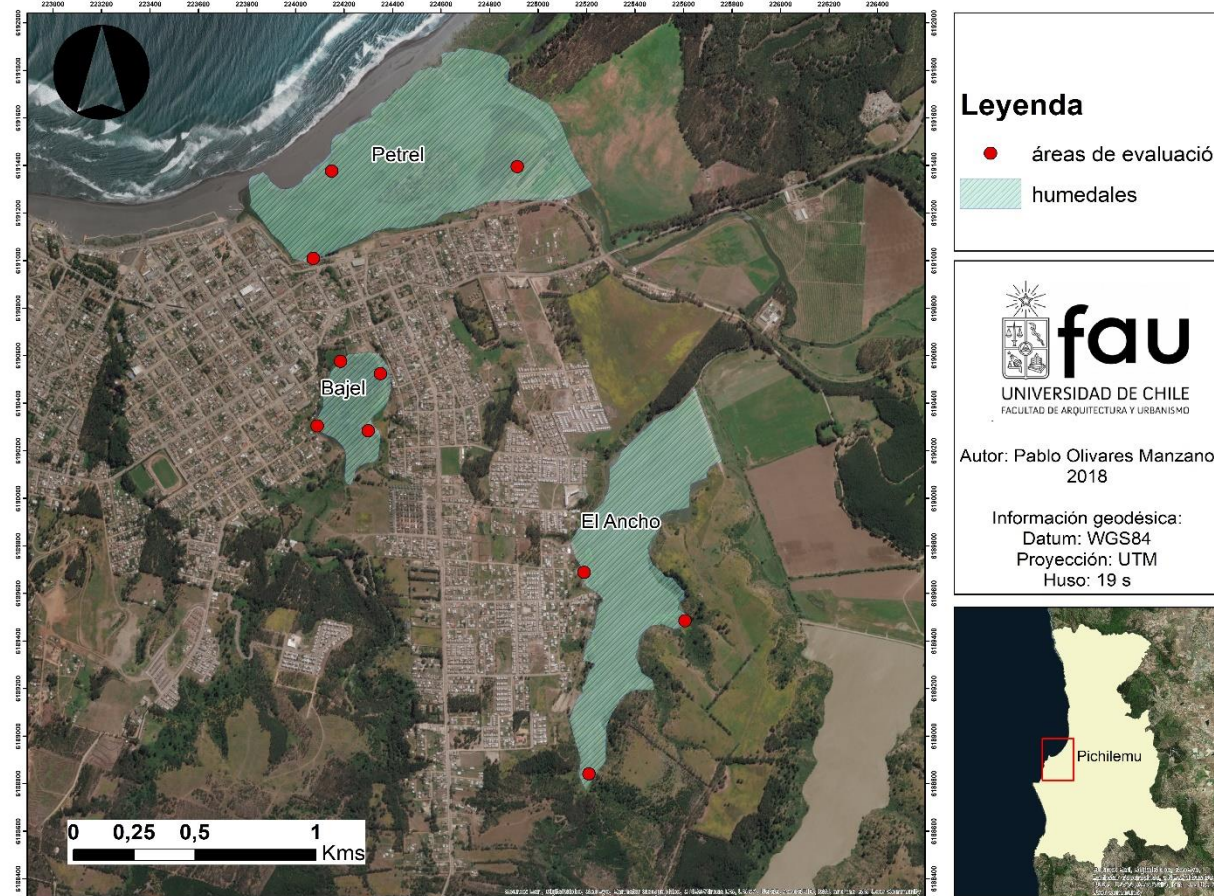
Con respecto a las áreas de evaluación se seleccionaron varios puntos por cada humedal, de manera que los resultados del estado ecológico den cuenta de la diversidad que presentan estos ecosistemas en sus distintos márgenes. Las áreas evaluadas son de un tamaño de 100 metros de largo y 50 metros de ancho como referencia, pues en algunos casos los márgenes fueron menores debido a la irregularidad del terreno. En la figura N°9 se muestran las áreas de evaluación seleccionadas a través del software ArcGIS 10.3. En los humedales laguna Petrel y laguna El Ancho se seleccionaron 3 áreas de evaluación, mientras que en la laguna Bajel se seleccionan 4 áreas de evaluación. La tabla N°3 muestra el detalle de las áreas evaluadas en cada humedal. Las coordenadas corresponden al punto central del área evaluada.

Tabla 3: Áreas de evaluación, coordenadas y días de terreno

Humedales	Áreas de evaluación	Coordenadas		Días de terreno
		x	Y	
Petrel	AE1	775742.26	6191019.89	13/10/17
	AE2	775826.83	6191368.55	14/10/17
	AE3	224915.25	6191388.29	15//10/17
Bajel	AE1	224349.00	6190517.00	13/10/17
	AE2	224298.00	6190302.00	14/10/17
	AE3	775691.00	6190327.00	15/10/17
	AE4	775613.00	6190572.00	16/10/17
El Ancho	AE1	225198.00	6189652.00	17/01/18
	AE2	225605.00	6189482.00	18/01/18
	AE3	225209.00	6188854.00	05/04/18

Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Humedales y áreas de evaluación



Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Síntesis y análisis de estado ecológico de humedales

Para comprender de mejor manera los resultados del estado ecológico se transforman los valores de los puntajes obtenidos a porcentajes, teniendo como 100% el máximo de cada ítem evaluado (Vásquez, 2016). Con esta información se construyeron gráficos de tipo radial que integren las dimensiones de Estructura física, Vegetación e Hidrología, los cuales se clasifican en 5 categorías de estado ecológico de acuerdo a los criterios establecidos en la figura n°10. Las categorías son “Muy bueno”, “bueno”, “moderado”, “malo” y “muy malo” estado ecológico.

Figura 10: Categorías de evaluación de estado ecológico de humedales



Fuente: Elaboración propia, 2018

Para determinar el estado ecológico general de los humedales se realiza un promedio de los resultados obtenidos en las diferentes áreas de evaluación. En este sentido, se entiende que esta integración de los resultados podría derivar en que no se refleje la variación de los resultados obtenidos en las áreas de evaluación de un mismo humedal, por lo que los resultados de la evaluación se presentan primero de manera general para los humedales, y posteriormente detallando los resultados obtenidos en cada área evaluada.

Posterior a la evaluación del estado ecológico de los humedales se procedió a realizar un análisis de los resultados obtenidos en las diferentes áreas evaluadas, de manera de encontrar semejanzas y/o diferencias en los datos obtenidos.

En primer lugar, se procede a determinar si los datos obtenidos corresponden a datos de tipo normales o no-normales. Se utiliza la prueba de Shapiro-Wilk pues está recomendada para análisis con un número de muestras menores a 50. Se aplica una significancia de 0.05, donde los valores más altos que 0.05 se acepta la hipótesis nula de que los datos obtenidos tienen una distribución normal, mientras que los valores de

significancia menores a 0.05 rechazan la hipótesis nula, es decir, los datos poseen una distribución no-normal.

Tabla 4: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
Área	,640	10	,000
% de Buffer	,825	10	,029
Ancho	,874	10	,111
Condición	,813	10	,021
Fuentes	,594	10	,000
Conectividad	,731	10	,002
Hidroperiodo	,650	10	,000
n° estratos	,366	10	,000
n° sp codominantes	,805	10	,017
% invasión	,717	10	,001
Interdispersión	,833	10	,036

Fuente: Elaboración propia

En general se aprueba la hipótesis nula, por ende la distribución de los datos no tiene una distribución normal. Sin embargo, resulta necesario mencionar que algunas métricas obtuvieron una significancia mayor a 0.05 por lo que su distribución es normal. (Tabla N°4)

De este modo, para el análisis de los datos se utilizan métodos no paramétricos. En específico se utiliza el test de Kruskal-Wallis para revelar diferencias entre los humedales evaluados. Esta prueba permite determinar de modo general si en los humedales estudiados existen diferencias estadísticamente significativas en las dimensiones evaluadas. Sin embargo, no permite determinar específicamente entre que humedales existen diferencias. El test de Kruskal-Wallis se aplica con una significancia de 0.05, donde los valores más altos mantienen la hipótesis nula, es decir, no existen diferencias entre los datos, mientras que los valores menores a 0.05 aprueban la hipótesis alterna, es decir, existen diferencias en los datos.

En el caso de encontrar diferencias, se aplica la prueba posterior de Dunn, pues permite establecer comparaciones múltiples entre los humedales, determinando eventuales diferencias más detalladas entre los humedales estudiados. Todos los procedimientos mencionados se realizan en el software SPSS Statistics 25 con un 95% de confianza.

Otra de las herramientas utilizadas para analizar y comparar los resultados obtenidos corresponde a la elaboración de gráficos de cajas y bigote o *box-plot*, los cuales permiten graficar aspectos de la distribución de los resultados a través de medidas de tendencia central y dispersión. Se realizaron gráficos para analizar la distribución de

las dimensiones de estructura física y zona de amortiguación, hidrología, vegetación y el estado ecológico en general.

3.2.5 Estimación de movilidad espacial de la avifauna acuática a través de los humedales insertos en el contexto urbano de Pichilemu

Para estimar los desplazamientos de la avifauna a través de los humedales seleccionados se utilizó una metodología que se basa principalmente en censos de aves. Este método se lleva a cabo buscando estimar los movimientos de las comunidades de aves presentes en los humedales siguiendo la lógica del trasvasije o transferencia, entendiendo el movimiento a través de la variación en la presencia/ausencia de un individuo en los humedales estudiados. Esta técnica se sustenta en el razonamiento de que los humedales situados en un paisaje determinado funcionan como un sistema o una red de ambientes donde las aves satisfacen sus requerimientos básicos a lo largo de su ciclo de vida, por lo que al estudiar estos ecosistemas de manera conjunta es posible inferir desplazamientos de la avifauna entre humedales. Así, la realización de censos de aves de manera simultánea permite estimar como las aves se mueven entre los humedales a través de la transferencia de individuos.

Los censos de aves conllevan un gran esfuerzo de muestreo en su realización, pues estos consisten en el conteo de todas las especies e individuos presentes. Otro factor a tener en cuenta en este método es lo relacionado a los hábitos de desplazamiento que presentan las especies estudiadas en el paisaje. Muchas especies que habitan en los humedales pueden satisfacer todos sus requerimientos básicos en su ciclo de vida en un solo humedal, y más específico aún, en un área determinada de un humedal. Este es el caso de ciertas especies que se encuentran en la vegetación hidrófila de estos ambientes tales como el siete colores, trabajador y pidén, entre otros. De esta manera, para esta investigación en los censos de aves el énfasis estará puesto en aquellas especies que de acuerdo a sus características físicas y de comportamiento realizan sus actividades en el espejo de agua de los humedales, lo cual facilita su observación y que se espera realicen desplazamientos entre humedales.

Para determinar que especies son las más adecuadas para desarrollar esta metodología se realiza una consulta a un experto en materia de aves, con el objetivo de incorporar el criterio de un especialista en la materia. El experto consultado es Carlos Garín, Master en Ciencias Biológicas, quien a través de una entrevista indicó que de acuerdo a sus características físicas y de comportamiento, las aves que pueden ser estudiadas a través de este método son principalmente garzas, patos, huairavos, cisnes y taguas. De esta manera, los censos de aves tienen como principal objetivo determinar la abundancia de las especies mencionadas anteriormente en cada humedal estudiado, y de manera complementaria se determina la riqueza de especies presentes.

Básicamente este método consiste en censos de aves a través de transectos, los cuales se realizan con un recorrido a pie o desde una embarcación, dependiendo de las características de los humedales presentes en el área de estudio. En este sentido, resulta fundamental la realización de una jornada de preparación en esta metodología de avistamiento de avifauna en humedales. Se realizó un censo de avifauna en el humedal costero de Carrizal Bajo el 19/09/2017. (Anexos N°1 y 2). Para definir el

trazado y los transectos de observación se realizó una visita preliminar a los humedales seleccionados el 15/01/18.

Se plantea censar tanto en las zonas correspondientes al espejo de agua de los humedales como en las áreas de vegetación aledaña, entendiendo que estas zonas pueden funcionar como hábitat para la avifauna acuática de acuerdo a las inundaciones temporales. Los transectos de cada humedal varían de acuerdo a las características físicas de cada humedal y la disponibilidad de personal de apoyo. De esta manera, para el humedal asociado a la laguna Petrel se realizan tres transectos con la finalidad de abarcar la totalidad del humedal, quedando dividido en tres zonas de censado (Figura N°11). De acuerdo a las características de la vegetación circundante en el humedal asociado a la laguna Bajel resulta dificultoso realizar avistamientos de aves desde los márgenes de la laguna, por lo que se utiliza un bote a remos para internarse al espejo de agua y realizar el conteo desde la embarcación (Figura N°12). En cuanto al humedal asociado al embalse El Ancho, esta laguna artificial presenta un gran tamaño en la superficie del espejo de agua por lo que resulta muy dificultoso realizar avistamientos desde los márgenes. Debido a esto, los censos de aves se llevan a cabo realizando un transecto internándose en el espejo de agua con un kayak. (Figura N°13)

Para el correcto desarrollo de este objetivo específico resulta necesario en primer lugar el apoyo de integrantes del Laboratorio de Medioambiente y Territorio de la Universidad de Chile para llevar a cabo los censos de aves de manera simultánea en los diferentes humedales estudiados. En segundo lugar, resulta primordial contar con una serie de materiales tales como binoculares, ficha para registrar los datos, lápiz, guías de campo y libro de aves de Chile, cámara fotográfica, entre otros (Anexos N°3 y 4)

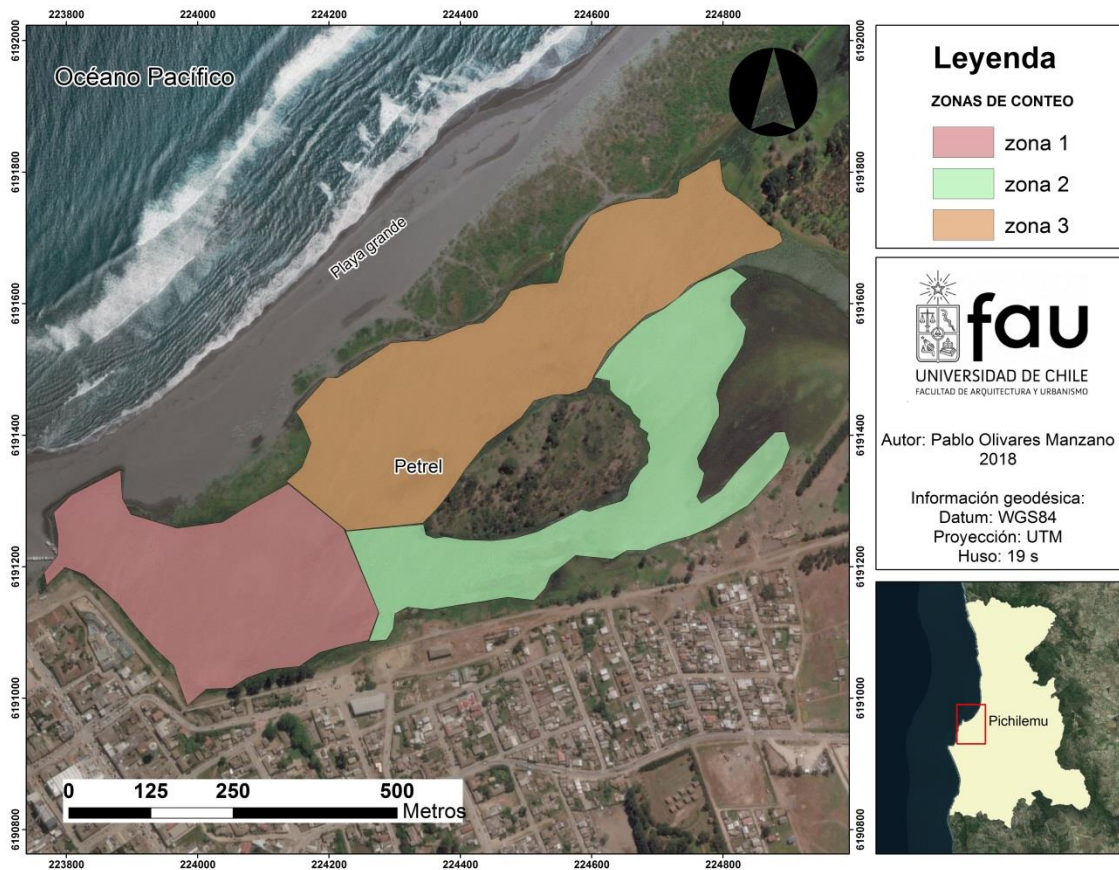
Los censos de aves se realizan en dos campañas de terreno en verano y otoño: la primera entre los días 16/01/18 al 19/01/18 y la segunda campaña entre los días 04/04/18 al 07/04/18. Se realizaron dos censos de aves por día en cada humedal estudiado de manera simultánea, llevándose a cabo en horarios matutinos y vespertinos a las 07:00 AM y 18:00 PM respectivamente con una duración aproximada de 1 hora (Anexo N°8). Se plantean dichos horarios puesto que las aves presentan un peak en sus actividades en el momento de amanecida, luego presentan una baja en su actividad asociado a las altas temperaturas del día, y finalmente vuelven a alcanzar una alta actividad conforme el sol comienza a declinar.

La distribución de las personas que colaboraron en los censos se llevó a cabo de la siguiente manera: En la laguna Petrel los transectos de observación fueron llevados a cabo por dos personas en cada uno de los tres transectos, esto ya que al ser la primera puesta en práctica de la metodología se busca complementar y estandarizar los conocimientos en la identificación de aves. En la laguna Bajel el recorrido en el bote a remos por el espejo de agua fue llevado a cabo por dos personas, de manera que una persona dirige la embarcación y la otra realiza el avistamiento de aves (Figura N°12). Por último, en la laguna/embalse El Ancho al igual que en laguna Bajel el recorrido en el kayak a remos fue realizado por dos personas, teniendo un encargado de dirigir el kayak y otro encargado del avistamiento (Figura N°13). De esta manera la realización de los censos implica la participación de 10 personas.

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de los censos realizados el mes de enero y abril en los humedales de Pichilemu se determina analizar la movilidad de la avifauna acuática mediante el estudio en la variación de la abundancia de

determinadas especies, debido a su comportamiento, facilidad de observación y reconocimiento en terreno. Las especies son cisne de cuello negro, garza grande, garza chica y garza cuca.

Figura 11: Zonas de conteo en Laguna Petrel



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Bote haciendo recorrido en espejo de agua para realizar censo de aves en Laguna Bajel



Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Kayak utilizado para realizar censo de aves en laguna El Ancho



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados del estudio que explican la relación existente entre el estado ecológico de los humedales de Pichilemu y la movilidad de la avifauna presente en dichos ecosistemas.

4.1 Propuesta de método de evaluación rápida de estado ecológico de humedales

A través de una exhaustiva revisión bibliográfica de métodos de evaluación rápida del estado ecológico de humedales tanto a nivel nacional como internacional se hizo una recopilación de los criterios más pertinentes de acuerdo a los objetivos planteados y al área de estudio.

Entre las dimensiones y métricas utilizadas para evaluar el estado ecológico de los humedales se proponen evaluar diferentes ítems asociados a las dimensiones de vegetación, hidrología y estructura física. En este sentido, los métodos seleccionados como guía principal de esta evaluación corresponden a “Ohio Rapid Assessment Method v5.0” (Mack, 2001) y “California Rapid Assessment Method v6.1 (California Wetlands Monitoring Workgroup, 2013), además de la revisión bibliográfica que realizan Fennessy et al. (2004) sobre métodos de evaluación rápida de estado ecológico en humedales. En la tabla N°5 se muestran las referencias y criterios de selección de los métodos seleccionados para guiar la evaluación del estado ecológico de los humedales en Pichilemu.

Tabla 5: Métodos de referencia para evaluar estado ecológico de humedales

Método	Referencia	Criterio de selección
Ohio Rapid Assessment Method v5.0	Mack, John J. (2001) Ohio Rapid Assessment Method for Wetlands, Manual for Using Version 5.0. Ohio EPA Technical Bulletin Wetland/2001-1-1. Ohio Environmental Protection Agency, Division of Surface Water, 401 Wetland Ecology Unit, Columbus, Ohio.	Este método fue seleccionado pues en su estructura están incorporadas las dimensiones base para la evaluación del estado ecológico de humedales. Además, este método ha sido evaluado de manera positiva en relación a sus resultados ligados a la diversidad de avifauna de los humedales evaluados
California Rapid Assessment Method v6.1	Collins, J.N., E.D. Stein, M. Sutula, R. Clark, A.E. Fetscher, L. Grenier, C. Grosso, and A. Wiskind. (2007) California Rapid Assessment Method (CRAM) for Wetlands, v. 5.0.1. 151 pp.	Este método fue seleccionado pues en su estructura están incorporadas las dimensiones base para la evaluación del estado ecológico de humedales. Además, este método fue utilizado como referencia para realizar evaluación de estado ecológico en tres humedales de Chile

Fuente: Elaboración propia, 2018

De los métodos utilizados como referencia para guiar la propuesta de evaluación rápida de humedales se seleccionaron 10 métricas. En la tabla N°6 se detallan las métricas a evaluar por cada dimensión y el método de referencia utilizado. Algunas métricas están incorporadas en ambos métodos de referencia.

Tabla 6: Resumen de dimensión y métricas a evaluar en humedales

Dimensión	Métrica evaluada	Referencia
Estructura física y zona de amortiguación	- Área (ORAM) - Porcentaje de buffer (CRAM) - Ancho de buffer (CRAM, ORAM) - Condición del buffer (CRAM)	"Ohio Rapid Assessment Method v5.0" (Mack, 2001) y "California Rapid Assessment Method v6.1 (California Wetlands Monitoring Workgroup, 2013).
Hidrología	- Fuentes (ORAM, CRAM) - Conectividad (CRAM) - Hidroperíodo (ORAM)	"California Rapid Assessment Method v6.1 (California Wetlands Monitoring Workgroup, 2013).
Vegetación	- Comunidad vegetacional (CRAM) - Interdispersión (ORAM, CRAM)	"Ohio Rapid Assessment Method v5.0" (Mack, 2001) y "California Rapid Assessment Method v6.1 (California Wetlands Monitoring Workgroup, 2013).
Perturbaciones Antrópicas	- Factores estresores en Hidrología, Vegetación y Zona de Amortiguación (CRAM)	"California Rapid Assessment Method v6.1 (California Wetlands Monitoring Workgroup, 2013).

Fuente: Elaboración propia, 2018

La evaluación del estado ecológico consta dos etapas. La primera etapa corresponde a un trabajo de oficina, en el que se evalúan las métricas relacionadas con la superficie y las zonas de buffer del humedal. Esta evaluación se lleva a cabo principalmente mediante el análisis de imágenes satelitales en Software Google Earth. De igual manera, los resultados obtenidos en el trabajo de oficina deben ser verificados en visitas a terreno. La segunda etapa de la evaluación consiste en trabajo de terreno, donde se evalúan las métricas asociados a hidrología, estructura biótica e impactos antrópicos. Las métricas seleccionadas se recopilan en una ficha de evaluación de terreno, la cual va acompañada de un manual de instrucciones para poder implementarla de manera correcta (Anexos n° 5 y 6).

Aspectos a evaluar

A. Estructura física y zonas de amortiguación:

1. Área del humedal: Este apartado evalúa el tamaño del humedal, asignando mayores puntajes a los humedales de mayor tamaño. Se utilizan categorías de tamaño para amortiguar la variabilidad en la puntuación y los errores en la medición. El tamaño del humedal puede ser determinado con imágenes satelitales a través del Software Google Earth. Para los propósitos de este ítem, la medición debe realizarse sobre la superficie considerada como “espejo de agua”. El espejo de agua será considerado como la máxima superficie ocupada por el cuerpo de agua en un año normal sin eventos extraordinarios de inundación, sequía, etc.
2. Porcentaje de áreas circundantes con zona de amortiguación o buffer: Este sub ítem se basa en la relación entre la extensión del buffer y la provisión de funciones de amortiguación de este al humedal. Se consideran como buffer las coberturas de suelo no antropogénicas que tienen la capacidad de proteger la integridad biológica, física y/o química del humedal de los efectos de las actividades humanas. Áreas con mayores zonas de buffer proveen mayores valores de hábitat, mejor calidad de agua y otras funciones valorables. Los usos humanos intensivos de la tierra no deben contarse como amortiguadores, como por ejemplo, cultivos agrícolas en hilera, áreas pavimentadas, urbanizaciones, campos deportivos, parques segados o altamente manejados, sitios de minería o construcción, etc.
3. Ancho promedio de zona de amortiguación: Este ítem evalúa el ancho promedio del buffer presente en el paisaje circundante del humedal, asignando mayores puntajes a buffers más anchos. Se debe calcular el ancho promedio del buffer de amortiguación (con un máximo de 150 metros). La estimación se puede realizar con imágenes satelitales a través del Software Google Earth. Se pueden usar estimaciones visuales, siempre y cuando se tenga certeza de que la categoría final asignada es correcta. Se estima en primera instancia el ancho del buffer en cada lado del humedal (Norte, Sur, Este, Oeste como referencia), luego se suman dichos valores y se dividen por el total de los lados sumados.
4. Condición de la zona de amortiguación: La condición del buffer es evaluada de acuerdo a su extensión y calidad de su cobertura de vegetación, condición general del sustrato, y la cantidad de visitas humanas. La condición del buffer es evaluada solo para las zonas contiguas al humedal que han sido identificadas como buffers. Por ende, la evidencia de impactos directos (construcciones, caminos, viviendas, etc.) son excluidos de esta métrica, porque esas capas no son incluidas como coberturas de suelo buffers; estos impactos son incluidos en otro ítem de evaluación. Si no hay buffer asignar puntaje de 0. La condición del buffer debe evaluarse en terreno. Se asume que la prevalencia de la vegetación nativa, la ausencia de vegetación exótica, la ausencia de alteración reciente del sustrato y la ausencia de basura o desechos, indican buenas condiciones de amortiguación. La visita humana de bajo impacto incluye actividades como senderismo, observación de aves u otra recreación pasiva. Las visitas humanas moderadas o intensas podrían incluir actividades como el uso de vehículos todoterreno, acciones que alteren la presencia de aves u otras actividades que perturben el suelo o las

comunidades de plantas. Para la evaluación se deben considerar: Vegetación nativa/no nativa, perturbaciones o compactación del suelo e intensidad de las visitas antrópicas.

B. Hidrología

1. Fuentes de agua: Los humedales que presentes ciertos tipos de fuentes de agua, o múltiples fuentes pueden ser de muy alta calidad, o pueden tener altas funciones y valores. El evaluador debe hacer un *checklist* de las diferentes fuentes de agua que son parte del presupuesto hídrico del humedal. Si existen varias fuentes de agua se genera una sumatoria entre los puntajes específicos de cada fuente presente (de acuerdo a su relevancia).
2. Conectividad: La Conectividad Hidrológica describe la capacidad del agua para fluir dentro o fuera del humedal, para inundar sus zonas de transición de las tierras altas adyacentes, permitiendo que el sistema se adapte a las inundaciones crecientes sin cambios dramáticos en el nivel del agua, lo que puede causar estrés a las plantas y animales del humedal. Además, la presencia de esta zona de transición entre el humedal y las tierras altas proporciona zonas de saturación variadas y sus hábitats asociados y aumenta la complejidad. Se evalúa en terreno la capacidad que tiene el agua para fluir a las zonas de transición adyacentes al humedal, teniendo en cuenta la presencia de elementos naturales o no naturales que puedan obstruir en cierto modo el flujo de agua hacia zonas laterales en períodos en que aumenta el nivel del agua.
3. Hidroperíodo: El hidroperíodo es la frecuencia característica y la duración de la inundación o saturación de un humedal durante un año típico. Para la gran mayoría de tipos de humedales, el hidroperíodo es el aspecto más dominante de la hidrología. Esta métrica evalúa los cambios recientes en el hidroperíodo, el régimen de flujo o el régimen sedimentario de un humedal y el grado en que estos cambios afectan la estructura y composición de la comunidad de plantas de humedales.

C. Estructura biótica

1. Número de estratos de plantas presentes: Las capas de las plantas desempeñan un papel importante en la evaluación del atributo de la estructura biótica. Se distinguen entre sí por las diferencias en las alturas máximas promedio de sus especies de plantas co-dominantes. Se han definido un máximo de 5 tipos de capas de plantas posibles de encontrar. Es esencial que las capas sean identificadas por las alturas reales de la planta (es decir, las alturas máximas aproximadas) de las especies de plantas evaluadas, independientemente del potencial de crecimiento de la especie. Para ser considerada en esta evaluación una planta debe cubrir una superficie mínima. Se recomienda incorporar plantas que cubran al menos un 5% del área evaluada en el humedal. Para este cálculo se pueden usar estimaciones visuales de cobertura, o enfoques cuantitativos. Por ej.: Área de evaluación de

3000m² → Mínima superficie para ser considerada como capa: $3000 \times 0.5 = 1500\text{m}^2$ Además de la vegetación viva, se puede usar vegetación muerta o senescente (vertical) de la temporada de crecimiento anterior para evaluar el número de capas de plantas presentes. Sin embargo, no se tienen en cuenta las longitudes de los tallos o brotes postrados. En otras palabras, la vegetación caída no debe ser "sujetada" para determinar la capa vegetal a la que pertenece. El número de capas de plantas debe determinarse en función de la forma en que la vegetación se presenta en el terreno.

2. Número de especies co-dominantes: Esta submétrica evalúa el número de especies co-dominantes en cada capa vegetacional identificada en la submétrica anterior. Para cada capa vegetacional en el área evaluada, todas las especies representadas por vegetación viva que comprenden al menos un 10% de cobertura relativa dentro de la capa se consideran dominantes. Para este cálculo se pueden usar estimaciones visuales de cobertura, o enfoques cuantitativos. Por ej.: Área de evaluación de 3000m² y Capa de vegetación media abarca 2/3 del área de evaluación → Mínima superficie para ser considerada como especie dominante en la capa media: $\frac{2}{3} \times 3000 = 2000$, $2000 \times 0.10 = 200\text{m}^2$. En esta métrica sólo se considera la vegetación viva en posición de crecimiento. La vegetación muerta no se tiene en cuenta. El evaluador lista los nombres de todas las especies de plantas dominantes en cada capa. La lista se utiliza para determinar el número total de especies codominantes para todas las capas que están representadas en el área evaluada. Algunas especies pueden dominar varias capas. Estas plantas proporcionan un conjunto diferente de hábitats para la vida silvestre, diferentes cantidades de sombreado e intercepción de lluvia, y tienen otras diferencias funcionales entre capas. La aparición de una especie entre múltiples capas aumenta la complejidad general del área evaluada.
3. Porcentaje de especies invasoras: Esta submétrica evalúa el número de especies codominantes invasoras para todas las capas de plantas combinadas como un porcentaje del número total de co-dominantes, basado en los resultados del número de especies codominantes. Si no se puede determinar el origen de una especie a través de la experiencia botánica del evaluador en el campo, se debe realizar un muestreo y registros documentales de la especie en cuestión, para ser identificadas en trabajo de gabinete
4. Interdispersión: La interdispersión es básicamente una medida del número de distintas zonas de plantas y la cantidad de bordes que se intersectan entre ellas. La existencia de múltiples zonas de plantas horizontales indica una comunidad vegetacional bien desarrollada o de mayor complejidad. Para los humedales grandes, la zonificación prominente es evidente en las fotografías aéreas de la escala 1: 24,000 o más pequeño. Para los humedales pequeños, la zonificación es evidente sólo en el campo. Las zonas pueden ser discontinuas y pueden variar en número dentro de un humedal. Las zonas vegetales consisten a menudo de más de una especie vegetacional, pero algunas zonas pueden ser mono-específicas. En algunos casos, una o dos especies de plantas dominan cada zona. Con el fin de anotar esta métrica, el evaluador debe evaluar el humedal desde una "vista en planta", es decir, como si el observador estuviera flotando sobre el humedal en el aire y mirando hacia abajo sobre él.

D. Perturbaciones antrópicas: Para los propósitos de esta evaluación, un factor de estrés es una perturbación antropogénica dentro de un humedal o su ambiente que es probable que tenga un impacto negativo en la condición y función del Área de Evaluación (AE). Un disturbio es un fenómeno natural que afecta al AE. Se enumeran una variedad de posibles factores de estrés, y se evalúa su presencia y probabilidad de afectar significativamente el funcionamiento del humedal. Para los atributos de Hidrología y Estructura Biótica, se enfoca en los factores de estrés que operan dentro del AE. Para el atributo Zona de amortiguación, el foco está en los factores de estrés que operan a menos de 500 m de la AE. En la evaluación de esta métrica debe ser anotado cada factor de estrés identificado para el ítem que corresponda, señalando si dicho factor de estrés está solamente presente (no implica mayores impactos para el humedal) o presenta un efecto significativo en el área evaluada. El protocolo de aplicación de la ficha de terreno contiene todos los detalles y pormenores que deben ser tomados en cuenta para la correcta aplicación de la ficha de evaluación en terreno. Además se detalla el procedimiento para asignar puntajes a las diferentes dimensiones evaluadas a través de una descripción narrativa.

4.2 Evaluación del estado ecológico de los humedales

En relación con el estado ecológico de los humedales evaluados, la Laguna Petrel presenta en general un *buen estado ecológico*, asociado a los altos puntajes obtenidos en el área de evaluación 3, la cual presenta un *muy buen estado ecológico*. En este sentido, destaca la evaluación de la estructura física en el área de evaluación 3 que obtiene el máximo puntaje. El área de evaluación 1 presenta un alto puntaje en la dimensión de vegetación, sin embargo, los impactos antrópicos asociados a la presencia de basura generan una disminución en el estado ecológico. Por otra parte, la Laguna Bajel presenta un estado ecológico *moderado*, presentándose las áreas de evaluación 1, 2 y 3 con un estado ecológico *moderado*, y el área de evaluación 4 con un *buen estado ecológico*. En general las zonas de amortiguación presentan puntajes medios/bajos debido a la fuerte presión antrópica asociada a las residencias ubicadas en los márgenes de la laguna. Finalmente, la laguna El Ancho presenta en general un *buen estado ecológico*, sin embargo, se presenta un gran contraste entre el área de evaluación 1 y las áreas de evaluación 2 y 3, asociado a la presión antrópica en los márgenes de la laguna y la complejidad de la vegetación de la zona ribereña. Así, el área de evaluación 1 presenta un *mal estado ecológico*, mientras que las áreas 2 y 3 presentan un *muy buen estado y buen estado ecológico* respectivamente (Tabla N°7 y Figura N°14) (Anexo N°7). En relación a la avifauna es posible mencionar que la laguna Petrel presenta la mayor riqueza de especies y abundancia de individuos, seguido de laguna Bajel y El Ancho respectivamente. En cuanto a la diversidad de los humedales, el índice de Shannon arrojó una *alta diversidad* en laguna Petrel y Bajel, mientras que la laguna El Ancho presenta una *diversidad media* (Tabla N°8 y 9). A continuación, se presenta en detalle los resultados para cada humedal evaluado.

Tabla 7: Estado ecológico de áreas de evaluación por humedal

Humedal	Área de evaluación	Estado ecológico
Petrel	AE1	bueno
	AE2	moderado
	AE3	muy bueno
Bajel	AE1	moderado
	AE2	moderado
	AE3	moderado
	AE4	bueno
El Ancho	AE1	malo
	AE2	muy bueno
	AE3	bueno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: N° de especies, origen y estado de conservación de avifauna humedales

Humedales	N° especies	Especies nativas (%)	Especies endémicas (%)	Especies Introducidas (%)	Especies en categoría de conservación (%)
PETREL	38	97	0	3	13
BAJEL	25	96	0	4	4
EL ANCHO	25	96	0	4	8

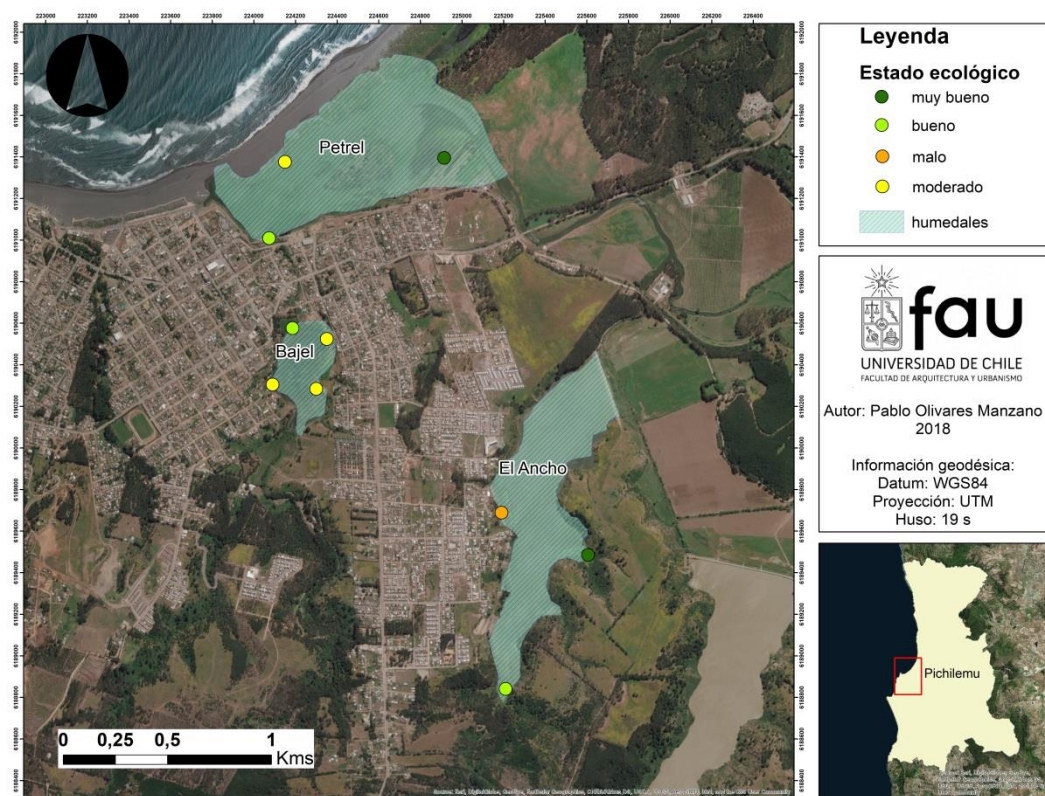
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Índice de diversidad de Shannon en avifauna de humedales

Humedal	Diversidad Shannon
Petrel	2.3
Bajel	2.14
El Ancho	1.81

Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Estado ecológico humedales de Pichilemu



Fuente: Elaboración propia

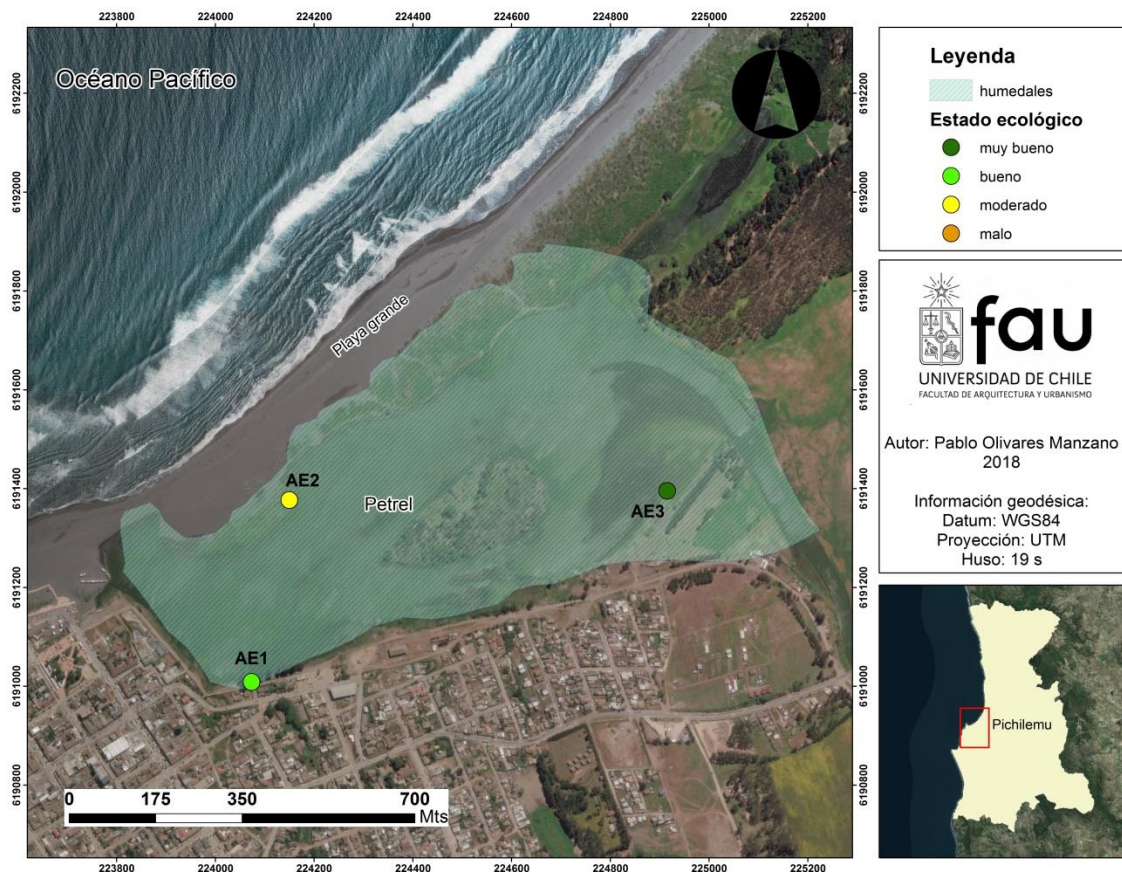
4.2.1 Laguna Petrel

Estado ecológico

De las 3 áreas evaluadas, una presenta un estado ecológico *muy bueno*, una presenta un *buen estado* ecológico, y una presenta un estado ecológico *moderado* (Figura N°15). En detalle, la evaluación del estado ecológico del humedal Laguna Petrel muestra que las áreas de evaluación (AE) presentan diferentes resultados para las dimensiones analizadas. En relación a la estructura física, es posible mencionar que el AE2 presenta puntajes bajos, que corresponden al menor puntaje de las áreas para este ítem, mientras que el AE3 presenta el mayor puntaje obteniendo el máximo posible. Esta condición se explica pues el AE2 presenta poco porcentaje con buffer, además de tener un ancho estrecho. También el buffer presenta una mala condición asociado a la presencia de suelos perturbados y evidencia de visitas antrópicas intensas, principalmente relacionado a las cabalgatas realizadas en dicha área, disminuyendo así las funciones de amortiguación de las presiones externas al humedal. Mientras que el AE3 presenta un buffer en casi toda el área evaluada, presentando un ancho que permite resguardar las funciones del humedal, además esto se ve favorecido por la condición óptima de la zona de buffer, asociado a la presencia de vegetación nativa, y las pocas o nulas evidencias de visitas humanas (Figura N°16). El AE1 presenta valores medios tanto en el porcentaje del área con

buffer y el ancho promedio del buffer, aunque este presenta una condición mala pues se exhiben suelos muy compactados y perturbados, además de la presencia de muestras que manifiestan actividades antrópicas intensas. Esta condición se desprende en gran medida de la cercanía de la laguna y del AE1 en específico con la zona urbana de Pichilemu. (Figura N°17)

Figura 15: Estado ecológico humedal Petrel



Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Buffer en área de evaluación 3, Petrel



Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Evidencia de actividades antrópicas en área de evaluación 1, Petrel



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al ítem de hidrología es posible mencionar que todas las AE presentaron resultados similares. Sin embargo, existe una diferencia entre el AE3 que presentó resultados altos, mientras que el AE1 presentó valores medios. Esto pues el AE3 obtiene puntajes altos en conectividad, asociado a la ausencia de restricciones al movimiento lateral de las aguas en periodos de inundación, mientras que el AE1 presenta valores medios para dicha variable, por la presencia de un leve escarpe asociado al camino que bordea el humedal. Por otra parte, el AE2 presenta valores altos para la dimensión hidrológica, presentando valores altos en conectividad debido a la ausencia de elementos que dificulten el movimiento de las aguas de manera lateral hacia las zonas aledañas al humedal. En relación a las fuentes de agua presentes en el humedal Petrel es posible mencionar que las áreas de evaluación están dominadas por la precipitación, aguas superficiales del estero San Antonio y aguas provenientes de procesos de infiltración.

En relación a la dimensión de vegetación los resultados obtenidos presentan variación entre las diferentes AE. En este sentido, el AE1 y 3 presentan puntajes similares, mientras que el AE2 presenta un puntaje distinto. Por una parte, el AE2 presenta valores medios/bajos, mientras que el AE1 presenta el mayor puntaje. Esto se explica pues en el AE2 se presenta una baja cantidad de estratos vegetacionales, además de presentar un bajo grado de interdispersión entre estos, lo que denota un menor desarrollo de la vegetación presente. Por el contrario, el AE1 presenta gran cantidad de estratos vegetacionales y especies codominantes, lo que explica su alto puntaje, a pesar de presentar gran cantidad de especies invasoras (Figura N°18).

Figura 18: Estratos vegetacionales y especies invasoras en área de evaluación 1 en laguna Petrel



Fuente: Elaboración propia

El AE3 presenta valores altos en la cantidad de estratos vegetacionales, estando presentes estratos arbóreos, arbustivos, herbáceas y vegetación acuática, además presenta valores medios/altos en la presencia y abundancia de especies vegetacionales invasoras, asociado a la presencia de especies nativas como huingán y maitén (Figura N°19).

Figura 19: Especies nativas en área de evaluación 3, Petrel



A) Huingán (*Schinus polygamus*, B) Maitén (*Maitenus boaria*)

Fuente: Elaboración propia

En relación a las perturbaciones antrópicas en el humedal Petrel es posible mencionar que todas las áreas evaluadas muestran señales de intervenciones antrópicas en diferentes niveles. El AE1 muestra la mayor cantidad de factores de estrés, tales como presencia de caminos muy frecuentados, gran cantidad de basura, presencia de animales domésticos que amenazan la fauna silvestre y nativa, entre otros. Esta condición deriva en una disminución considerable del puntaje de estado ecológico del AE1. El AE2 presenta impactos antrópicos asociados a las actividades turísticas que se desarrollan en la zona, principalmente las cabalgatas que frecuentan dicha área. Por último, el AE3 presenta perturbaciones asociadas a la presencia de viviendas y corrales de caballos en el área de amortiguación, además de la presencia de animales domésticos que amenazan la fauna nativa (Figura N°20)

Figura 20: Perturbaciones antrópicas en áreas de evaluación, Petrel



a) camino y fauna domestica en AE1, b) cabalgatas en AE2, c) fauna domestica atacando fauna nativa en AE3 d) zona residencial en AE3

Fuente: Elaboración propia

Avifauna

Con respecto a la avifauna, en los avistamientos de enero en el humedal laguna Petrel se registraron 38 especies, de las cuales 37 eran nativas y 1 exótica (codorniz/ *Callipepla californica*). No se registraron especies endémicas. De las aves registradas, 5 especies presentan algún estado de conservación, 2 especies En peligro (cisne coscoroba y cuervo de pantano), 1 especie Vulnerable (cisne de cuello negro), 1 especie Rara (garza cuca) y 1 especie Inadecuadamente Conocida (pato cuchara) (tabla N°8).

En relación a los censos de aves acuáticas se registró una abundancia de 614 individuos y riqueza de 18 especies, siendo las especies pato jergón grande (*Anas georgica*) y tagua común (*Fulica armillata*) las que presentaron mayor abundancia relativa con 20% y 18% respectivamente. En este sentido, en general el índice de diversidad de Shannon arrojó una *alta diversidad* para el humedal. Tal como se mencionó en la metodología, la laguna Petrel fue dividida en tres zonas de conteos. En detalle, la zona 1 presenta una abundancia de 89 individuos y una riqueza de 12 especies, de las cuales las especies tagua chica (*Fulica leucoptera*), pato rana de pico delgado (*Oxyura vittata*) y tagua común presentan las mayores abundancias relativas con 21%, 21% y 18% respectivamente. En relación a la diversidad, el índice de Shannon arrojó una *diversidad media*. La zona 2 presenta una abundancia de 301 individuos y una riqueza de 12 especies, siendo las especies pato jergón grande y tagua común las que presentaron una mayor abundancia relativa con 30% y 23% respectivamente. Con respecto a la diversidad, el índice de Shannon arrojó una *diversidad media*. La zona 3 presenta una abundancia de 224 individuos y una riqueza de 16 especies, de las cuales las especies pato jergón chico (*Anas flavirostris*) y cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*) presentan las mayores abundancias relativas con 18% y 16% respectivamente. En relación a la diversidad, el índice de Shannon arrojó una *muy alta diversidad* (Tabla N°10).

Tabla 10: Índice de diversidad de Shannon para aves en zonas de conteo, Petrel

Zonas de conteos	Índice de Shannon (H)
1	2.1
2	1.9
3	2.4

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Laguna Bajel

Estado ecológico

De las 4 áreas evaluadas en la Laguna Bajel, una presenta un estado ecológico *bueno* y tres presentan un estado ecológico *moderado* (Figura N°21). En detalle, los resultados obtenidos en la evaluación del estado ecológico del humedal Laguna Bajel muestran que las áreas de evaluación (AE) presentan resultados similares para las dimensiones analizadas, a excepción del AE4, que en general presenta puntajes más altos que el resto de AE. En relación a la dimensión de estructura física, el AE4

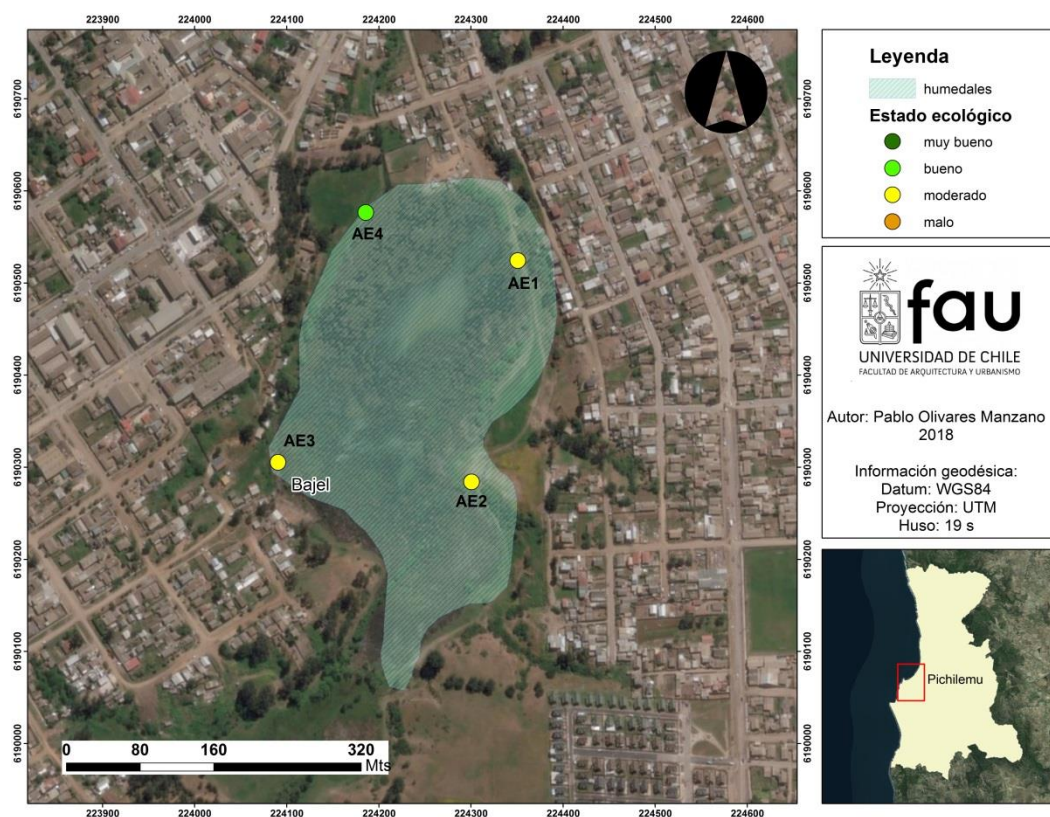
presenta el mayor puntaje, aunque este se presenta como un valor medio dentro de la evaluación, mientras que el AE3 presenta el menor puntaje. Así, el AE3 cuenta con menos de 25% de su superficie con un buffer que amortigüe las presiones externas de la laguna. Además, el poco porcentaje de la zona de buffer se presenta con un ancho estrecho y en una mala condición, asociado a la presencia de especies vegetacionales no nativas, y con evidencias de actividades antrópicas intensivas, lo que deriva en una disminución de las funciones de amortiguación que se brinda al humedal. Por contraparte, el AE4 presenta valores medios/altos en los subítems de zona de amortiguación, tanto en porcentaje, ancho y condición de la zona de buffer. Por otra parte, el AE1 presenta valores medios/altos en el porcentaje de buffer presente, aunque este presenta un ancho estrecho y una condición mala, asociado a la presencia de muestras que denotan una alta presión antrópica. El AE2 presenta valores medios en el porcentaje de buffer y en el ancho promedio de este. Sin embargo, la zona de amortiguación presenta una condición mala pues presenta suelos muy perturbados, presencia de basura y viviendas, lo que denota una presión antrópica intensa.

En relación a la dimensión hidrológica las AE1, 2, y 3 presentan puntajes similares con una mínima variación entre ellas, mientras que el AE4 presenta el mayor puntaje. Esta condición se explica pues el AE4 presenta valores máximos tanto en conectividad e hidroperiodo, pues no presenta grandes limitantes al movimiento lateral de sus aguas y los patrones de inundación y drenaje se manifiestan sin mayores alteraciones. Por otra parte, el AE1 y 3 presentan valores altos en relación a la conectividad, dado la ausencia de interferencias en el movimiento lateral de las aguas, aunque presentan vegetación terrestre adentrándose en la zona acuática, dando cuenta de modificaciones en el hidroperiodo. Los menores valores tanto en conectividad e hidroperiodo se dan en el AE2, pues esta área presenta valores medios y bajos en conectividad e hidroperiodo respectivamente, asociados a la presencia de restricciones en los patrones naturales del movimiento lateral de las aguas.

Con respecto al ítem de vegetación los resultados obtenidos presentan puntajes similares. En relación al número de estratos vegetacionales presentes, todas las áreas de evaluación obtienen valores altos por la presencia de vegetación arbórea, arbustiva, herbáceas y especies acuáticas. La mayor diferencia en la dimensión de vegetación está dada por los resultados obtenidos en el número de especies que dominan los estratos. El AE1 y 2 presentan valores altos por la presencia de una gran cantidad de especies que dominan los estratos presentes, generando así una diversidad que denota mayor complejidad ecológica. El AE4 presenta valores medios/altos, mientras que el AE3 presenta valores bajos por la dominancia de unas pocas especies vegetacionales. A pesar de que en general se presentan valores altos en las dimensiones anteriores, el puntaje de la dimensión de vegetación no alcanza valores altos debido a los altos porcentajes obtenidos en la evaluación de presencia de vegetación exótica invasora.

Las perturbaciones antrópicas están presentes en todas las áreas de evaluación, destacando la intensa presión en la zona de amortiguación asociada al desarrollo de viviendas residenciales y la presencia de basura en las cuatro áreas evaluadas (Figura N°22). Las perturbaciones relacionadas a la estructura biótica también se presentan como una constante. La destrucción del hábitat y la presencia de depredadores domésticos de fauna nativa destacan dentro de los factores de estrés. Además resalta la excesiva presencia de especies exóticas invasoras en la vegetación.

Figura 21: Estado ecológico humedal Bajel



Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Perturbaciones antrópicas, Bajel



Fuente: Elaboración propia

Avifauna

Con respecto a la avifauna, en los avistamientos de enero en el humedal laguna Bajel se registraron 25 especies, de las cuales 24 eran nativas y 1 exótica (ganso / *Anser anser*). No se registraron especies endémicas. De las aves registradas, solo 1 especie presenta estado de conservación Vulnerable (cisne de cuello negro), (Tabla N°8). De acuerdo a los censos de aves acuáticas realizados en enero se registró una abundancia de 84 individuos y riqueza de 11 especies, de las cuales las especies tagua común y cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) presentaron las mayores abundancias relativas con 23% y 18% respectivamente. En relación a la diversidad de especies, el índice de Shannon arrojó una *alta diversidad* para el humedal ($H=2.14$). Para diferenciar los humedales Petrel y Bajel en relación a su diversidad, el índice de Simpson arrojó valores más altos para humedal Petrel, presentando una menor dominancia de especies que el humedal Bajel, por lo que laguna Petrel se presenta como el humedal con mayor diversidad.

4.2.3 Laguna El Ancho

De las tres áreas evaluadas en la laguna El Ancho una presenta un *muy buen* estado, una presenta un *buen* estado y una presenta un *mal* estado ecológico (Figura N°23). En detalle los resultados obtenidos en la evaluación muestran que en relación al ítem de estructura física el AE1 presenta valores muy bajos. Específicamente en el tema de zona de amortiguación presenta los mínimos valores tanto para el porcentaje de área con buffer, ancho y condición del buffer. La fuerte presión antrópica de las viviendas que se sitúan en el margen de la laguna explica en cierto modo el bajo puntaje obtenido. El AE3 presenta valores altos para esta dimensión, pues presenta zona de amortiguación para la gran mayoría del área evaluada, además este buffer presenta un ancho amplio y una buena condición, asociado a la presencia de suelos sin perturbaciones aparentes, lo que permite resguardar las funciones del humedal de factores externos de estrés (Figura N°24). El AE2 presenta un buffer en la gran mayoría del perímetro evaluado. Este se presenta de un ancho medio y una condición buena, asociado a la nula o escasa presencia de evidencias de actividades antrópicas intensivas.

Figura 23: Estado ecológico humedal El Ancho



Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Área de amortiguación en área de evaluación 3 en Laguna El Ancho



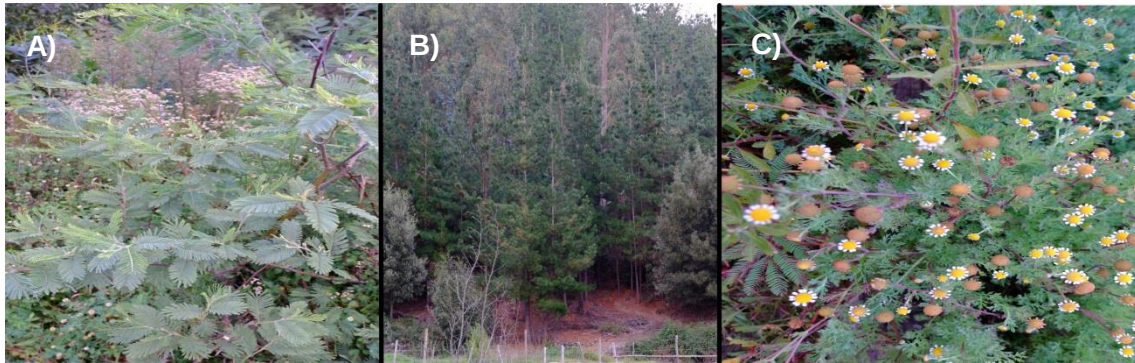
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al ítem de hidrología el AE1 presenta el menor puntaje, mientras que el puntaje máximo corresponde al AE2. Esto se explica pues en relación a la conectividad y el hidroperiodo el AE1 presenta valores bajos asociados a la presencia de caminos y casas que limitan el movimiento de las aguas en sentido lateral en periodos de inundación, y la presencia de vegetación terrestre en la zona acuática, dando lugar a modificaciones en los patrones de inundación/drenaje. El AE2 presenta valores altos en conectividad, debido a la ausencia de limitantes al movimiento horizontal de las aguas. El AE3 muestra valores medios/altos en conectividad, puesto que, si bien presenta algunas limitaciones para el movimiento lateral de las aguas, estas se presentan en un bajo porcentaje del área evaluada, mientras que en hidroperiodo presenta bajos valores, asociado a presencia de vegetación acuática en zonas terrestres, ilustrando una modificación en los patrones de inundación.

En relación al ítem de vegetación es posible mencionar que el AE2 y 3 presentan el mayor puntaje, mientras que el AE1 presenta el menor puntaje. Esta condición se explica puesto que, si bien todas las áreas presentan valores altos en el número de estratos por la presencia de vegetación arbórea, arbustiva, herbácea y acuática, la diferencia se presenta en las demás variables evaluadas. Por una parte, el AE1 y 2 presentan valores medios/bajos puesto que en relación al número de especies codominantes estas áreas presentan un número relativamente bajo en comparación al AE3 que presenta valores altos. Esto refleja una mayor complejidad ecológica asociado a varias especies que dominan los estratos vegetacionales presentes. En cuanto al porcentaje de especies introducidas invasoras, el AE1 presenta valores bajos asociados a la presencia de cardo y pino radiata. El AE2 presenta valores medios/altos pues las especies invasoras corresponden a un porcentaje menor de las especies codominantes. Por último, el AE3 presenta valores mínimos pues las especies invasoras representan el 50% aproximado de las especies codominantes. Entre las especies invasoras destaca la presencia de manzanillón, aramo y pino radiata (Figura N°25)

En relación al grado de interdispersión entre los estratos vegetacionales es posible mencionar que tanto el AE2 como el AE3 presentan un alto grado de traslape entre los estratos arbóreos, arbustivos y herbáceas. El AE1 presenta un bajo grado de interdispersión entre los estratos vegetacionales presentes, lo que denota una menor complejidad ecológica en el área evaluada

Figura 25: Especies introducidas invasoras en área de evaluación 3, El Ancho

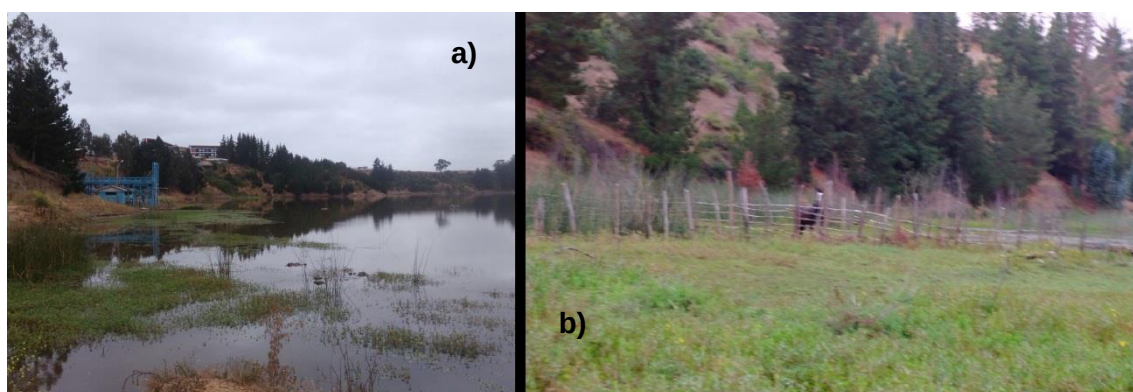


a) Aromo (*Acacia dealbata*), B) Pino radiata (*Pinus radiata*), C) Manzanillón (*Anthemis cotula*)

Fuente: Elaboración propia

Las perturbaciones antrópicas en la laguna El Ancho están concentradas en el AE1, presentando factores de estrés en zonas extensas de la laguna, y de manera persistente, por lo que su reversibilidad se ve dificultada. Destaca la presencia de infraestructura asociada a la empresa sanitaria ESSBIO que utiliza las aguas de la laguna como reserva de contingencia para abastecer a la comunidad de Pichilemu. En esta área también existe destrucción del hábitat para la fauna nativa, asociado a la remoción de árboles y residuos leñosos. Esta condición se asocia a la fuerte presión antrópica relacionada con la instalación de viviendas residenciales en los márgenes de la laguna. El contexto territorial urbano de la laguna deriva en esta serie de presiones sobre el humedal, teniendo presencia de rutas, viviendas, recreación pasiva asociada a la observación del paisaje y activa relacionada principalmente a la pesca. Todas estas actividades se relacionan con el mal estado ecológico presentado en esta área de evaluación. En el AE2 si bien las perturbaciones antrópicas no se presentan en una gran extensión e intensidad, si es posible mencionar que existen evidencias de visitas humanas, principalmente relacionado a la presencia de basura, pequeños senderos y remoción de árboles. Finalmente, el AE3 también presenta relativamente pocas perturbaciones antrópicas, aunque si es posible presenciar algunos factores de estrés tales como la instalación de viviendas residenciales en baja cantidad y densidad, recreación pasiva asociada a senderismo y la presencia de corrales para el pastoreo de caballos (Figura N°26)

Figura 26: Perturbaciones antrópicas en áreas de evaluación, El Ancho



a) Infraestructura de sanitaria ESSBIO, b) corrales de pastoreo

Fuente: Elaboración propia

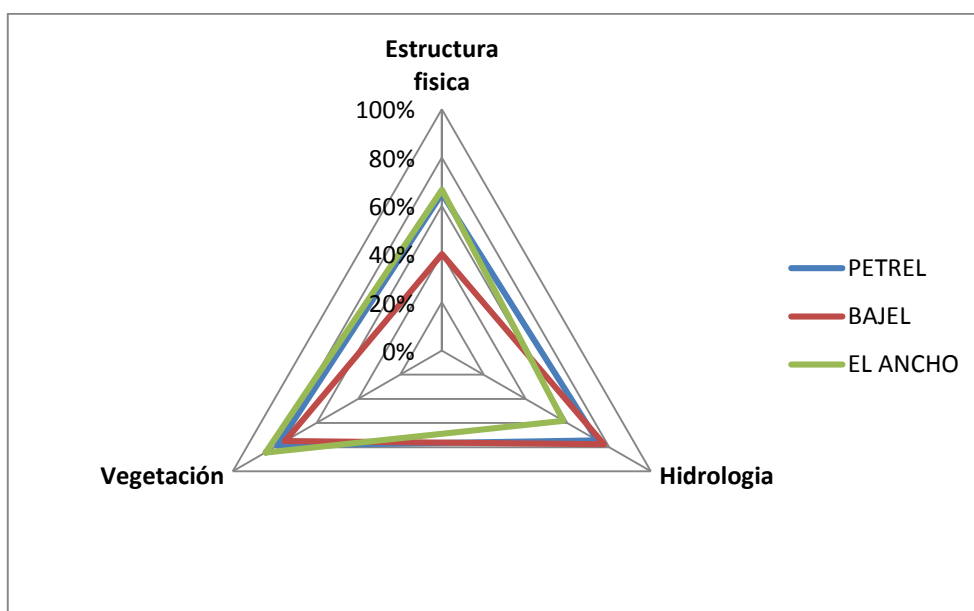
Avifauna

Con respecto a la avifauna, en los avistamientos de enero en el humedal laguna El Ancho se registraron 25 especies, de las cuales 24 eran nativas y 1 exótica (gorrión / *Passer domesticus*). No se registraron especies endémicas. De las aves registradas, 2 especies presentan algún estado de conservación, reconociéndose el cisne de cuello negro en categoría Vulnerable, y la garza cuca en categoría de Rara (Tabla N°8). De acuerdo a los censos de aves acuáticas realizados en enero se registró una abundancia de 25 individuos y riqueza de 8 especies, de las cuales las especies cisne de cuello negro, huala (*Podiceps major*) y tagua común presentaron las mayores abundancias relativas con 28%, 20% y 20% respectivamente. En relación a la diversidad de especies, el índice de Shannon arrojó una *diversidad media* para el humedal ($H=1.81$).

4.3 Síntesis de evaluación de estado ecológico de humedales

A través de la construcción de gráficos se comparan los resultados obtenidos en la evaluación rápida del estado ecológico de los humedales estudiados. La figura N°27 muestra un gráfico donde los polígonos representan los puntajes obtenidos para las dimensiones estudiadas a través de la evaluación rápida. En general se aprecia que la laguna Petrel y El Ancho presentan los polígonos más grandes, mientras que el polígono de la laguna Bajel se presenta relativamente menor que los dos anteriores. A pesar de esto, el polígono de la laguna El Ancho presenta un peor estado que las lagunas Petrel y Bajel en la dimensión de hidrología debido a la utilización de las aguas del humedal por la empresa sanitaria ESSBIO. El humedal Petrel y Bajel muestran un tamaño similar. En relación a la estructura física el humedal Bajel presenta un estado considerablemente menor que el humedal Petrel y El Ancho, esbozando este último una pequeña diferencia a su favor. Esto pues la zona ribereña de humedal Bajel está notoriamente intervenida y degradada por efectos antrópicos. Con respecto a la dimensión de vegetación, los tres humedales muestran un estado similar aunque en detalle el humedal El Ancho presenta un mejor estado, seguido del humedal Petrel y por último el humedal Bajel. Al analizar las tres dimensiones es posible apreciar que la dimensión de estructura física de la zona de amortiguación presenta los valores más bajos en los tres humedales, dando cuenta de que las problemáticas que aquejan a los humedales estudiados corresponden a la fuerte presión antrópica en las zonas ribereñas. A su vez la dimensión de vegetación presenta valores altos para los tres humedales, lo que permite avizorar que las métricas de esta dimensión presentan como constante una buena evaluación.

Figura 27: Evaluación rápida de estado ecológico de humedales



Fuente: Elaboración propia

Caber resaltar que, si bien el estado ecológico del humedal El Ancho presenta una buena evaluación asociado a los resultados del AE2 y AE3, los resultados del AE1 son los más bajos de todas las áreas evaluadas. Además, al considerar la resta de puntos de la evaluación asociado a la presión antrópica de instalación de viviendas, pesca, presencia de basura, sobretodo en dicha área, el puntaje del estado ecológico disminuye de manera considerable. Los polígonos del humedal Petrel y Bajel muestran tamaños asociados a estados ecológicos buenos y moderados respectivamente. Al considerar las perturbaciones antrópicas en la evaluación el estado ecológico disminuye, aunque de manera considerablemente menor que en el humedal El Ancho.

En cualquier caso, el test de Kruskal-Wallis arrojó que al ser comparadas todas las dimensiones en conjunto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los humedales con respecto a estructura física y zona de amortiguación, hidrología y vegetación (Tabla N°11).

Tabla 11: Prueba de Kruskal-Wallis

Estadísticos de prueba^{a,b}			
	Estructura física	Hidrología	Vegetación
H de Kruskal-Wallis	1,675	1,629	,919
gl	2	2	2
Sig. asintótica	,433	,443	,632

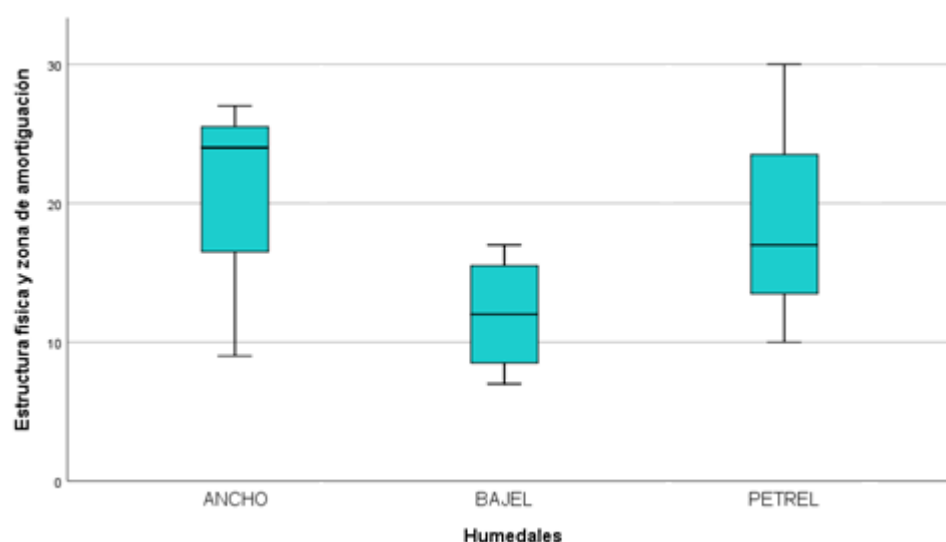
a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: V1

Fuente: Elaboración propia

Los gráficos de cajas y bigote muestran los resultados obtenidos para las diferentes dimensiones evaluadas y el estado ecológico en general. De este modo, en relación a la estructura física y zona de amortiguación, la figura N°28 muestra que el humedal Bajel presenta los valores más bajos, y de igual manera presenta la mediana más baja. Por otra parte, el humedal laguna Petrel presenta los valores más altos, aunque la mediana más alta se presenta en el humedal laguna El Ancho. Los valores de la laguna Petrel y la laguna el Ancho en esta dimensión son los que presentan una mayor dispersión comparadas con las otras dimensiones, es decir, en estos humedales es posible encontrar lugares con condiciones bastante disimiles respecto a su estructura física y zona de amortiguación.

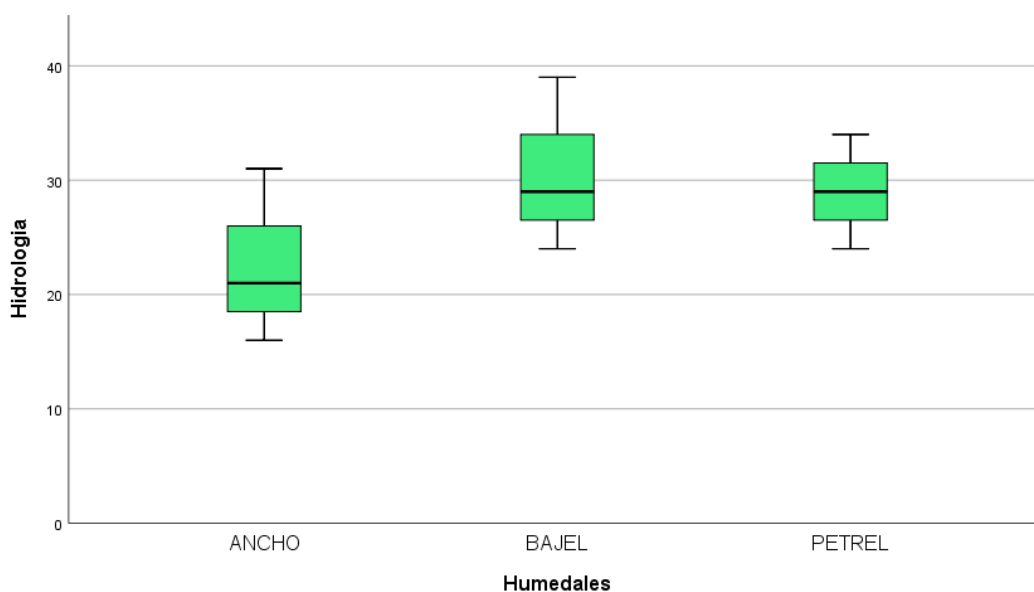
Figura 28: Gráfico de caja y bigote para dimensión de estructura física y zona de amortiguación



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la dimensión hidrológica, el humedal laguna El Ancho presenta la peor evaluación, teniendo por una parte el valor más bajo y la mediana más baja de los humedales evaluados. Por otra parte, los humedales laguna Petrel y Bajel presentan una distribución de datos similares en relación a la mediana y el mínimo valor. Sin embargo, el humedal Bajel presenta el valor más alto de la dimensión evaluada. Los valores para los tres humedales no presentan gran dispersión, sin embargo es posible mencionar que los humedales el Ancho y Bajel presentan la mayor dispersión, es decir, es posible encontrar lugares con condiciones relativamente disimiles dentro de dicho humedal en relación a la dimensión hidrológica. (Figura N°29)

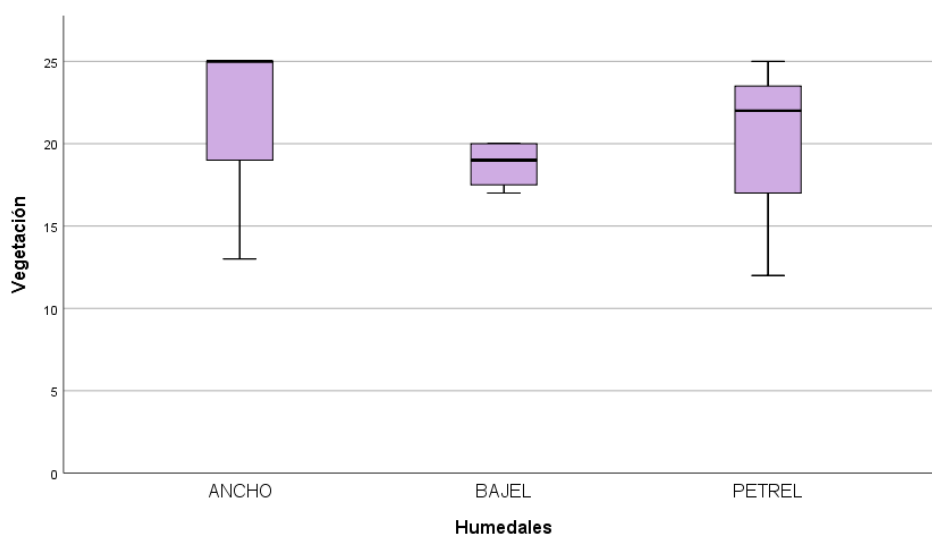
Figura 29: Gráfico de caja y bigote para dimensión de hidrología



Fuente: Elaboración propia

En relación a la dimensión de vegetación, la figura N°30 muestra por una parte que los valores más bajos se presentan en el humedal laguna Petrel, seguido de muy cerca de laguna El Ancho. Por otra parte, la mediana de los datos se presenta con un valor más alto en laguna El Ancho, seguido de laguna Petrel. En esta dirección, el valor más alto de esta dimensión se encuentra en humedal Petrel y El Ancho. En este último humedal, el valor de la mediana coincide con el valor más alto obtenido. Finalmente, en el humedal laguna Bajel es posible apreciar una baja dispersión entre los valores máximos y mínimos por lo que su estado es bastante homogéneo en su interior. En este sentido, los humedales el Ancho y Petrel presentan una mayor dispersión en sus valores, por lo que es posible encontrar lugares disimiles dentro de estos humedales con respecto a la dimensión de vegetación.

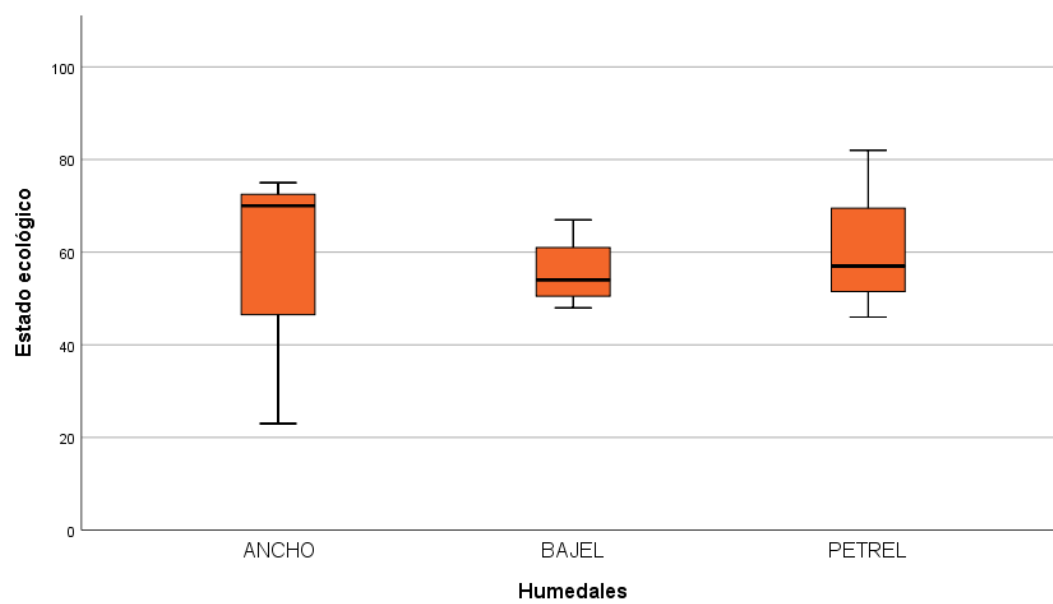
Figura 30: Gráfico de caja y bigote para Vegetación



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la figura N°31 muestra de modo general la distribución de los resultados obtenidos en la evaluación de estado ecológico de humedales. En primer lugar, es posible destacar aspectos de la dispersión de los resultados en las diferentes áreas evaluadas por cada humedal. En esta dirección, el humedal laguna El Ancho presenta la mayor dispersión en los resultados, es decir, el humedal que presenta las variaciones más importantes de su estado ecológico en las diferentes secciones evaluadas. La mediana más baja se presenta en el humedal Bajel, seguido de cerca por la mediana del humedal Petrel. Este último humedal presenta los mayores valores de la evaluación. Se aprecia que el humedal Bajel tiene una baja dispersión de sus valores, donde la mediana, el máximo y mínimo se encuentran relativamente cerca entre sí. Esto se relaciona con la similitud de los resultados obtenidos en las diferentes áreas evaluadas, indicado una homogeneidad espacial de su estado ecológico. El humedal el Ancho presenta una gran dispersión en sus valores, es decir, es posible encontrar lugares con gran disimilitud en relación al estado ecológico.

Figura 31: Gráfico de caja y bigote para estado ecológico



Fuente: Elaboración propia

4.4 Estado ecológico de humedales y avifauna

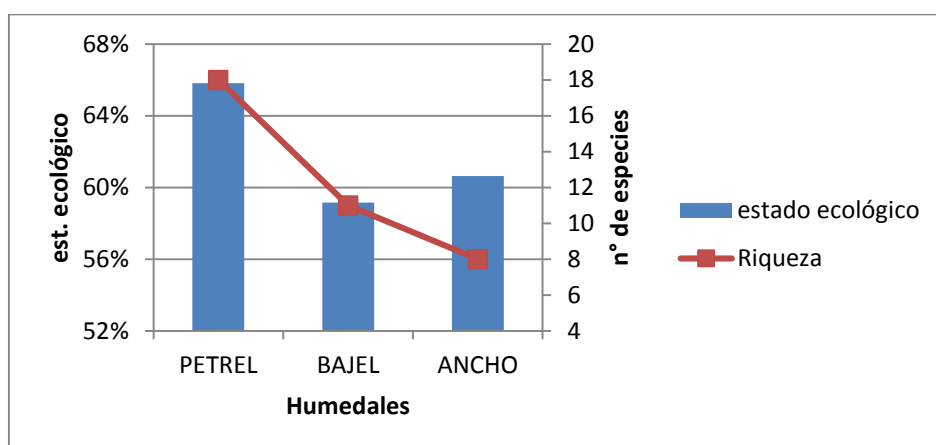
Si bien los humedales presentan similitud en cuanto al número de especies censadas, el humedal Petrel muestra una abundancia de individuos que supera en más de 6 veces aproximadamente a los humedales Bajel y El ancho. Esta situación puede estar asociada a la gran diversidad de ambientes que presenta este humedal y su condición de laguna estuarial. De esta manera, el humedal Petrel destaca tanto por tener la mayor abundancia de individuos así como por tener la mayor riqueza de especies, y por lo tanto el índice de diversidad de Shannon presenta una alta diversidad de especies. Además, este humedal presenta 5 especies en estado de conservación. De acuerdo con la evaluación rápida, el humedal Petrel presenta en general un buen estado ecológico, asociado a los altos valores obtenidos en el área de evaluación 1 y 3, destacando los altos valores en vegetación lo que permite mantener cierta calidad del ecosistema en relación a su capacidad para satisfacer la demanda de alimentación, nidificación y descanso de las aves.

Con respecto al humedal Bajel, según el índice de diversidad de Shannon presenta también una alta diversidad de especies de aves. La abundancia y riqueza de especies es notoriamente más baja que en el humedal Petrel lo que está asociado a un estado ecológico moderado, con altos valores en vegetación y bajos valores en estructura física y zona de amortiguación. Destaca la homogeneidad de las áreas evaluadas, pues tres de cuatro presentaron un estado ecológico moderado. La fuerte presión antrópica en la zona de amortiguación del humedal Bajel restringe en cierto modo la capacidad de este humedal para funcionar como hábitat para las aves. Sin embargo, la estructura vegetacional presente en los márgenes del humedal aún permite generar una zona interior del espejo de agua sin mayores perturbaciones, lo que podría explicar la alta diversidad de especies encontradas en el espejo de agua.

Con respecto al humedal El Ancho, de acuerdo con el índice de diversidad de Shannon presenta una diversidad media de especies de aves asociada a una abundancia y riqueza de especies menor que en los humedales Bajel y Petrel. El Ancho tiene un buen estado ecológico promedio, sin embargo, este presenta una gran variación espacial en los resultados obtenidos en la evaluación rápida. De modo general, presenta altos valores en las dimensiones de vegetación y estructura física y zona de amortiguación.

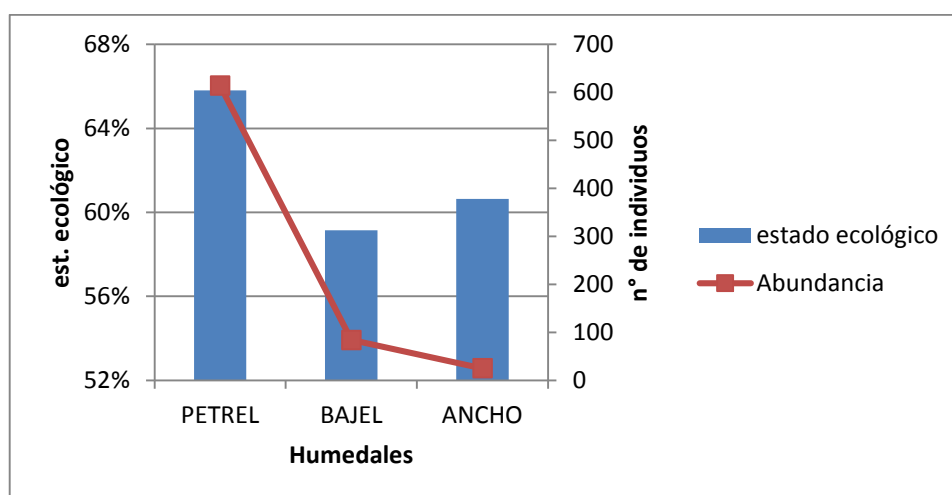
Al analizar el estado ecológico promedio de los humedales y la abundancia, riqueza y diversidad de especies de aves no es posible establecer una relación clara entre estas (Figura N°32, 33, 34). Sin embargo en todos los casos el Humedal Petrel posee el mejor estado ecológico y los indicadores de biodiversidad más altos. El Bajel es el con un peor estado ecológico pero presenta valores de biodiversidad más altos que El Ancho, lo que podría estar explicado por un mejor estado hidrológico o por otros factores tales como la cercanía al Petrel.

Figura 32: Estado ecológico de humedales y riqueza de aves



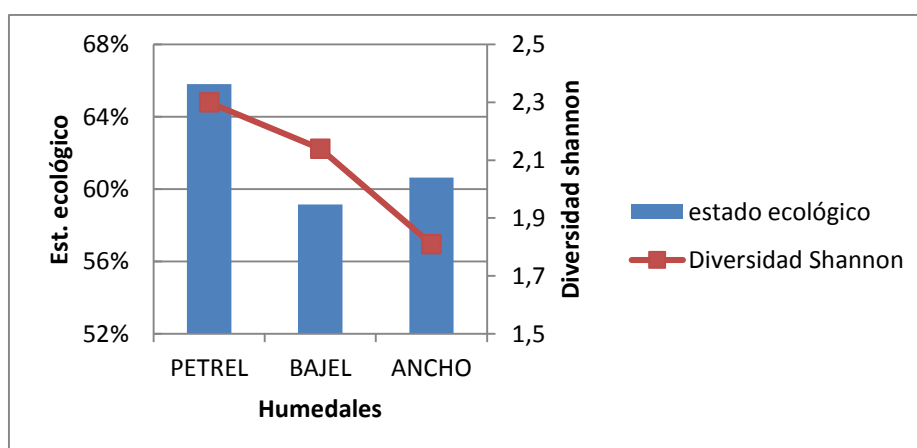
Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Estado ecológico de humedales y abundancia de aves



Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Estado ecológico de humedales e índice de diversidad de Shannon



Fuente: Elaboración propia

Además, es importante mencionar que los resultados en la evaluación de estado ecológico del humedal El Ancho presentaron gran variación dentro de sus distintas áreas de evaluación, por lo que el promedio general para el humedal puede no reflejar bien las condiciones del ecosistema.

Con respecto a las poblaciones de aves registradas en los censos de avifauna acuática, la tabla N°12 muestra el total de individuos registrados en los tres humedales estudiados para 4 especies en particular. Se aprecian variaciones en el total de individuos a través de los días en que se realizaron los censos de aves, lo que denota pérdidas y/o ganancias desde o hacia ambientes externos a los humedales estudiados.

Tabla 12: Total de individuos registrados para especies acuáticas estudiadas en los tres humedales

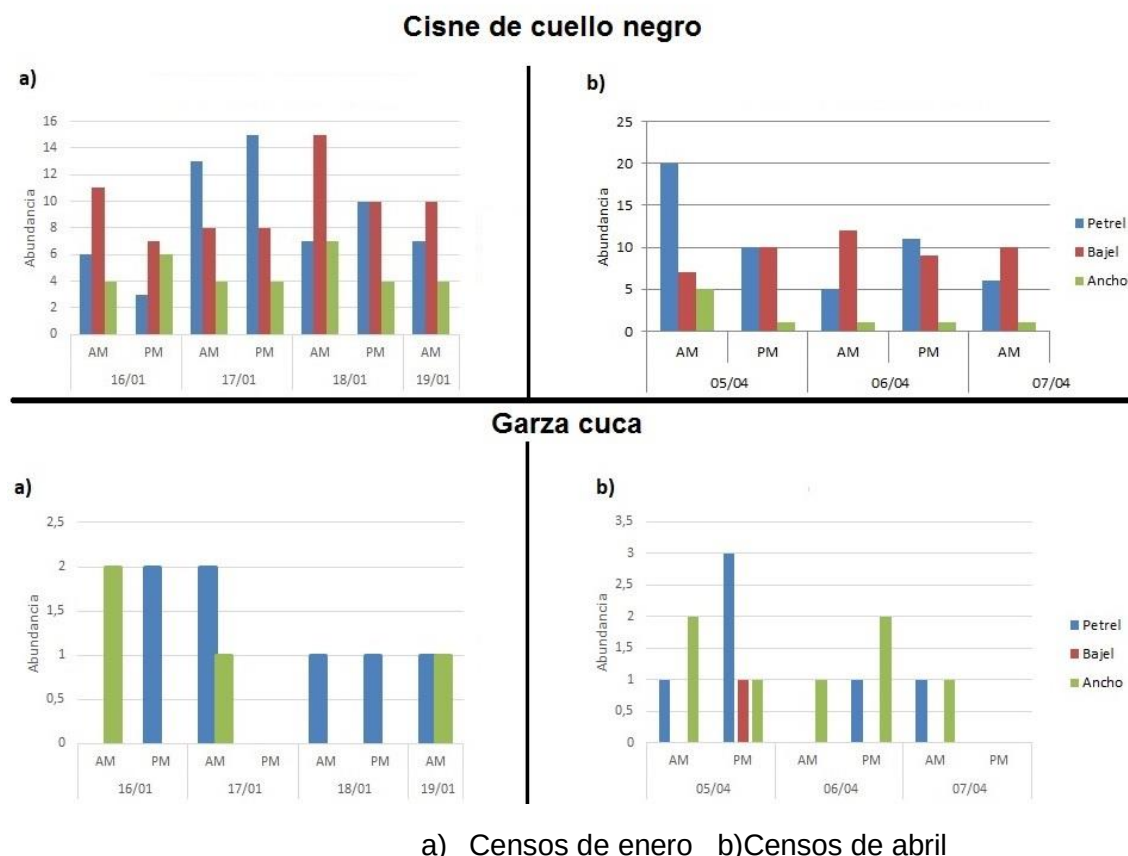
Especies	ENERO							ABRIL				
	16-ene		17-ene		18-ene		19-ene	05-abr		06-abr		07-abr
	am	pm	am	pm	am	pm	am	am	pm	am	pm	am
Cisne cuello negro	21	16	25	27	29	24	21	32	21	18	21	17
Garza grande	9	10	11	9	11	20	5	14	16	8	18	6
Garza chica	8	32	27	18	23	35	22	3	5	4	14	13
Garza cuca	2	2	3	0	1	1	2	3	5	1	3	2

Fuente: Elaboración propia

A pesar de esta condición, es posible avizorar la presencia de una comunidad de aves de determinadas especies con un número relativamente estable de individuos en el conjunto de los tres humedales. Este es el caso de las especies cisne de cuello negro y garza cuca (*Ardea cocoi*). Por una parte el cisne de cuello negro presenta en el mes de enero una población promedio de 23 individuos totales correspondiente al número parciales de individuos avistados en los tres humedales, mientras que en el mes de abril presenta una población promedio de 22 individuos. Por otra parte, la garza cuca presenta un promedio de abundancia de 2 y 3 para los meses de enero y abril respectivamente.

La figura N° 35 muestra en detalle la distribución de la abundancia de la población de cisnes de cuello negro y garza cuca en los humedales evaluados.

Figura 35: Distribución de la abundancia de Cisnes de cuello negro y Garza cuca en los humedales



a) Censos de enero b) Censos de abril

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura N°35 es posible apreciar variaciones en el número de individuos presentes en cada humedal según el día que se trate y el horario del día. En relación a la especie cisne de cuello negro los humedales Petrel y Bajel presentaron las mayores abundancias de individuos, mientras que la especie garza cuca presentó una mayor abundancia en los humedales Petrel y El Ancho.

4.5 Discusión del movimiento espacial de avifauna entre humedales

Los datos recopilados a través de los censos de avifauna llevados a cabo de manera simultánea en los tres humedales estudiados parecen indicar posibles patrones de transferencia de individuos de avifauna entre estos ecosistemas. Específicamente, los datos correspondientes a la especie cisne de cuello negro en el mes de enero los días 17/01 en horario PM y 18/01 en horario AM, parecen indicar una transferencia de 7 individuos desde el humedal Petrel al humedal Bajel, existiendo una relación inversa en el número de individuos de cisnes de cuello negro entre estos humedales, es decir, 8 individuos abandonaron el humedal Petrel y aparecen 7 nuevos individuos en el humedal Bajel (Figura N°35). Sin embargo, en esa misma fecha el número total de individuos aumenta en dos, lo que da cuenta de una eventual llegada a los humedales de individuos de cisnes de cuello negro provenientes de otros humedales o cuerpos de agua. En cuanto al mes de abril, los datos parecen indicar movimiento de individuos de cisne de cuello negro entre los humedales Petrel y Bajel entre los días 05/04, 06/04 y 07/04, existiendo una relación inversa en el número de individuos de cisnes de cuello negro entre estos dos humedales, es decir, unos individuos abandonan un humedal y aparecen nuevos individuos en el otro. Sin embargo, la abundancia total de los tres humedales evaluados presentó variaciones, lo que da cuenta de fugas y/o ganancias hacia y/o desde ambientes externos a los humedales.

Con respecto a los datos correspondientes a la especie garza cuca, en primer lugar, es posible establecer que existen variaciones en las abundancias totales de los tres humedales en conjunto, indicando la existencia de espacios diferentes a estos tres humedales utilizados por los individuos de esta especie. En este sentido, en el mes de enero los datos obtenidos podrían señalar ciertos patrones de movimiento entre los humedales Petrel y El Ancho. Específicamente, destacan los registros del día 16/01, pues en el horario matutino se registran dos individuos en total localizados en humedal El Ancho, mientras que en el horario vespertino se registran dos individuos en humedal Petrel. Esto podría suponer el movimiento de dos individuos de la especie garza cuca desde el humedal El Ancho hacia el humedal Petrel durante el mismo día. En el mes de abril los registros de abundancia dan cuenta de mayores variaciones en el total de individuos tanto entre días, como entre el horario matutino y vespertino.

De esta manera, es posible establecer la existencia de posibles movimientos de individuos de cisne de cuello negro y garza cuca entre los humedales Petrel-Bajel y Petrel-El Ancho respectivamente. Esta condición refleja en cierto modo lo planteado por Haig, Mehlman y Oring (1998), quienes plantean que los movimientos de aves acuáticas están fuertemente influenciados por las características de los humedales y su distribución espacial, y no tanto del paisaje circundante como la matriz urbana en que se insertan los humedales estudiados.

Los datos obtenidos de abundancia, riqueza y posibles desplazamientos de especies de aves en los humedales Petrel, Bajel y El Ancho podrían vislumbrar el funcionamiento del humedal Petrel como un núcleo de la red de humedales y un elemento central para la conectividad funcional de estos.

CAPÍTULO V: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

5.1 Discusiones

De los humedales evaluados el humedal Petrel presenta las mejores condiciones, con un área con muy buen estado ecológico, un área con buen estado ecológico y un área con un estado ecológico moderado. Además, este humedal presentó una alta diversidad de especies de aves, y los mayores números en cuanto a riqueza e individuos registrados. Esta condición viene a confirmar lo propuesto por Stapanian *et al.*, (2004), quienes establecen una relación directa entre los resultados obtenidos en una evaluación rápida de estado ecológico de humedales y la riqueza total de especies de aves registradas. A pesar de esto, Peterson y Niemi (2007) plantean que la evaluación de estado ecológico a través de uno de los métodos utilizados como referencia en esta memoria (ORAM) no es suficiente para explicar la riqueza de especies de avifauna, puesto que existen otras variables que contribuyen a la variación de poblaciones de aves, como cambios estacionales, éxito reproductivo, supervivencia durante invierno y una serie de factores externos. El humedal El Ancho presenta en general un buen estado ecológico, aunque presenta un área evaluada con un mal estado ecológico, asociado a las fuertes presiones antrópicas presentes en dicha área. Presenta una baja abundancia y riqueza de especies, además de presentar una diversidad media en relación al índice de diversidad de Shannon. Al considerar el estado ecológico general del humedal como el promedio de las áreas evaluadas se esconden los valores extremos registrados en la laguna El Ancho (mal y muy buen estado ecológico), por lo que explicar patrones de distribución y abundancia de avifauna a través del estado ecológico general podría resultar poco representativo. El humedal Bajel presenta en general un estado ecológico moderado, asociado a las tres áreas evaluadas con esta condición, mientras que el índice de Shannon arrojó una alta diversidad para este humedal. El número de especies e individuos es bajo, relacionándose con lo planteado por Stapanian *et al.*, (2004).

En cuanto a la evaluación del estado ecológico de los humedales, la metodología utilizada es relativamente simple y rápida aplicación, y no conlleva mayores costos ya que su aplicación requiere aproximadamente una ficha de evaluación en terreno, medio día de trabajo en terreno por humedal, medio día de trabajo en oficina y acceso a un computador con Software ArcGIS o Google Earth. Sin embargo, esta es una primera aproximación a la condición de los humedales de Pichilemu, ya que tal como señalan Fennessy *et al.* (2004), las evaluaciones rápidas se consideran como evaluaciones de nivel 2 y por lo tanto para confirmar o refutar de manera fehaciente los resultados debe llevarse a cabo una evaluación de nivel 3, es decir, realizar mediciones de parámetros físicos, químicos y biológicos de mayor intensidad y con mayores esfuerzos y costos asociados.

La especie cisne de cuello negro registró su mayor abundancia en los humedales Petrel y Bajel. Por una parte el humedal Petrel presentó en las zonas interiores de la laguna altos valores en la evaluación de la dimensión de vegetación, mientras que el humedal Bajel presentó en general altos valores para dicha dimensión, confirmando así lo propuesto por Jaramillo (2005) y Muñoz-Pedreros (2003) en relación al comportamiento y preferencias de hábitat del cisne de cuello, en tanto la especie prefiere cuerpos de agua con abundante vegetación emergida que cumpla funciones

de resguardo y protección ante potenciales amenazas o perturbaciones externas, además de utilizar dicha vegetación para realizar procesos de nidificación.

La garza cuca registró su mayor abundancia en los humedales Petrel y El Ancho. El humedal Petrel presenta gran desarrollo de la vegetación ripariana en su zona interior, además presenta una isla en el interior de la laguna, la cual exhibe una gran complejidad ecológica asociada a los diversos estratos vegetacionales existentes. El humedal El Ancho exhibe en las zonas alejadas de la zona urbana un gran desarrollo de la vegetación ripariana. Ambos humedales se ven sometidos a diversas presiones antrópicas, tales como turismo, pesca y microbasurales, entre otros. Esta condición concuerda lo señalado por González-Acuña *et al.* (2008) con respecto a los hábitos de la garza cuca, pues la especie presenta preferencias de hábitat asociado a cuerpos de agua con aguas relativamente bajas y con un gran desarrollo de la vegetación ripariana tal como en los humedales mencionados. Además, González-Acuña (2008) registraron la nidificación de la especie en una laguna inserta en un contexto territorial sometido a actividades antrópicas intensivas, concordando con el contexto territorial de ambos humedales.

La inferencia del movimiento de individuos se lleva a cabo estudiando las variaciones en las abundancias relativas de especies de aves acuáticas en los tres humedales seleccionados, y con ello estimar una potencial conectividad funcional entre estos ambientes. Sin embargo, una de las grandes limitaciones en el desarrollo de esta memoria corresponde a la capacidad para estudiar los desplazamientos de la avifauna entre los humedales usando esta aproximación en tanto existen movimientos de individuos entre los tres humedales y otros lugares no estudiados. Lo anterior dificulta la estimación de los patrones de movimiento entre estos humedales y esclarece que estos no se comportan como un sistema cerrado. De la misma forma, esta metodología no permite conocer las rutas de desplazamiento, ni establecer de manera fehaciente que los individuos censados perdidos por un humedal sean los mismo ganados por otro. Debido a los altos costos asociados al uso de tecnologías avanzadas para estudiar el movimiento de fauna, como el caso de seguimientos mediante telemetría o GPS, el desarrollo de esta memoria se presenta como una alternativa de bajo costo para aproximarse al conocimiento de los desplazamientos de aves en sistemas de humedales.

Otra limitante del desarrollo de esta memoria se relaciona con el acceso a la propiedad privada de los terrenos colindantes a los humedales estudiados. Esta condición genera dificultades para llevar a cabo los censos y evaluaciones ecológicas. Si bien la tenencia privada de los sitios se presenta como una condicionante para el desarrollo de esta memoria, es también una incipiente oportunidad para la conservación privada de estos espacios naturales, generando lo que Sepúlveda (2002) plantea como un círculo virtuoso entre crecimiento económico de los propietarios y conservación ambiental de los ecosistemas.

Tal como se mencionó, los humedales estudiados están insertos en el contexto urbano de la comuna de Pichilemu, donde los últimos procesos de poblamiento de gran densidad se han desarrollado en torno a la avenida Cáhuil, la cual se ubica de manera contigua a los humedales Bajel y El Ancho. Por otra parte, el humedal Petrel está ubicado inmediatamente a un costado de la zona urbana consolidada, siendo un referente del turismo a nivel comunal (Association Territories Solidaires y Grupo Paisaje FAU, 2016). Esta condición se manifiesta en la evaluación de las perturbaciones antrópicas, entre las que destaca la presencia de caminos muy frecuentados, presencia de basura, animales domésticos, cabalgatas, zonas residenciales en humedal Petrel. Por su parte, el humedal Bajel está sometido a la presión de viviendas residenciales, basura, depredadores domésticos, excesiva presencia de especies vegetacionales exóticas invasoras. Por último el humedal El Ancho se ve sometido a presiones antrópicas derivadas de la presencia de infraestructura de servicios sanitarios, destrucción del hábitat, viviendas residenciales, recreación pasiva y presencia de basura. Esta condición guarda relación con lo señalado por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), que plantean que las principales causas de la degradación de los humedales corresponde al desarrollo de infraestructuras que intervienen hidrológicamente estos ecosistemas, cambios de uso de suelo, contaminación, y la introducción de especies exóticas invasoras. A pesar de la evidente presión antrópica a la que están sometidos los humedales estudiados, el movimiento de la avifauna acuática no se vería limitado por esta condición, debido a su gran capacidad de vagilidad (movilidad), las características aún favorables en algunas zonas de los humedales como hábitat para la avifauna acuática debido a su buen estado ecológico, y la distribución espacial relativamente contigua, confirmando lo planteado por Haig, Mehlman y Oring (1998).

5.2 Conclusiones

La presente memoria de investigación evaluó el estado ecológico de tres humedales ubicados en el contexto urbano de la comuna de Pichilemu y la avifauna acuática en estos ecosistemas. Por una parte, se desarrolló y empleó una metodología de aplicación rápida y de bajos costos económicos para la evaluación de estado ecológico, y por otra, se llevaron a cabo censos de aves acuáticas de manera simultánea para determinar abundancia, riqueza y diversidad de aves, y discutir posibles movimientos entre los humedales estudiados.

A nivel nacional, no existe un método de referencia para la evaluación rápida del estado ecológico de humedales, lo que refleja la escasez de conocimiento que presenta nuestro país sobre estos métodos y ecosistemas en comparación a la experiencia internacional (Fennesy *et al.*, 2004; 2007). El desarrollo de un método de evaluación rápida que funcione como referencia para la evaluación de los humedales del país sería un gran paso en materia de conservación, pues sería una primera forma de aproximarse estimar la salud o estado ecológico de estos ecosistemas, que es el primer paso para el diseño de cualquier medida de conservación o restauración ecológica.

Las metodologías propuestas para llevar a cabo la presente investigación resultaron ser de gran utilidad y de fácil replicación. La metodología de evaluación rápida de humedales se presenta como una gran herramienta para el desarrollo de estudios en materia de humedales, tanto por sus bajos costos financieros como por el bajo esfuerzo relativo en terreno y gabinete. Los censos de aves simultáneos conllevan un esfuerzo de muestreo más intenso, en relación a la cantidad de personas necesarias, sin embargo, se presenta como una metodología con bajos costos monetarios en comparación a otras técnicas para evaluar movilidad. Se concluye a través de esta memoria que la iteración de este método debe estar acompañada del estudio de los comportamientos de las especies a evaluar, es decir, se deben conocer hábitos de desplazamientos, alimentación, nidificación, rango de distribución geográfica, entre otros, para comprender y explicar posibles movimientos de la especie.

De este modo, la rápida aplicación de estos métodos se presenta como una gran oportunidad para apoyar las gestiones locales y/o municipales en materia de conservación, entendiendo los plazos y recursos acotados con que cuentan los planificadores urbanos

De modo general, el humedal Petrel presentó un buen estado ecológico, lo que se refleja en la mayor riqueza, abundancia y diversidad de avifauna. El humedal El Ancho presentó en general un buen estado ecológico, y una diversidad media de especies de acuerdo al índice de Shannon. Por último, el humedal Bajel presentó un estado ecológico moderado, pero sin embargo, presentó una alta diversidad de avifauna de acuerdo al índice de Shannon.

En detalle, el humedal Petrel presenta un muy buen estado ecológico en el área de evaluación 3, mientras que en las áreas 1 y 2 presenta un buen y moderado estado ecológico respectivamente. Esta condición se deriva de que las áreas 1 y 2 están situadas en zonas expuestas a las presiones antrópicas. Específicamente, el área 1 se encuentra al costado del sector urbano consolidado de Pichilemu, por lo que se ve expuesta a una serie de actividades humanas y perturbaciones, mientras que el área 2 se sitúa próxima a la playa grande donde se dan actividades antrópicas asociadas al turismo que producen un empeoramiento de su estado ecológico. El área de evaluación 3 se encuentra situada en la zona interior de la laguna Petrel, por lo que las actividades antrópicas son escasas, lo que deriva en que esta área presente la mejor evaluación de estado ecológico de todos los humedales estudiados. Sin embargo, es

posible mencionar la presencia de algunas viviendas y corrales de caballos que debiesen ser controladas para mantener el estado ecológico actual. El humedal Bajel presenta cierta homogeneidad interna respecto a su estado ecológico que es moderado, escapando sólo el área 4 que un buen estado ecológico. Un factor común a todas las áreas evaluadas en este humedal es la fuerte presión antrópica ejercida en los márgenes de la laguna, asociada a la presencia de viviendas residenciales cada vez más cercanas al espejo de agua. La vegetación acuática asociada principalmente a especies de juncos se presenta de manera continua en los bordes de la laguna, generando una especie de zona de amortiguación con respecto a las perturbaciones antrópicas. El humedal El Ancho presenta una gran heterogeneidad en las diferentes áreas evaluadas. Por una parte, el área 1 presenta un mal estado ecológico. Esta condición se puede explicar por estar situada próxima a avenida Cáhuil, la cual se presenta como una de las zonas de expansión urbana de la comuna Pichilemu, albergando un gran desarrollo de viviendas residenciales. El área 2 y 3 presentan un muy buen y buen estado ecológico respectivamente. Estas áreas se ubican en zonas con perturbaciones antrópicas nulas o escasas, lo que deriva en su buena evaluación.

Uno de los resultados del desarrollo de esta memoria corresponde al conocimiento de las especies de aves acuáticas presentes en los humedales de Pichilemu. En este sentido, destaca la presencia de las especies tales como el cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), cuervo de pantano (*Plegadis chihi*), pato cuchara (*Anas platalea*), garza cuca (*Ardea cocoi*) y pato gargantillo (*Anas bahamensis*), las cuales presentan diferentes estados de conservación, por lo que su presencia viene a sustentar eventuales planes de conservación para los humedales de Pichilemu.

Con respecto a la estimación de movimiento potencial en los humedales estudiados, los resultados parecen indicar el movimiento de individuos de cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) y garza cuca (*Ardea cocoi*) entre los humedales Petrel-Bajel y Petrel-El Ancho respectivamente. Desde la perspectiva de la ecología del paisaje, el movimiento de la avifauna acuática en los ecosistemas de humedales está condicionado por el comportamiento de las aves y el estado ecológico o condición ambiental de los parches o fragmentos, en este caso humedales (Haig, Mehlman y Oring, 1998). De acuerdo a lo constatado mediante el desarrollo de esta memoria, la especie cisne de cuello negro presentó la mayor cantidad de individuos en los humedales Petrel y Bajel respectivamente, lo que se relaciona con los resultados obtenidos en la evaluación de estado ecológico de los humedales, en tanto el humedal Petrel presenta un buen estado ecológico asociado a las zonas interiores que no presentan grandes perturbaciones. A pesar que el humedal Bajel presenta un estado ecológico moderado, en la dimensión de vegetación exhibió una buena evaluación de los estratos vegetacionales presentes. En esta dirección, la vegetación acuática se presenta en torno todo el espejo de agua, confirmando lo expuesto en la literatura revisada en torno a las preferencias y hábitos del cisne de cuello negro. La especie garza cuca se registró mayoritariamente en los humedales Petrel y El Ancho. Los individuos de esta especie fueron registrados específicamente en zonas interiores de los humedales que presentaban gran desarrollo de la vegetación y se encontraban distanciadas de perturbaciones antrópicas, confirmando lo revisado en la literatura en relación a sus preferencias de hábitat.

Los humedales estudiados se encuentran insertos en el entramado urbano de Pichilemu, presentándose como componentes relevantes de la infraestructura verde comunal. Estos ambientes de humedales sostienen una serie de funciones ecológicas encargadas de regular el funcionamiento de los ecosistemas, además de brindar múltiples servicios ecosistémicos a la población. La literatura indica que el buen estado ecológico de estos ambientes se relaciona directamente con la capacidad para proveer

y dar sustento a los servicios y funciones ecosistémicas, por lo que restaurar y/o conservar estos ambientes supone beneficios tanto sociales como ecológicos.

Una de las funciones ecológicas más destacadas guarda relación con la capacidad para satisfacer la gran mayoría de requerimientos de especies de avifauna acuática, pudiendo funcionar como sitio de descanso, alimentación y nidificación. En esta dirección, las especies de aves acuáticas utilizan varios humedales para llevar a cabo los procesos mencionados anteriormente, generando una especie de mosaico de hábitats que, a pesar de no presentar aparente conectividad física o estructural, muestran relaciones ecológicas entre los organismos que los habitan. Lo anterior pudo ser inferido para los casos del cisne de cuello negro y la garza cuca en el sistema constituido por los humedales El Ancho, Petrel y Bajel en Pichilemu.

Esta condición entrega un insumo desde la perspectiva de la ecología del paisaje en las discusiones en temáticas de planificación urbana, en tanto estos humedales debiesen ser entendidos como un sistema o red de humedales distribuidos espacialmente dentro de la matriz urbana de Pichilemu. La gestión a escala local tiene la gran oportunidad de incorporar en la planificación del crecimiento comunal los humedales urbanos como una red de espacios conectados funcionalmente. La biodiversidad y abundancia de aves acuáticas de estos humedales le otorga una relevancia a nivel nacional, por lo que conservar estos espacios es una gran oportunidad tanto desde una perspectiva del patrimonio ecológico, como desde su contribución al desarrollo económico de la población en tanto pueden contribuir a diversificar las actividades económicas y muy especialmente a desarrollar el turismo de naturaleza asociado al avistamiento de aves.

Si bien esta memoria se llevó a cabo en una escala temporal y espacial acotada, el desarrollo de programas de monitoreo constantes en el tiempo que incorporen estudios en las diferentes estaciones del año, diferentes años y que incorporen otros humedales es una necesidad ante el creciente y acelerado proceso de expansión urbana en la comuna de Pichilemu. La información ofrecida por este estudio brinda información relevante sobre el estado y funcionamiento ecológico de los humedales para establecer medidas de conservación y restauración efectivas por parte de actores interesados de instituciones públicas, de la sociedad civil y privados.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA

AMSTEIN, S. (2017). Los humedales y su protección en el Derecho Internacional. *Revista de Derecho Ambiental*, Año V N° 7, Enero – Junio, pp. 114-140

Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves; WWF Colombia. (2004). *Manual para el Monitoreo de Aves Migratorias*

ASSOCIATION TERRITORIES SOLIDAIRES y GRUPO PAISAJE FAU (2017). Estudio diagnóstico territorial Pichilemu, Informe final.

BALA, L. O, HERNANDEZ, M. A. & MUSMECI, L. R. (2008). Humedales costeros y aves playeras migratorias. Publicación CENPAT pp. 120.

BARBOSA, A. (1995). Foraging strategies and their influence in scanning and flocking behaviour of waders (Aves: Charadrii). *Journal of Avian Biology* 26, pp. 182-186

BENNEDICT, M. & MCMAHON, E. (2002). Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, Vol.20 No.3 pp.12-17 ref.8

BENNETTS, R. E., LINK, W. A., SAUER, J. R. & SYKES, P. W. (1999). Factors influencing counts in an annual survey of Snail Kites in Florida. *Auk* 116, pp. 316–323

BIBBY, C. J., BURGESS, N. D. & HILL, D. A. (1992). *Bird census techniques*. Academic Press.

BIBBY, C. J., BURGESS, N. D., HILL, D. A., & MUSTOE, S. (2000). *Bird census techniques*. Elsevier.

BILDSTEIN, K. L., BANCROFT, G. T., DUGAN, P. J., GORDON, D. H., ERWIN, R. M., NOL, E., PAYNE, L. X., & SENNER, S. E. (1991). Approaches to the conservation of coastal wetlands in the western hemisphere. *Wilson Bull*, 103 (2), pp. 218-254

BLANCO, D. (1998). Uso de hábitat por tres especies de aves playeras (*Pluvialis dominica*, *Limosa haemastica* y *Calidris fuscicollis*) en relación con la marea en Punta Rasa, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 71, pp. 87-94.

BLANCO, D. (2000). Los Humedales como Hábitat de aves acuáticas. *Boletín UNESCO*, Uruguay. pp. 208-217.

BOANO, G., & TOFFOLI, R. (2002). A line transect survey of wintering raptors in the western Po Plain of northern Italy. *J. Raptor Res.* 36, pp. 128–135

BOERE, G. C. & STROUD, D. A. (2006). The flyway concept: what it is and what it isn't. Pp. 40–47 en G. Boere, C. Galbraith, & D. Stroud, eds, *Waterbirds around the world*. Edinburgh, U.K.: The Stationery Office.

BOLTOVSKOY, A. y LÓPEZ, H.L. (eds.) (1993). *Conferencias de Limnología*. Instituto de Limnología “Dr. Ringuelet”, La Plata, Buenos Aires.

CAGNACCI, F., BOITANI, L., POWELL, R. & BOYCE, M. (2010). Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: A perfect storm of opportunities and challenges.

CANEVARI, M., CANEVARI, P., CARRIZO, G.R., HARRIS, G., RODRÍGUEZ, J. y STRANECK, R.J. (1991). *Nueva guía de las aves argentinas*. Fundación Acindar, Buenos Aires.

- CAVIEDES, B. M. (1999). Manual de métodos y procedimientos estadísticos. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, Gobierno de Chile. (2010). Propuesta de utilización de biocriterios para la implementación y Monitoreo de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (2013). Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, Humedal del Río Cruces. Oficina Provincial Valdivia, Región de Los Ríos.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL - UNIVERSIDAD DE CHILE. (2016). Manual para el establecimiento de programas de monitoreo en humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile. Zamorano, C., De la Maza, M., y López, M. (editores). Santiago, Chile. 134 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (2017). Informe Monitoreo de Fauna Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, Marzo.
- CONVENCIÓN RELATIVA A LOS HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL, ESPECIALMENTE COMO HÁBITAT DE AVES ACUÁTICAS. RAMSAR (1971). Compilación de Tratados de las Naciones Unidas Nº 14583. Modificada según el Protocolo de París, 3 de diciembre de 1982, y las Enmiendas de Regina, 28 de mayo de 1987.
- COOKE, S. J., HINCH, S. G., WIKELSKI, M., ANDREWS, R. D., KUCHEL, L. J., WOLCOTT T. G., & BUTLER P. J. (2004). Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends Ecol. Evol.* 19, pp. 334–343.
- CORROCHANO, A. (2007). El Estado Ecológico de las Aguas Superficiales: Un nuevo enfoque en la Gestión del Agua.
- CRAIGHEAD, F. C. (1982). Track of the grizzly. New York, NY: Random House.
- CROOKS, K & SANJAYAN, M. (2006). Connectivity conservation: maintaining connections for nature. Cambridge University Press. New York.
- DAWSON, D. K. (1981). Sampling in rugged terrain. Pp. 311-315 in C. J. Ralph and M. Scott (eds.), Estimating numbers of terrestrial birds, *Studies in Avian Biology* No. 6, Cooper Ornithological Society.
- DELGADO, C., SEPÚLVEDA, M. y ÁLVAREZ, R. (2010). Plan de Conservación para las aves playeras migratorias de Chiloé. Resumen Ejecutivo. Valdivia. Julio
- DILL, H. H. & THORNSBERRY, W. H. (1950). A Cannon-Projected Net Trap for Capturing Waterfowl. *The Journal of Wildlife Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 132-137
- DILL, H. H. (1969). A field guide to cannon net trapping. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife service, Bureau of sport fisheries and wildlife.
- DUNN, E. H. & RALPH, C. J. (2004). Use of mist nets as a tool for bird population monitoring. *Studies in Avian Biology* N° 29, pp. 1-6
- ELORRIETA, P. (2015). Análisis de la culpa en responsabilidad ambiental ¿Es necesario establecer un régimen de responsabilidad objetiva ambiental?
- EMLLEN, J. T. (1971). Population densities of birds derived from transect counts. *Auk* 88, pp. 323-342.

- ESTADES, C.F., VUKASOVIC, M.A. & LÓPEZ, V. (2009). Las aves acuáticas del río Itata. En: La cuenca hidrográfica del río Itata. (Editores: Parra, O., J.C. Castilla, H. Romero, R. Quiñones, & A. Camaño). Editorial Universidad de Concepción. Concepción. Chile. pp. 213-227.
- EULISS, N., JARVIS, R. L & GILMER, D. S. (1991). Feeding ecology of waterfowl wintering on evaporation ponds in California. *Condor* 93, pp 582-590.
- FANCY, S. G. & SAUER, J. R. (2000). Recommended methods for inventorying and monitoring landbirds in national parks. National Park Service Inventory and Monitoring Program.
- FAO. (2007). Wild Birds and Avian Influenza: an introduction to applied field research and disease sampling techniques. Edited by D. Whitworth, S.H. Newman, T. Mundkur and P. Harris. FAO Animal Production and Health Manual, No. 5. Rome.
- FENNESSY, M.S., JACOBS, A.D., and KENTULA, M.E. (2004). Review of Rapid Methods for Assessing Wetland Condition. EPA/620/R-04/009. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- FENNESSY, M.S., JACOBS, A.D., and KENTULA, M.E. (2007). An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *WETLANDS*, Vol. 27, No. 3, September, pp. 543–560, The Society of Wetland Scientists.
- FIGUEROA, E. (2010). Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile. Proyecto GEF-MMA-PNUD “Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile: Estructura financiera y operacional”.
- FUNDACIÓN CHILE (2008). Sistema avanzado e integral de evaluación y monitoreo de la condición ambiental de humedales.
- GAUNT, A. S. & ORING, L.W. (1997). Guidelines to the use of wild birds in research. The Ornithological Council. Washington, USA. Pp. 66.
- GONZALEZ, A. L., VUKASOVIC, M. A. & ESTADES, C. F. (2011). Variación temporal en la abundancia y diversidad de aves en el humedal del Río Itata, región del Bío-Bío, Chile. *Gayana (Concepción)*, 75(2), pp. 170-181.
- GONZALES-ACUÑA D., FIGUEROA, R., GONZALEZ, A., BARRIENTOS, C., ARDILES, K, & MORENO, L. (2008) Breeding biology of the White-necked Heron (*Ardea cocoi*) in south-central Chile. *Ornitología Neotropical* 19: pp. 485-493.
- FIGUEROLA, J. & GREEN, A. J. (2003). Aves acuáticas como bioindicadores en los humedales. En, Paracuellos, M. (ed.): *Ecología, manejo y conservación de los humedales*, pp. 47-60. Colección Actas, 49. Instituto de Estudios Almerienses. Almería.
- GUADAGNIN D. L., SCHMITZ, A., CARVALHO, L. & MALTICHIK, L. (2005). Spatial and temporal patterns of waterbird assemblages in fragmented wetlands of southern brazil. *Journal of Waterbirds* 28 (3), pp. 261-272.
- GURRUTXAGA, M. Y LOZANO, P. (2007). Criterios para contemplar la conectividad del paisaje en la planificación territorial y sectorial. *Investigaciones Geográficas*, nº 44, pp. 75-88.

- HABLEMOS DE AVES (s/f). Cisne blanco: características, hábitat, alimentación, reproducción y más. Recuperado de <http://www.hablemosdeaves.com/cisne-blanco/>.
- HAIG, S., MEHLMAN, D. y ORING, L. (1998). Avian Movements and Wetland Connectivity in Landscape Conservation. *Conservation Biology*, pp. 749–758.
- HATCH, M. (1979). Some color Banding techniques for flocking birds. *North American Bird Bander*. Vol.4 (4), pp. 158-160.
- HURLBERT, S. H. & CHANG, C.C. (1983). Ornitholimnology: Effects of grazing by the Andean flamingo (*Phoenicoparrus andinus*).
- HUTCHINSON, G. E. (1967). A treatise on Limnology. Vol II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Wiley, NY.
- IBARRA, J. T., ROZZI, R., GILABERT, H., ANDERSON, C. B., MCGEHEE, S. M. & BONACIC, C. (2009). Dinámica estacional y patrones de distribución de la avifauna asociada a humedales subantárticos en la reserva de biosfera Cabo de Hornos (54–55°s), Chile. *Ornitología Neotropical* 20, pp. 321-337.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (2002). Censo nacional de población y vivienda.
- JARAMILLO, A. (2005). Aves de Chile. Lynx Ediciones.
- JORDE, D. G. & OWEN, R. B. (1988). The need for nocturnal activity and energy budgets of waterfowl. In: *Waterfowl in winter*. Ed: WELLER, M. University of Minnesota Press. Minneapolis, pp 169-180.
- KEDDY, P. A. (2000). *Wetland ecology, Principles and Conservation*. Second edition. Cambridge University Press.
- KEYES, B. & GRUE, C. (1982). Capturing birds with mist nets: A review. *North American Bird Bander* Vol. 7, 1, pp. 2-14.
- LODGE, D. M. (1991). Herbivory on freshwater macrophytes. *Aquatic Botany* 41, pp 195-224.
- LÓPEZ-LANÚS, B. y BLANCO, D.E. (eds.) (2005). *El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2004*. Global Series No. 17. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- LOW, SH., (1957). Banding with mist nets. *Bird-Banding*, vol. 28, no. 3, p. 115-128.
- MACARTHUR, R. H. & MACARTHUR, A. T. (1974). On the use of mist nets for population studies of birds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 71, pp. 3230-3233.
- MCCULLOCH, G., AEBISCHER, A., & IRVINE, K. (2003). Satellite tracking of flamingos in southern Africa: The importance of small wetlands for management and conservation. *Oryx*, 37(4), 480-483.
- MACFARLANE, D., KOTZE, D., ELLERY, W., WALTERS, D., KOOPMAN, V., GOODMAN, P. y GOGUE, C. (2007). *WET-Health: A technique for rapidly assessing wetland health*. WRC Report No TT 340/08, Water Research Commission, Pretoria.
- MALIZIA, L. R.; ARAGÓN, R.; CHACOFF, N. P.; MONMAY, A. C. (1998) ¿Son las rutas una barrera para el desplazamiento de las aves? El caso de la Reserva Provincial La Florida (Tucumán, Argentina). *Hornero* 015 (01): pp. 010-016.

- MARQUET, P., ABADES, S., & BARRÍA, I. (2012). Distribución y Conservación de Humedales Costeros: Una Perspectiva Geográfica. In Fariña J. & Camaño A. (Eds.), Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable (pp. 1-20). Ediciones UC.
- MARTÍNEZ D & G GONZÁLEZ (2004) Las aves de Chile. Nueva guía de campo. Ediciones del Naturalista. Santiago de Chile. 620 págs. 181 láminas.
- MARTÍNEZ, A., FINEGAN, B., DECLERCK, F., SAENZ, J., CASANOVES, F. & VELÁZQUEZ, S. (2011). Movimientos de *Thryothorus rufalbus* (aves: Troglodytidae) y conectividad funcional en el paisaje fragmentado de Matiguás, Nicaragua. Agroforestería en las Américas N°48, pp. 94-102.
- MARTINEZ, D. y GONZALEZ, G. (2017). Las Aves de Chile: Guía de Campo y Breve Historia Natural".
- MARTÍNEZ, M. A. (2008). Conectividad funcional para aves terrestres dependientes de bosque en un paisaje fragmentado en Matiguás, Nicaragua. Tesis de Magister. Escuela de Posgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica.
- MARTÍNEZ, M. M. (1993). Las Aves y la Limnología. En Boltovskoy, A. y López, H.L. (eds.): Conferencias de Limnología. Instituto de Limnología "Dr. Ringuet": pp. 127-142. La Plata, Buenos Aires.
- MCNICHOLL, M. K. (1975). Larid site tenacity and group adherence in relation to habitat. Auk 92, pp. 98-104.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005). Ecosystems and human wellbeing: Opportunities and Challenges for Business and Industry. World Resources Institute, Washington, DC.
- MITSCH, W. y GOSSELINK, J. (2015). Wetlands, fifth edition [en línea] Recuperado de: http://samples.sainsburysebooks.co.uk/9781119019794_sample_1009801.pdf.
- MITSCH, W., GOSSELINK, J. (2000). Wetlands, 3rd ed. John Wiley, New York.
- MITSH, W.J. & GOSSELINK, J.G. (2007). Wetlands. John Wiley & Sons, pp. 936.
- MITTERMEIER, R., MYERS, N., THOMSEN, J., DA FONSECA, G. & OLIVIERI, S. (2008). Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities.
- MMA - Centro de Ecología Aplicada. (2011). Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago. Chile. 164 pp.
- MORALES, F. (2015). Análisis de patrones de movilidad espacial de aves urbanas por medio del uso de telemetría. Tesis. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.
- MORENO, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad (1ª ed., Vol. 1). Zaragoza: CYTED, ORCYT-UNESCO, Sociedad Entomológica Argonesa.
- MUNICIPALIDAD DE PICHILEMU. (2010). PLADECO. PAC Consultores.

MUNICIPALIDAD DE PICHILEMU (2016). Actualización PLADECO Pichilemu 2016-2020.

MUÑOZ-PEDREROS, A. (2003). Guía de los humedales del río Cruces. CEA Ediciones. Valdivia, Chile. 143 pp.

NIEMELÄ, J., SAARELA, S.-R., SÖDERMAN, T., KOPPEROINEN, L., YLI-PELKONEN, V., VÄRE, S., & KOTZE, D. J. (2010). Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. *Biodiversity and Conservation*, 19(11), pp. 3225–3243.

NIRMAL KUMAR, J. I., DAS, M., KUMAR, R. & VERMA, Y. (2011). Spatial and Temporal patterns of water bird abundance and species richness in sewage-fed wetland Khodiyar, Gujarat, India. *Berkut*.

NUR, N., JONES, S. L. & GUEPEL, G. R. (1999). A statistical guide to data analysis of avian monitoring programs. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, BTPR6001-1999, Washington, D.C.

O'BRIEN, M. F., LEE, R., CROMIE, R. & BROWN, M. J. (2016). Assessment of the rates of injury and mortality in waterfowl captured with five methods of capture and techniques for minimizing risks. *Journal of Wildlife Diseases*, 52 (2), Supplement, pp. s86-s95.

PAVEZ, E. F. (2014). Patrón de movimiento de dos cóndores andinos *vultur gryphus* (aves: cathartidae) en los andes centrales de Chile y Argentina. *Boletín Chileno de Ornitología* 20 (1-2), pp. 1-12.

PETERSON, A. y NIEMI, G. (2007). Evaluation of the Ohio Rapid Assessment Method for Wetlands in the Western Great Lakes: An Analysis Using Bird Communities. *J. Great Lakes Res.* 33. Pp. 280-291.

PINILLA, J. (Coord.) (2000). Manual para el anillamiento científico de aves. SEO/BirdLife y DGCN-MIMAM. Madrid.

PLA, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583–590.

POWEL, G V. (1989). El papel energético de las aves ictiófagas en la laguna Chascomús (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 20, pp 7-13.

RALPH, C. J., GEUPEL, G. R., PYLE, P., MARTIN, T. E., DESANTE, D. F, MILÁ, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.

RALPH, C. J., GEUPEL, G. R., PYLE, P., MARTIN, T. E., DESANTE, D. F. (1993). Handbook of field methods for monitoring landbirds. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-144. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, USDA.

RAU, J. R., GANTZ, A., SADE, S. & ORELLANA, J. I. (2015). Patrones de subconjuntos anidados de aves rapaces en fragmentos de bosque del sur de Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 21 (1-2), pp-76-82.

- REMSEN, J. V. Jr. & GOOD, D. A. (1996). Misuse of data from mist-net captures to assess relative abundance in bird populations. *The Auk* 113 (2), pp. 381-398.
- REYNOLDS, R. T., J. M. SCOTT, and R. A. NUSSBAUM. (1980). A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82:309-313.
- RIVEROS, E., SEREY, I. & DROUILLY, P. (1981). Estructura y Diversidad de las comunidades de aves acuáticas de la laguna El Peral, Chile. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso* 14, pp. 189-196.
- ROBERT, M., MC NEIL, R. & LEDUC, A. (1989). Conditions and significance of night feeding in shorebirds and other waterbirds in a tropical lagoon. *Auk* 106, pp 94-101.
- ROBLEDANO, F. (1997). Ecología trófica y reproductiva de los limícolas en humedales costeros y otros ecosistemas acuáticos del litoral Mediterráneo español. Pp. 117-138, en: Barbosa, A. (coord.). *Las aves limícolas en España*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- ROMERO T., H., ROMERO A., H. y TOLEDO, X. (2009) Agua, poder y discursos en el conflicto socio-territorial por la construcción de represas hidroeléctricas en la Patagonia Chilena. *Anuario de Estudios Americanos*, Vol. 66, N°1, Madrid, España. pp. 81-103.
- SAUER, J. R., PENDLETON, G. W. & ORSILLO, S. (1995). Mapping of bird distributions from point count surveys. Pp. 151–160 in Ralph, C. J., J. R. Sauer, & S. Droege (eds.). *Monitoring bird populations by point counts*. Gen. Tech. Rep. PSWGTR-149, Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Albany, California.
- SECRETARÍA DE LA CONVENCIÓN DE RAMSAR (2006). Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- ŞEKERCIOĞLU, C. H., WENNY, D.G. & WHELAN, C.J. (2016). *Why Birds Matter: Avian Ecosystem Functions and Ecosystem Services*. University of Chicago Press, Chicago, IL., USA.
- SEPULVEDA, C. (2002). Áreas privadas protegidas y territorio: La conectividad que falta. *Revista Ambiente y Desarrollo*, VOL XVIII, N° 2-3-4 pp. 119-124.
- SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (2006). *Conceptos y Criterios para la Evaluación Ambiental de Humedales*.
- SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (2013). Trabajo del SAG en la vigilancia y protección de los recursos naturales renovables de Chile. Álbum: Recursos naturales renovables SAG. Recuperado de <http://www.sag.cl/galerias-imagenes/44502/imagen/336>.
- SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (2015). Reporte: Avance de flujos migratorios de aves del hemisferio Norte. Reporte N°1, Noviembre.
- SIEGEL, R. B. (2009). *Methods for Monitoring Landbirds*. A Review Commissioned by Seattle City Light's Wildlife Research Advisory Committee. The institute for Bird Populations.

- SILVY, N. J. & ROBEL, R. J. (1968). Mist Nets and Cannon Nets Compared for Capturing Prairie Chickens on Booming Grounds. *The Journal of Wildlife Management*, Vol. 32, No. 1, pp. 175-178.
- SIMEONE, A., OVIEDO, E., BERNAL, M. & FLORES, M. (2008). Las aves del humedal de Mantagua: Riqueza de especies, amenazas y necesidades de conservación. *Boletín Chileno de Ornitología* 14(1), pp. 22-35 Unión de Ornitólogos de Chile.
- STAPANIAN, M., WAITE, T., KRZYS, G., MACK, J. y MICACCHION, M. (2004). Rapid assessment indicator of wetland integrity as an unintended predictor of avian diversity. *Hydrobiología* 520, pp. 119-126.
- SUTULA, M., STEIN, E., COLLINS, J., FETSCHER, E. y CLARK, R. (2006). A practical guide for the development of a wetland assessment method: The California experience. *Journal of the American Water Resources Association*. Pp. 157-175.
- TABILO, E., JORGE, R., RIQUELME, R., MONDACA, A., LABRA, C., CAMPUSANO, J., TABILO, M., VARELA, M., TAPIA, A. & SALLABERRY, M. (1996). Management and conservation of the habitats used by migratory shorebirds at Coquimbo, Chile. *Shorebird Ecology and Conservation in the Western Hemisphere*. P. Hicklin Eds. *International Wader Studies* 8: pp.79-84.
- TALA, C. (2006). Qué hacen aquí esas gaviotas... qué hacen aquí, tan lejos de su lugar natal. *Boletín Veterinario Oficial* N°5, I semestre. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Servicio Agrícola y Ganadero.
- TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K. y MERRIAM, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, n° 68, pp. 571-573.
- TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; WITH, K. A. (2006). Landscape connectivity: a return to the basics”, en CROOKS, K. R. & SANJAYAN, M. *Connectivity conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- TISCHENDORF, L. & FAHRIG, L. (2000). On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos* 90, pp. 7–19. Copenhagen, Dinamarca.
- TORRES, M., Z. QUINTEROS & F. TAKANO (2006). Variación temporal de la abundancia y diversidad de aves limícolas en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Lima – Perú. *Ecología Aplicada* 5: pp.119 – 125.
- TRAVAINI, A., BUSTAMANTE, J., NEGRO, J. & QUINTANA, R. (2004). ¿Puntos fijos o recorridos lineales para el censo de aves en la estepa patagónica? *Ornitología Neotropical* 15, pp. 513-525.
- U.S. EPA. (2002). *Methods for Evaluating Wetland Condition: Biological Assessment Methods for Birds*. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA-822-R- 02-023.
- VALENCIA, M. (2015, 28 de Marzo). Más de 400 humedales costeros están en riesgo de desaparecer por sobreexplotación del agua. *El Mercurio*. pp. c24. Recuperado de <http://impresa.elmercurio.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=28-03-2015%2000:00:00&dtB=30-03-2015%2000:00:00&BodyID=3&PaginaId=24>.
- VÁSQUEZ, A. (2016). An integrative approach to assess urban riparian greenways potential: The case of Mapocho River in Santiago de Chile. *Universität Leipzig, Leipzig, Alemania*.

- VICTORIANO, P.F., GONZÁLEZ, A.L. & SCHLATTER, R. (2006). Estado de conocimiento de las aves de aguas continentales de Chile. *Gayana* 70(1):140-162.
- VIÑALS, M.J., BLASCO, D., y MORANT, M. (eds). (2011). Los humedales mediterráneos: el contexto ambiental y social. Reflexiones para su estudio y gestión eficaz. Fundación Biodiversidad. 266 pp. Volumen 12, N°4, Agosto.
- WARDROP, D., KENTULA, M., STEVENS, D. Jr., JENSEN, S & BROOKS, R. (2007). Assessment of wetland condition: an example from the Upper Juniata Watershed in Pennsylvania, USA. *Wetlands* 27, pp. 416–31.
- WETLANDS INTERNATIONAL (2012). Waterbird Population Estimates, Fifth Edition. Summary Report. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.
- WHITE, G. & GARROTT, R. (1990). Analysis of wildlife radio-tracking data. USA. San Diego, California. Academic Press, Inc. 383 p.
- WIKIMEDIA COMMONS (2015) Tachuris rubigastrea (nest).JPG. Recuperado de [https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Tachuris_rubigastrea_\(nest\).JPG&oldid=164089484](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Tachuris_rubigastrea_(nest).JPG&oldid=164089484).
- WUNDERLE, J. M. Jr. (1994). Métodos Para Contar Aves Terrestres Del Caribe. United States Department of Agriculture-Forest Service. USA. New Orleans, Louisiana. 28 p.

CAPITULO VII: ANEXOS

Anexo N°1: Resultados censo de avifauna en humedal Laguna Carrizal Bajo

Nombre común	Nombre científico	Abundancia	Actividad
Cisne coscoroba	<i>Coscoroba coscoroba</i>	8	A/D
Cisne de cuello negro	<i>Cygnus melancoryphus</i>	1	A/D
Gaviota de Franklin	<i>Leucophaeus pipixcan</i>	2	D
Golondrina chilena	<i>Tachycineta meyeri</i>	10	
Pato jergón grande	<i>Anas georgica</i>	2	D
Pato rana de pico delgado	<i>Oxyura vittata</i>	4	D
Pato real	<i>Mareca sibilatrix</i>	2	D
Pimpollo común	<i>Rollandia rolland</i>	4	A/D
Queltehue común	<i>Vanellus chilensis</i>	2	D
Tagua común	<i>Fulica armillata</i>	132	A/D

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°2: Laguna Carrizal Bajo y estaciones de conteo



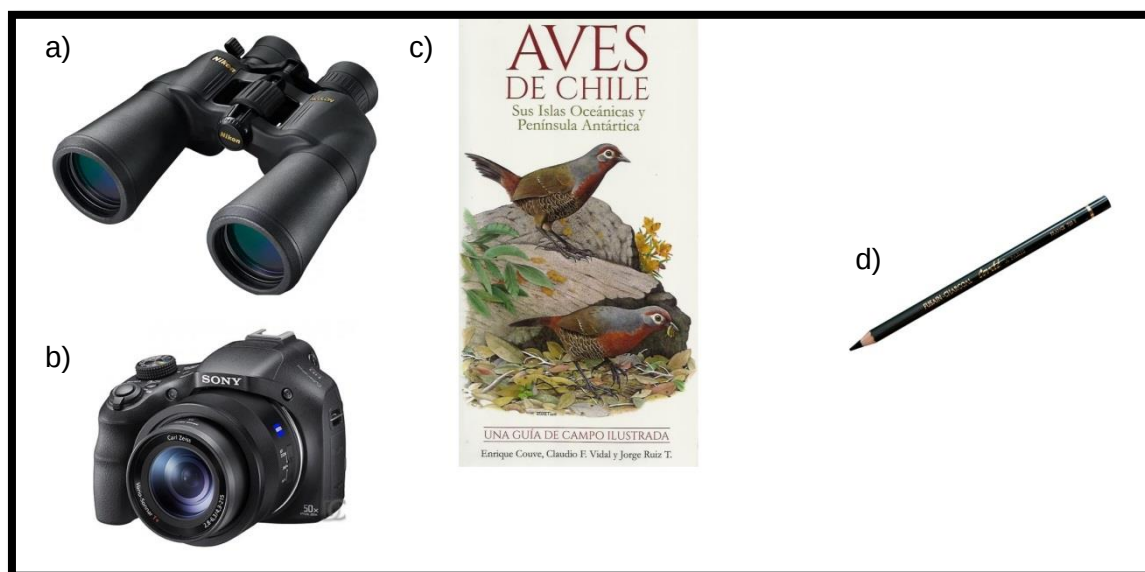
Fuente: Elaboración propia

Anexo N°3: Ficha de terreno de avifauna

Nombre común	Cantidad	Nombre común	Cantidad
Cachudito		Paloma	
Chercán		Pato cuchara	
Chincol		Pato jergón chico	
Chirihue		Pato jergón grande	
Churrín del norte		Pato rana de pico ancho	
Cisne coscoroba		Pato rana de pico delgado	
Cisne de cuello negro		Pato real	
Codorniz		Pato rinconero	
Colegial		Pelícano	
Cometocino de gay		Perrito	
Cuervo de pantano		Picaflor chico	
Diuca		Picaflor gigante	
Diucón		Pilpilén	
Dormilona tontita		Pimpollo	
Fio Fio		Piquero	
Garza boyera		Pitotoy chico	
Garza chica		Playero de Baird	
Garza cuca		Queltehue	
Garza grande		Rara	
Gaviota cáhuil		Siete colores	
Gaviota de Franklin		Tagua	
Gaviota dominicana		Tagua chica	
Gaviota garuma		Tagua frente roja	
Gaviotín piquerito		Taguita	
Golondrina chilena		Tenca	
Golondrina de dorso negro		Tiuque	
Gorrión		Torcaza	
Huairavillo		Tordo	
Huairavo		Tórtola	
Huala		Tortolita cuyana	
Jilguero		Trabajador	
Jote de cabeza colorada		Trile	
Jote de cabeza negra		Yeco	
Loica		Zarapito	
Minero		Zorzal	

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°4: Materiales de terreno para censos de avifauna



a) Binoculares 10x50 b) Cámara fotográfica c) Guía de campo aves de Chile d) Lápiz

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 5: Ficha de terreno de evaluación rápida de estado ecológico de humedales

Localidad: Pichilemu	Fecha:	
Humedal:	Evaluador:	
Superficie del humedal (Ha): 8.79	Puntaje evaluación:	
Area de evaluación:		

		ITEM 1: Area del humedal (max. 9 pts)
Subtota Puntos		<u>Selecciona una clase de tamaño y asigna un puntaje</u>
		>20.2 ha (9 pts)
		10.1 a <20.2 ha (7 pts)
		4 a <10.1 ha (5 pts)
		1.2 a <4ha (4 pts)
		0.12 a 1.2 ha (3 pts)
		0.04 a <0.12 ha (2 pt)
		<0.04 ha (1 pt)

		ITEM 2: Zonas de amortiguación (max 21 pts)
Subtota Puntos		
		2.1 Porcentaje de área de evaluación con zona de amortiguación
		75-100% de AE con zona de amortiguación (7)
		50-74% de AE con zona de amortiguación (4)
		25-49% de AE con zona de amortiguación (1)
		0-24% de AE con zona de amortiguación (0)
		2.2 Calcular Ancho promedio de buffer de amortiguación
		Amplio (7)
		Medio (4)
		Estrecho (1)
		Muy estrecho (0)
		2.3 Condición de la zona de amortiguación
		Condición optima (7)
		Condición buena (4)
		Condición media (1)
		Condición mala (0)

		ITEM 3: Hidrología (max 40 pts)
Subtota Puntos		3.1 Fuentes de agua. Marque todas las que apliquen
		Aguas subterráneas de alto PH (5)
		Otras aguas subterráneas (3)
		Precipitación (1)
		Agua superficial estacional (3)
		Agua superficial perenne (5)

3.2 Conectividad	
	A.- Sin mayor restricción de flujo de agua a zonas adyacentes (15)
	B.- Restricciones medias al flujo de agua a zonas adyacentes (10)
	C.- Grandes restricciones no naturales de flujo de agua a zonas adyacentes (5)
	D.- Restricciones no naturales de flujo de agua a zonas adyacentes en practicamente todo el humedal (0)

[illegible]

Anexo N°6: Guía metodológica evaluación estado ecológico de humedales

Guía metodológica de evaluación rápida de estado ecológico humedales

Delimitación de Área de Evaluación (AE)

Para los propósitos de esta evaluación se considerará un área determinada del humedal en la cual se llevarán a cabo todas las mediciones y evaluaciones que así lo señalen, correspondiente a este método (Área de Evaluación / AE). Esta AE puede variar en sus dimensiones de acuerdo a las características del humedal a ser evaluado. Se entiende como un paso crítico de la evaluación la determinación del AE, pues una incorrecta determinación de los límites derivará en una evaluación poco prolija. En humedales pequeños (1-2 ha) el AE puede abarcar todo el humedal, mientras que en humedales de mayor tamaño el AE abarca una porción de este. Para determinar los límites del AE se deben tener en cuenta principalmente características de la hidrogeomorfología, vegetación y tamaño del humedal.

Cada AE debe abarcar la mayor parte, si no toda, la variabilidad espacial natural en la forma y estructura visible de su humedal, además de intentar abarcar la mayor parte del funcionamiento interno del humedal que explica su tendencia a mantener cierta condición general o retorno a ella durante o después de un estrés o perturbación significativa. Para que un AE tenga este nivel deseado de integridad, debe estar limitado por cambios físicos obvios en topografía, hidrología o infraestructura que controlan significativamente las fuentes, volúmenes, tasas o composición general de los suministros de sedimentos o suministros de agua dentro del AE al tiempo de la evaluación de campo. En esencia, los límites de un AE no deben extenderse más allá de las características que representan o causan un cambio espacial importante en la fuente de agua o fuente de sedimento. Una forma de visualizar el AE es identificar la escala espacial a la cual la estructura y forma del humedal parecen repetirse (es decir, la escala a la cual se hace evidente la auto-similitud). Se supone que esta es la escala a la cual el funcionamiento interno del humedal produce la menor variabilidad temporal en forma y estructura.

Si se determinan AE más grandes podrían tender a obtener puntuaciones más altas. Como se indicó anteriormente, la consideración primaria para delinear un AE es su integridad hidrogeomórfica. Los límites de la AE deben establecerse sobre la base de rupturas claras en la hidrología superficial, el suministro de sedimentos o la geomorfología (ver Tablas 1 y 2). La experiencia en varios métodos de evaluación de humedales ha demostrado, sin embargo, que la mayoría de los AE que se delinearán de acuerdo a los indicadores de integridad hidrogeomórfica se encuentran dentro de un rango estrecho de tamaño, aunque sus formas son más variables. Esto sugiere que pueden establecerse rangos de tamaño al proceso de establecer un AE sin violar el criterio de integridad hidrogeomórfica. Además, en algunos casos el área auto-similar, auto-organizada, integral de un humedal no es claramente evidente. Por ejemplo, algunos humedales estuarinos salobres, grandes sistemas fluviales y sistemas lacustres carecen de roturas hidrológicas obvias u otras características que demarquen claramente los cambios en los suministros de agua o los suministros de sedimentos. En estos casos, el tamaño general puede ser el criterio dominante para delinear el AE. El tamaño AE recomendado es generalmente mayor para los tipos de humedales que tienden a tener planos de nivel más ancho que para los humedales que bordean terrenos escarpados. Los ejemplos de las características que se deben utilizar para delinear un AE, y otras características que no se deben utilizar, se enumeran en las tablas 1 y 2 abajo. Los tamaños AE estándar máximos recomendados para cada tipo de humedal se presentan a continuación en la Tabla 3. En la medida de lo posible, la delineación de un AE debe basarse primero en las consideraciones hidrogeomórficas presentadas en las Tablas 1 y 2. Pero si estas consideraciones no son aplicables, o si el AE resultante es mayor en un 25% que el tamaño máximo recomendado de AE presentado en la Tabla 3, entonces la delineación de AE debería basarse solamente en las pautas de tamaño.

Otro ítem que debe ser considerado en la delimitación del AE corresponde a las características de la vegetación de ribera asociada al humedal. Es posible que en ciertos ambientes de humedales la vegetación tenga una variación en su composición y estructura en los diferentes márgenes del ecosistema, por lo que en dichos ambientes se recomienda establecer más de un AE buscando que la evaluación sea representativa de la variación espacial mencionada. Los pasos básicos en la delineación se resumen en la Tabla 4

Tabla N°1: Capas que deben ser consideradas para delimitar AE

Humedales con flujos	Humedales sin flujo
Estuarios, ríos	Lagos, Playas, Depresionales
Zanjas de desvío Descargas grandes en tuberías Estructuras de control de nivel del agua	Carreteras y rellenos Bermas, diques Embarcaderos

Cambios en confinamiento, degradación, pendiente, o forma de lechos de ríos Confluencias de canales Zonas de aguas abiertas más amplias que el humedal Transiciones entre tipo de humedales Tierras altas Vertederos, alcantarillas, presas, diques	Principales fuentes puntuales o salidas de agua Zonas de aguas abiertas más amplias que el humedal Tierras altas Vertederos y otras estructuras de control de flujos.
--	--

Tabla N°2: Ejemplos de capas que no deben ser consideradas para delimitar AE

Caminos no consolidados o poco utilizados Senderos para bicicletas Senderos ecuestres Cercas (a menos que estén diseñadas para obstruir movimiento de fauna silvestre) Límites de propiedad Cambios espaciales en coberturas de tierra Límites político administrativos

Tabla N°3: Tamaños recomendados de AE

Tipo de Humedal	Tamaño de AE recomendado
Lacustre	Tamaño máximo 2.25 ha (150m x 150m) Tamaño mínimo 0.5ha (75m x 75m). Puede variar la forma
Playa	Tamaño máximo 2.25 ha (150m x 150m) Tamaño mínimo 0.5ha (75m x 75m). Puede variar la forma
Estuario	Tamaño y forma recomendada es un círculo de 1 ha (radio 55m), pero forma puede no ser circular si es necesario para adaptarse al humedal y satisfacer criterio hidrogeomórfico. Tamaño mínimo es 0.1 ha (30m x 30m)

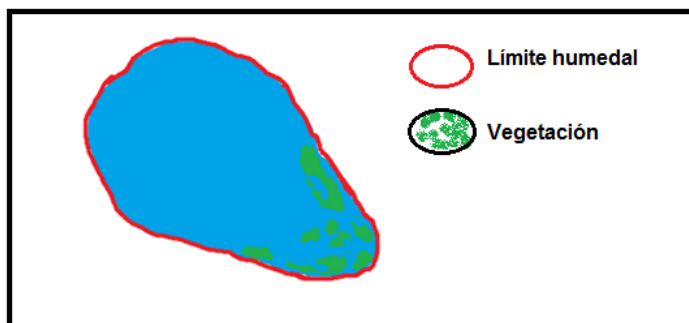
Tabla N°4: Pasos para delimitar AE

Paso	Descripción
1.- Seleccionar punto de partida de AE	Si el humedal es de igual o menor tamaño que el tamaño máximo recomendado para la AE, entonces el humedal y el AE son iguales O Si el humedal no es el doble de tamaño que el máximo recomendado para la AE, seleccione un punto único de partida dentro del humedal
2.- Dibuje un croquis del AE	En imágenes satelitales, bosqueje un borrador del AE que incluya el punto de partida del paso 1, y sea consistente con lo planteado en tabla 1, 2 y 3. El punto de partida puede estar en cualquier parte del AE
3.- Considere múltiples AE	Si el humedal es más del doble que el tamaño máximo recomendado del AE, y si el propósito es evaluar la condición promedio del humedal, entonces seleccione un segundo punto de partida excluyendo el AE inicial del paso 2. Repita el paso 2 para esta segunda AE. Repita pasos 2 y 3 hasta que todas las AE en conjunto cubran aproximadamente el 15% del humedal
4.- Revisar AE	Durante la visita a terreno, revise el AE(s) basado en (1) indicadores hidrogeomórficos de tablas 1 y 2, y (2) si estos indicadores no son aplicables o adecuados, el tamaño recomendado en tabla 3
5.- Delimitación AE	Los límites finales de AE deben ser mapeados, pudiendo hacerlo en Google Earth o ArcGIS.

ITEM 1: Área del humedal: Este apartado evalúa el tamaño del humedal, asignando mayores puntajes a los humedales de mayor tamaño. Se utilizan categorías de tamaño para amortiguar la variabilidad en la puntuación y los errores en la medición. El tamaño del humedal puede ser determinado con imágenes satelitales a través del Software Google Earth. Se pueden usar estimaciones visuales, siempre y cuando se tenga certeza de que la categoría asignada es correcta. Para los propósitos de este ítem, la medición debe realizarse sobre la superficie considerada como “espejo de agua”. El espejo de agua será considerado como la máxima superficie ocupada por el cuerpo de agua en un año normal sin eventos extraordinarios de inundación, sequía, etc. Si bien se tiene en cuenta que la mayoría de los humedales tiene cierta cantidad de vegetación ribereña adyacente, para los efectos de esta evaluación estas serán consideradas como parte las zonas de amortiguación de los humedales, y no como parte integral de ellos. En humedales que presenten una marcada fluctuación en el nivel de sus aguas la delimitación del espejo

de agua puede ser más compleja debido a que el cuerpo de agua puede no ser uniforme y presentar parches de vegetación entre el cuerpo de agua. En estos casos se recomienda incluir los “fragmentos” del espejo de agua en la delimitación del humedal, incorporando dicha vegetación en los límites (Ver figura N°1)

Figura N°1: Delimitación AE en humedales con cambios importantes en niveles de agua



ITEM 2: Zonas de amortiguación

2.1 Porcentaje de áreas circundantes con zona de amortiguación: Este sub ítem se basa en la relación entre la extensión del buffer y la provisión de funciones de amortiguación de este al humedal. Se consideran como buffer las coberturas de suelo no antropogénicas que tienen la capacidad de proteger la integridad biológica, física y/o química del humedal de los efectos de las actividades humanas. Áreas con mayores zonas de buffer proveen mayores valores de hábitat, mejor calidad de agua y otras funciones valorables. Los usos humanos intensivos de la tierra no deben contarse como amortiguadores, como por ejemplo, cultivos agrícolas en hilera, áreas pavimentadas, urbanizaciones, campos deportivos, parques segados o altamente manejados, sitios de minería o construcción, etc. Para los casos en que las AE limiten con aguas abiertas más anchas que 30 m, estas se consideran como una capa neutral puesto que para determinar que realmente funciona como buffer se requieren análisis de laboratorios para la calidad de agua, pudiendo ser un factor de estrés directo o indirecto, o por el contrario beneficiar al humedal. Por ende si un AE se ubica adyacente a un cuerpo de agua, se debe descontar del perímetro total el área que limite con el cuerpo de agua.

Esta métrica es evaluada visualmente con imágenes satelitales en Software Google Earth estimando el porcentaje total del perímetro del área del humedal evaluada que se encuentra adyacente a un tipo de cobertura de suelo que provee funciones de buffer (Ver tabla N°5). Para ser considerado como buffer, un tipo de cobertura de suelo adecuado debe ser al menos de 5 metros de ancho (desde borde de área del humedal evaluada extendiéndose de manera perpendicular) y extenderse a través del perímetro evaluado (medido en paralelo a borde de área evaluada) por al menos 5 metros. La medición se realiza en trabajo de gabinete, usando imágenes aéreas y mapas de uso de suelos disponibles. Posteriormente se verifica en terreno

2.2 Ancho promedio de buffer de amortiguación: Este ítem evalúa el ancho promedio del buffer de amortiguación presente en el paisaje circundante del humedal, asignando mayores puntajes a buffers más anchos. Se debe calcular el ancho promedio del buffer de amortiguación (con un máximo de 150 metros). La estimación se puede realizar con imágenes satelitales a través del Software Google Earth. Se pueden usar estimaciones visuales, siempre y cuando se tenga certeza de que la categoría final asignada es correcta. Se estima en primera instancia el ancho del buffer en cada lado del humedal (Norte, Sur, Este, Oeste como referencia), luego se suman dichos valores y se dividen por el total de los lados sumados. Ej.: Un humedal presenta buffer de 180, 150, 0, y 25 m. El ancho promedio se calcularía así: $(150m+150m+0m+25m)/4 = 56,25\text{ m}$

Tabla N°5: Hoja de cálculo para evaluación ancho promedio de buffer

Línea	Ancho buffer
Promedio ancho buffer	

Tabla N°6: Categorías de ancho promedio

Amplio: Buffer promedia 100 m o más alrededor del perímetro del humedal (7)
Medio: Buffer promedio 50 a <100m alrededor del perímetro del humedal (4)
Estrecho: Buffer promedia 25 a <50m alrededor del perímetro del humedal (1)
Muy estrecho: Buffer promedia <25m alrededor del perímetro del humedal (0)

2.3 Condición del buffer de amortiguación: La condición del buffer de amortiguación es evaluada de acuerdo a su extensión y calidad de su cobertura de vegetación, condición general del sustrato, y la cantidad de visitas humanas. La condición del buffer es evaluada solo para las zonas contiguas al humedal que han sido identificadas como buffers. Por ende, la evidencia de impactos directos (construcciones, caminos, viviendas, etc.) son excluidos de esta métrica, porque esas capas no son incluidas como coberturas de suelo buffers; estos impactos son incluidos en otro ítem de evaluación. Si no hay buffer asignar puntaje de 0. La condición del buffer debe evaluarse en terreno. Se asume que la prevalencia de la vegetación nativa, la ausencia de vegetación exótica, la ausencia de alteración reciente del sustrato y la ausencia de basura o desechos, indican buenas condiciones de amortiguación. La visita humana de bajo impacto incluye actividades como senderismo, observación de aves u otra recreación pasiva. Las visitas humanas moderadas o intensas podrían incluir actividades como el uso de vehículos todoterreno, acciones que alteren la presencia de aves u otras actividades que perturben el suelo o las comunidades de plantas. Para la evaluación se deben considerar: Vegetación nativa/no nativa, perturbaciones o compactación del suelo e intensidad de las visitas antrópicas. A continuación se presenta la descripción narrativa de la evaluación para facilitar la selección de la categoría adecuadamente.

Condición optima: Zona de amortiguación es dominada por vegetación nativa, presenta suelos no perturbados, y está aparentemente sujeta a muy pocas/ninguna visita humana (7)

Condición buena: 1) El buffer se caracteriza por una mezcla intermedia de vegetación nativa y no nativa (25-75%), pero en su mayoría presenta suelos no perturbados y aparentemente está sujeta a poca o poca incidencia en las visitas humanas; 0

2) El buffer es dominado por vegetación nativa, pero muestra algunos disturbios en el suelo y es aparentemente sujeto a pequeños o bajos impactos en las visitas humanas (4)

Condición media: El buffer se caracteriza por cantidades sustanciales (> 75%) de vegetación no nativa y hay al menos un grado moderado de alteración / compactación del suelo, y / o hay evidencia de por lo menos una intensidad moderada de la visita humana. (1)

Condición mala: El buffer se caracteriza por suelos estériles y / o suelos muy compactados o perturbados de otro modo, y / o hay evidencia de una visita humana muy intensa, o no hay buffer (0)

Tabla N°7: Ejemplos de coberturas de suelo incluidas y excluidas como buffers

Ejemplos de coberturas incluidas como Buffer	Ejemplos de coberturas excluidas como Buffer
Praderas	Agricultura intensiva (cultivo en hileras)
Bosques	Áreas residenciales
Lagos	Campos deportivos
Parques naturales	Zonas industriales
Cultivos no intensivos	Comercio

ITEM 3: Hidrología

3.1 Fuentes de agua: Los humedales que presentes ciertos tipos de fuentes de agua, o múltiples fuentes pueden ser de muy alta calidad, o pueden tener altas funciones y valores. El evaluador debe hacer un

checklist de las diferentes fuentes de agua que son parte del presupuesto hídrico del humedal. Si existen varias fuentes de agua se genera una sumatoria entre los puntajes específicos de cada fuente presente (de acuerdo a su relevancia). A continuación se detallan las fuentes de aguas a evaluar:

Aguas subterráneas de alto PH (5): Este tipo de fuente de agua se asocia generalmente con los ambientes de pantanos. Sin embargo, las aguas subterráneas de alto pH también pueden estar presentes en cantidades más pequeñas, de tal manera que no se desarrolla un pantano per se, aunque el humedal puede tener plantas o sustratos característicos de los pantanos. En estas situaciones, el evaluador observará a menudo una rica capa herbácea de gramíneas (especies de juncos y pastizales) que crece bajo un dosel forestal, o a pleno o parcial sol. La presencia de aguas subterráneas de pH alto ($\text{pH} > 7.5$) puede deducirse de las camas acuáticas de vegetación o dominancia de las plantas vasculares calcificadas en la capa herbácea. Alternativamente, pueden usarse sondas manuales simples de pH. Si las descargas de agua subterránea son observables pero no se confirman como "pH alto", el humedal debe ser calificado como "otras aguas subterráneas".

Otras aguas subterráneas (3): Aunque muchos humedales pueden recibir insumos de la capa freática como parte de su presupuesto anual de agua, esta pregunta no debe ser anotada a menos que el evaluador pueda observar filtraciones u otros signos de que el agua subterránea es una fuente de agua. "Otras aguas subterráneas" no deben ser calificadas sin pruebas observables o documentales. Sin embargo, si el evaluador sospecha pero no observa suficiente evidencia de los aportes de agua subterránea, esto debe ser anotado en los formularios de puntuación para una investigación más profunda, especialmente si la categoría del humedal puede cambiar. Debido a esto, el evaluador debe ser consciente de que los humedales pueden ser subevaluados si los insumos del agua subterránea no son fácilmente observables o el Evaluador evalúa el humedal en una época del año cuando el humedal es un exportador neto de agua a las aguas subterráneas locales. Si el evaluador sospecha pero no tiene evidencia que apoye la puntuación del humedal para "otras aguas subterráneas", esto se debe anotar en las hojas de puntuación o sección de comentarios y se revisa si la pérdida de estos puntos afecta una decisión de categorización. Al igual que ocurre con el agua subterránea de pH alto, se puede inferir otra agua subterránea observando las filtraciones o riachuelos que fluyen hacia el humedal u observando especies de plantas asociadas con el agua subterránea, especies típicamente asociadas con pantanos, varias especies. Otros factores circunstanciales que pueden utilizarse para inferir si "otras aguas subterráneas" están presentes son si lo que de otra manera parece ser un humedal aislado permanece inundado o saturado a finales de verano y otoño, y la claridad o contenido de oxígeno del agua.

Precipitación (1): Como mínimo, todos los humedales recibirán un punto puesto que todos los humedales reciben inputs hidrológicos de precipitación

Agua superficial estacional (3): Muchos humedales reciben una porción sustancial de su aporte hidrológico anual de inundaciones estacionales o semiestacionales de arroyos o ríos cercanos. Los humedales ubicados en las áreas de cabecera de las cuencas hidrográficas o que tienen sus propias pequeñas cuencas hidrográficas, a menudo reciben insumos de agua de superficie intermitentes a través de canales pequeños que se pueden definir que fluyen hacia el humedal después de un evento lluvioso importante. Tenga en cuenta que este tipo de insumos de agua de superficie debe ser distinguido de los eventos de inundación estacional o semiestacional y debe ser anotado bajo la categoría de precipitación. Con el fin de otorgar puntos por aguas superficiales "estacionales", el evaluador debe observar un canal definible, afluente, arroyo, etc., por el que el agua superficial fluye hacia el humedal. Agua de superficie estacional, como por ej. a partir de la inundación de un río o de un arroyo, se pueden deducir utilizando indicadores de hidrología, ya sea líneas de deriva, depósitos de sedimentos, etc. El evaluador no necesita observar realmente el agua superficial que fluye hacia el humedal en el momento en que se realiza la clasificación.

Agua superficial perenne (5): Un humedal tiene una conexión de "agua perenne de superficie" con un lago o un arroyo si existe una conexión de agua superficial permanente o casi permanente entre el humedal y el lago o arroyo, de modo que la hidrología del humedal esté dominada total o significativamente por el agua de la corriente o lago. El calificativo "significativamente" se utiliza ya que algunos humedales pueden tener otras fuentes de agua, además de la conexión a la corriente o el lago, que también son importantes. Por ejemplo, un humedal que se forma en los márgenes de un lago de caldera puede tener una conexión de agua superficial perenne al lago, y también puede recibir agua de alto pH. Ambas fuentes de agua son significativas para la hidrología general del humedal.

3.2 Conectividad: La Conectividad Hidrológica describe la capacidad del agua para fluir dentro o fuera del humedal, para inundar sus zonas de transición de las tierras altas adyacentes, permitiendo que el sistema se adapte a las inundaciones crecientes sin cambios dramáticos en el nivel del agua, lo que puede causar estrés a las plantas y animales del humedal. Además, la presencia de esta zona de

transición entre el humedal y las tierras altas proporciona zonas de saturación variadas y sus hábitats asociados y aumenta la complejidad. Se evalúa en terreno la capacidad que tiene el agua para fluir a las zonas de transición adyacentes al humedal, teniendo en cuenta la presencia de elementos naturales o no naturales que puedan obstruir en cierto modo el flujo de agua hacia zonas laterales en períodos en que aumenta el nivel del agua. Se plantean las siguientes categorías para la evaluación de la conectividad:

Tabla N°8: Categorías de conectividad

Categoría	Descripción
A	El aumento de agua en el humedal tiene acceso principalmente sin restricciones a zonas de transición adyacentes, sin diques ni otras obstrucciones al movimiento lateral de las aguas de inundación. Las obstrucciones como las zonas de escarpe o caminos que afectan a menos del 10% del perímetro del humedal son permisibles
B	Existen características tales como escarpes, diques o caminos que limitan la cantidad de zona de transición adyacente que acomoda el movimiento lateral de las aguas de inundación, pero las limitaciones existen para menos del 50% del humedal. Las restricciones pueden ser intermitentes a lo largo de los márgenes del humedal, o pueden ocurrir solamente a lo largo de un banco o costado del humedal.
C	La cantidad de zona de transición adyacente que acomoda el movimiento lateral de las aguas de inundación está limitada por características no naturales, tales como diques o caminos, para el 50-90% del humedal. Los flujos de inundación pueden exceder las obstrucciones, pero el drenaje de nuevo al humedal puede ser obstruido por estas características.
D	La cantidad de zona de transición adyacente que acomoda el movimiento lateral de las aguas de inundación está limitada por características no naturales, tales como diques o caminos, para más del 90% del humedal.

3.3 Hidroperíodo

El hidroperíodo es la frecuencia característica y la duración de la inundación o saturación de un humedal durante un año típico. Para la gran mayoría de tipos de humedales, el hidroperíodo es el aspecto más dominante de la hidrología. Esta métrica evalúa los cambios recientes en el hidroperíodo, el régimen de flujo o el régimen sedimentario de un humedal y el grado en que estos cambios afectan la estructura y composición de la comunidad de plantas de humedales. Para guiar la evaluación en terreno consultar tabla N°8 de indicadores comunes para evaluar cambios en hidroperíodo. Se proponen las siguientes categorías de estados para la evaluación del hidroperíodo:

Tabla N°9: Categorías de hidroperíodos

Categoría	Descripción
A	Hidroperíodo se caracteriza por patrones naturales de llenado o inundación y drenaje o baja en su nivel de aguas
B	Los patrones de inundación son de mayor magnitud o duración de lo que se esperaría en condiciones naturales, pero muestra señales de tener drenaje o desagüe natural
C	1) El Hidroperíodo se caracteriza por patrones naturales de inundación, pero está sujeto a patrones de drenaje más rápidos, en comparación a humedales más naturales O 2) Los patrones de inundación son de magnitud o duración sustancialmente inferior a la que se esperaría en condiciones naturales, pero presenta patrones de drenaje naturales
D	Tanto la inundación como el drenaje se desvían de las condiciones naturales (aumentadas o disminuidas en magnitud y/o duración)

Tabla N°10: Indicadores de campo de hidroperíodos alterados

Evidencia de ingeniería directa	Evidencia ecológica indirecta
Reducen extensión y duración de inundación o saturación	
Represas, embalses, zanjas, desvíos u otras estructuras de control de aguas que mueven agua desde el humedal	- Evidencia de mortalidad de la fauna acuática - La invasión de la vegetación terrestre - Estrés o mortalidad de hidrofitos - Zonificación de plantas comprimida o reducida
Incrementan extensión y duración de inundación o saturación	

Diques, desvíos, zanjas u otras estructuras de control de aguas que mueven agua hacia humedal	- Vegetación anual con vitalidad tardía - Vegetación ribereña recientemente ahogada - Deposición extensa de granos finos
---	--

ITEM 4: Estructura biótica

4.1 Comunidad vegetacional: La métrica de comunidad de plantas está compuesta por tres submétricas: A) Número de capas de plantas, B) Número de especies codominantes y C) porcentaje de invasión. Luego de evaluar estas tres submétricas, se procede a promediar los valores para obtener el puntaje general de la métrica 4.1. Una "planta" se define como un individuo de cualquier especie macrófita vascular de árbol, arbusto, hierba, o helecho, ya sea sumergido, flotante, emergente, postrado, decúbito o erecto, incluyendo especies de plantas exóticas. Los musgos y las algas no están incluidos entre las especies identificadas en la evaluación de la comunidad de plantas. Esta métrica requiere la capacidad de reconocer las especies de plantas más comunes y abundantes de los humedales. Cuando se carece de la experiencia botánica necesaria, se necesitarán recolectar muestras y documentación de las especies desconocidas.

A) Número de capas de plantas presentes: Las capas de las plantas desempeñan un papel importante en la evaluación del atributo de la estructura biótica. Se distinguen entre sí por las diferencias en las alturas máximas promedio de sus especies de plantas co-dominantes. Se han definido un máximo de 5 tipos de capas de plantas posibles de encontrar. Es esencial que las capas sean identificadas por las alturas reales de la planta (es decir, las alturas máximas aproximadas) de las especies de plantas evaluadas, independientemente del potencial de crecimiento de la especie. Para ser considerada en esta evaluación una planta debe cubrir una superficie mínima. Se recomienda incorporar plantas que cubran al menos un 5% del área evaluada en el humedal. Para este cálculo se pueden usar estimaciones visuales de cobertura, o enfoques cuantitativos. Por ej.: Área de evaluación de 3000m² → Mínima superficie para ser considerada como capa: 3000x0.5= 150m² Además de la vegetación viva, se puede usar vegetación muerta o senescente (vertical) de la temporada de crecimiento anterior para evaluar el número de capas de plantas presentes. Sin embargo, no se tienen en cuenta las longitudes de los tallos o brotes postrados. En otras palabras, la vegetación caída no debe ser "sujetada" para determinar la capa vegetal a la que pertenece. El número de capas de plantas debe determinarse en función de la forma en que la vegetación se presenta en el terreno

Se proponen las siguientes capas de plantas:

Tabla N°11: Capas de plantas

Capa de vegetación	Descripción
Capa Flotante	Esta capa incluye macrófitas acuáticas arraigadas que crean capas flotantes en o cerca de la superficie del agua que sombrean la columna de agua. Esta capa también incluye plantas acuáticas no arraigadas tales que forman copas flotantes.
Vegetación baja	Esta capa varía en altura máxima entre los tipos de humedales, pero nunca es más alta que 50 cm. Incluye vegetación emergente pequeña y plantas. Puede incluir formas jóvenes de especies que crecen más altas
Vegetación media	Esta capa nunca supera los 75 cm de altura. Comúnmente incluye vegetación emergente juncos (<i>Juncus</i> spp.),
Vegetación Alta	Esta capa nunca supera los 1,5 m de altura. Incluye generalmente la vegetación emergente más alta y los arbustos más grandes. Ejemplo incluye <i>Typha latifolia</i> (totora)
Vegetación muy alta:	Esta capa está reservada para arbustos, vides y árboles de más de 1,5 m de altura.

- B) Número de especies co-dominantes:** Esta submétrica evalúa el número de especies co-dominantes en cada capa vegetal identificada en la submétrica anterior. Para cada capa vegetal en el área evaluada, todas las especies representadas por vegetación viva que comprenden al menos un 10% de cobertura relativa dentro de la capa se consideran dominantes. Para este cálculo se pueden usar estimaciones visuales de cobertura, o enfoques cuantitativos. Por ej.: Área de evaluación de 3000m² y Capa de vegetación media abarca 2/3 del área de evaluación → Mínima superficie para ser considerada como especie dominante en la capa media: $2/3 \times 3000 = 2000$, $2000 \times 0.10 = 200\text{m}^2$. En esta métrica sólo se considera la vegetación viva en posición de crecimiento. La vegetación muerta no se tiene en cuenta. El evaluador lista los nombres de todas las especies de plantas dominantes en cada capa. La lista se utiliza para determinar el número total de especies codominantes para todas las capas que están representadas en el área evaluada. Algunas especies pueden dominar varias capas. Estas plantas proporcionan un conjunto diferente de hábitats para la vida silvestre, diferentes cantidades de sombreado e intercepción de lluvia, y tienen otras diferencias funcionales entre capas. La aparición de una especie entre múltiples capas aumenta la complejidad general del área evaluada.
- C) Porcentaje de especies invasoras:** Esta submétrica evalúa el número de especies codominantes invasoras para todas las capas de plantas combinadas como un porcentaje del número total de co-dominantes, basado en los resultados del número de especies codominantes. Si no se puede determinar el origen de una especie a través de la experiencia botánica del evaluador en el campo, se debe realizar un muestreo y registros documentales de la especie en cuestión, para ser identificadas en trabajo de gabinete.

Tabla N°12: Resumen de categorías para métrica de comunidades vegetacionales

Categoría	Número de capas de plantas presentes	Número de especies codominantes	Porcentaje de invasión
A	4-5	≥ 12	0 – 15%
B	3	9 – 11	16 – 30%
C	1-2	6 – 7	31 – 45%
D	0	0 - 5	46 – 100%

Tabla N°13: Especies codominantes y condición de invasoras

Capa Flotantes	Invasora?	Capa Bajas	Invasora?
Capa Medias	Invasora?	Capa altas	Invasora?
Capa Muy alta	Invasora?		
		N° total de especies codominantes para todas las capas combinadas	
		Porcentaje de invasión	

4.2 Interdispersión horizontal: La estructura biótica horizontal se refiere a la variación e interdispersión de zonas de vegetación. Las zonas de plantas son monocultivos de plantas u asociaciones evidentes de múltiples especies que están agrupadas a lo largo de gradientes de elevación, humedad u otros factores ambientales que afectan la organización comunitaria vegetal en vista de plano (plan view). La interdispersión es básicamente una medida del número de distintas zonas de plantas y la cantidad de bordes que se intersectan entre ellas. La existencia de múltiples zonas de plantas horizontales indica una comunidad vegetal bien desarrollada o de mayor complejidad. La distribución y abundancia de las zonas de plantas horizontales, más su interdispersión, se combinan en un solo indicador. Para los humedales grandes, la zonificación prominente es evidente en las fotografías aéreas de la escala 1: 24,000 o más pequeño. Para los humedales pequeños, la zonificación es evidente sólo en el campo. Las zonas pueden ser discontinuas y pueden variar en número dentro de un humedal. Las zonas vegetales

consisten a menudo de más de una especie vegetal, pero algunas zonas pueden ser mono-específicas. En algunos casos, una o dos especies de plantas dominan cada zona. Con el fin de anotar esta métrica, el evaluador debe evaluar el humedal desde una "vista en planta", es decir, como si el observador estuviera flotando sobre el humedal en el aire y mirando hacia abajo sobre él. La figura 1 puede ayudar a evaluar el grado de interdispersión horizontal que se clasifica usando la Tabla N°12. De modo de facilitar la evaluación de esta métrica, el evaluador puede elaborar un pequeño croquis del área evaluada desde una vista en planta describiendo las principales zonas de planta. Asigne nombres a las zonas y anótelas a la derecha del croquis. Basándose en el croquis es posible elegir el perfil que sea más representativo del total del área evaluada del humedal.

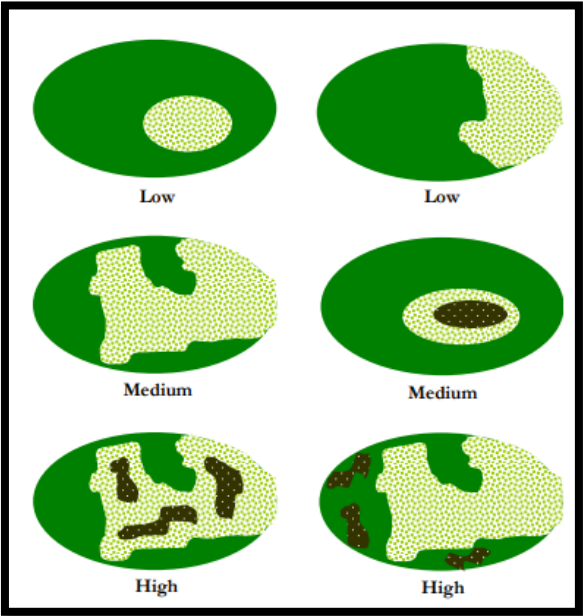
Tabla N°14: Clasificación de interdispersión de vista en planta

Categoría	Descripción
A	Área evaluada tiene un alto grado de interdispersión de vista en planta
B	Área evaluada tiene un grado moderado de interdispersión de vista en planta
C	Área evaluada tiene un bajo grado de interdispersión de vista en planta
D	Área evaluada esencialmente no tiene interdispersión de vista en planta

Área para dibujar croquis de interdispersión horizontal

Assigned zones:
1)
2)
3)
4)
5)
6)

Figura N°2: Diagrama de grados de interdispersión horizontal. Cada zona debe comprender al menos un 5% del área evaluada.



ITEM 5: Perturbaciones antrópicas

Para los propósitos de esta evaluación, un factor de estrés es una perturbación antropogénica dentro de un humedal o su ambiente que es probable que tenga un impacto negativo en la condición y función del Área de Evaluación (AE). Un disturbio es un fenómeno natural que afecta al AE. Para cada atributo evaluado, se enumeran una variedad de posibles factores de estrés. Su presencia y probabilidad de afectar significativamente a la AA se registran en la ficha de evaluación. Para los atributos de Hidrología y Estructura Biótica, se enfoca en los factores de estrés que operan dentro del AE. Para el atributo Zona de amortiguación, el foco está en los factores de estrés que operan a menos de 500 m de la AE. También se pueden observar factores de estrés más distantes que tienen influencias obvias, directas y controladoras sobre el AE. En la evaluación de esta métrica debe ser anotado cada factor de estrés identificado para el ítem que corresponda, señalando si dicho factor de estrés está solamente presente (no implica mayores impactos para el humedal) o presenta un efecto significativo en el área evaluada. La puntuación de este ítem se debe realizar de la siguiente manera: Si los factores estresantes presentes en el humedal están solo presentes y no implica un impacto significativo se anota un puntaje de -1. Si a juicio del evaluador el factor estresante presenta un efecto significativo sobre el humedal, se debe elegir entre las categorías de impacto y puntuaciones asociadas de la tabla N°13. A cada factor de estrés presente se le asigna un puntaje. Luego se establece un promedio entre los puntajes obtenidos para determinar el puntaje total de las perturbaciones antrópicas. Los puntajes obtenidos de este ítem se restan del puntaje obtenido en la evaluación rápida, teniendo como resultado final el estado ecológico del humedal evaluado.

Tabla N°15: Guía narrativa para evaluar efectos significativos de factores de estrés.

A	El factor estresante supone un impacto de gran intensidad y extensión sobre el atributo evaluado, además de manifestarse de forma persistente, por lo que resulta imposible revertir sus consecuencias = -15
B	El factor estresante supone un impacto de intensidad y/o extensión media sobre el atributo evaluado, y se manifiesta de forma temporal. Sus efectos tienen consecuencias a largo plazo. El ecosistema puede ser restaurado, pero difícilmente pueda volver a su línea base = -10
C	El factor estresante supone un impacto de intensidad moderada/baja y/o extensión media/baja al atributo evaluado. Sus efectos pueden ser reversibles a través de proyectos de restauración en el corto plazo. = -5

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°7: Tabla resumen de evaluación rápida de estado ecológico humedales

		LAGUNA PETREL					
Tema	Subtema	AE1	AE2	AE3	AE4	Promedio	
1 ESTRUCTURA FISICA (30)	Área (9)		9				
	ZONA DE AMORTIGUACIÓN (21)	% de Buffer (7)	4	0	4	7	
		Ancho (7)	4	1	4	7	
		Condición (7)	0	0	4	7	
Sub total:		17	10	21	30	19,5	
2 HIDROLOGÍA (40)	Fuentes (17)		9	9	9	11	
	Conectividad (15)		10	15	15	15	
	Hidroperiodo (15)		5	5	5	10	
Sub total:		24	29	29	36	29,5	
3 VEGETACIÓN (30)	COMUNIDAD VEGETACIONAL (15)	n° estratos	15	5	15	15	
		n° sp codominantes	15	10	10	10	
		% invasión	0	5	5	10	
	promedio		10	6.7	10	12	
	Interdispersión (15)		15	5	10	10	
Sub total:		25	11.7	20	22	19,7	
TOTAL		66	50.7	70	88	68.7	

4 PERTURBACIONES ANTRÓPICAS	Hidrología	-1	0	-1	-1	
	Vegetación	-10	-5	-1	-5	
	Zona de buffer	-15	-5	-5	-5	
TOTAL		-8,7	-5	-2,3	-3,7	-4.9

		LAGUNA BAJEL					
Tema	Subtema	AE1	AE2	AE3	AE4	Promedio	
1 ESTRUCTURA FISICA (30)	Área (9)	5					
	ZONA DE AMORTIGUACIÓN (21)	% de Buffer (7)	4	4	0	4	
		Ancho (7)	1	4	1	4	
		Condición (7)	0	1	1	4	
Sub total:		10	14	7	17	12	
2 HIDROLOGÍA (40)	Fuentes (17)	9	9	9	9		
	Conectividad (12)	15	10	15	15		
	Hidroperiodo (12)	5	5	5	15		
Sub total:		29	24	29	39	30	
3 VEGETACIÓN (30)	COMUNIDAD VEGETACIONAL (15)	n° estratos	15	15	15	15	
		n° sp codominantes	15	15	5	10	
		% invasión	0	0	0	0	
	promedio		10	10	6,7	8,3	
	Interdispersión (15)		10	10	10	10	
Sub total:		20	20	17	18	19	
TOTAL		59	58	53	74	61	
4 PERTURBACIONES ANTRÓPICAS	Hidrología	-3	-1	-1	-5		
	Vegetación	-5	-10	-10	-10		
	Zona de buffer	-5	-5	-5	-5		
TOTAL		-4.3	-5.3	-5.3	-6.7	-5.4	

			LAGUNA EL ANCHO			
Tema	Subtema		AE1	AE2	AE3	Promedio
1 ESTRUCTURA FISICA (30)	Área (9)		9			
	ZONA DE AMORTIGUACIÓN (21)	% de Buffer (7)	0	7	7	
		Ancho (7)	0	4	7	
		Condición (7)	0	4	4	
Sub total:			9	24	27	20
2 HIDROLOGÍA (40)	Fuentes (17)		6	6	12	
	Conectividad (15)		5	15	10	
	Hidroperiodo (15)		5	10	5	
Sub total:			16	31	27	24,7
3 VEGETACIÓN (30)	COMUNIDAD VEGETACIONAL (15)	n° estratos	15	15	15	
		n° sp codominantes	5	5	15	
		% invasión	5	10	0	
	promedio		8.3	10	10	
	Interdispersión (15)		5	15	15	
Sub total:			13.3	25	25	21,1
TOTAL			38.3	80	79	65.8
4 PERTURBACIONES ANTRÓPICAS	Hidrología		-15	-1	0	
	Vegetación		-15	-5	-1	
	Zona de buffer		-15	-1	-5	
TOTAL			-15	-2.3	-3	-6.7

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°8: Conteos de avifauna en humedales de Pichilemu

Laguna Petrel / enero

	Martes 16/01		miércoles 17/01		Jueves 18/01		viernes 19/01
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM
Cisne Coscoroba	107	124*	127	81	75	87	81
Cisne Cuello Negro	6	3	13	15	7	10	7
Garza grande	4	3	6	3	4	13	2
Garza chica	1	6	11	4	5	5	6
Garza cuca	-	2	2	-	1	1	1
Garza Boyera	1	-	-	-	-	-	-
Huala	8	27	34	23	35	17	51
Pimpollo	-	-	14	-	16	7	15
Tagua común	65	76	137	98	110	128	126
Tagua chica	44	18	-	40	47	14	2
Tagua F. roja	4	2	3	-	-	-	7
P. Real	22	20	7	7	35	24	32
P. Jergón Grande	65	57**	92	108	125	73	94
P. Jergón Chico	96	44	52	35	57	9	60
P. Rana pico delgado	30	45	47	72	68	36	74
P. Cuchara	21	15	-	-	13	11	17
Cuervo pantano	-	-	21	19	12	8	16
Pitotoy chico	-	-	-	-	2	2	1
Pitotoy	-	-	-	-	1	-	2
P. Colorado	-	4	8	3	1	-	1

Laguna Bajel / enero

	Martes 16/01		miércoles 17/01		Jueves 18/01		Viernes 19/01
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM
Cisne Coscoroba							
Cisne Cuello Negro	11	7	8	8	15	10	10
Garza grande	5	7	5	4	6	5	2
Garza chica	7	25	15	14	14	29	15
Garza cuca							
Garza Boyera	1						
Huala	3		2	2	3		
Pimpollo					10	6	3
Tagua común	9	1	12	5	19	6	9
Tagua chica	5	1	2		2		
Tagua F. roja		10	1	2	4	4	3
P. Real							
P. Jergón Grande	1			2	5	3	
P. Jergón Chico			5		4	1	
P. Rana pico delgado			1		2	2	
P. Cuchara							
Cuervo pantano							
Pitotoy chico							
Pitotoy							

Laguna El Ancho / enero

	martes 16-01		miércoles 17/01		jueves 18-01		viernes 19-01
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM
Cisne Coscoroba							
Cisne Cuello Negro	4	6	4	4	4+ 3*	4	4
Garza grande				2	1**	2	1
Garza chica		1	1		2 + 2***	1	1
Garza cuca	2		1				1
Garza Boyera							4
Huala	6	3	4	5	5	7	
Pimpollo					1		
Tagua común			3		5	2	
Tagua chica	3	1	1	2			
Tagua F. roja							
P. Real		2		4	1		
P. Jergón Grande	2	2			1		
P. Jergón Chico							
P. Rana pico delgado							
P. Cuchara							
Cuervo pantano							
Pitotoy chico							
Pitotoy							

Laguna Petrel / Abril

	Jueves 05/07		Viernes 06/04		Sábado 07/04
	AM	PM	AM	PM	AM
Coscoroba	46	54	52	45	80
CCN	20	10	5	11	6
Garza grande	8	12	5	15	4
Garza chica	3	5	4	13	11
Garza cuca	1	3	0	1	1
Garza Boyera	0	0	0	0	0
Huala	75	36	88	94	88
Pimpollo	17	20	13	23	6
Tagua común	253	101	240	175	180
Tagua chica	85	104	5	5	35
Tagua F. roja	2	0	3	8	11
Taguita	5	0	0	3	3
P. Colorado	14	2	9	17	9
P. Gargantillo	6	1	2	8	3
P. Real	15	2		5	2
P. Jergón Grande	34	29	30	87	45
P. Jergón Chico	35	27	30	20	46
P. Rana pico delgado	59	49	194	142	145
P. Cuchara	14	20	30	29	24
Cuervo pantano	10	17	4	23	5
Pitotoy chico	2	2	2	3	2
Pitotoy	0	0	0	0	0

Laguna Bajel / Abril

	Jueves 05/07		Viernes 06/04		Sábado 07/04
	AM	PM	AM	PM	AM
Coscoroba	2			2	
CCN	7	10	12	9	10
Garza grande	4	2	3	1	1
Garza chica					
Garza cuca		1			
Garza Boyera					
Huala			1		
Pimpollo	12	8	6	5	2
Tagua común	17	3	1		10
Tagua chica	2	10	6	9	2
Tagua F. roja	4		5		
Taguita					1
P. Colorado					
P. Gargantillo					
P. Real					
P. Jergón Grande	2		3	2	
P. Jergón Chico	1	1	1		2
P. Rana pico delgado				3	
P. Cuchara					
Cuervo pantano					
Pitotoy chico					
Pitotoy					

Laguna El Ancho / Abril

	Jueves 05/07		Viernes 06/04		Sábado 07/04
	AM	PM	AM	PM	AM
Coscoroba			2		
CCN	5	1	1	1	1
Garza grande	2	2		2	1
Garza chica				1	2
Garza cuca	2	1	1	2	1
Garza Boyera					
Huala	6	4	3	1	3
Pimpollo					
Tagua común	3	7			2
Tagua chica			2	5	
Tagua F. roja					
Taguita				2	1
P. Colorado					
P. Gargantillo					
P. Real					
P. Jergón Grande					
P. Jergón Chico					
P. Rana pico delgado					
P. Cuchara					
Cuervo pantano					
Pitotoy chico					
Pitotoy					

Fuente: Elaboración propia