



Universidad de Concepción



Facultad de Ciencias Ambientales

**PROPUESTA DE ANTEPROYECTO DE NORMA
SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA
PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL
SISTEMA LAGUNA CHICA, LAGUNA GRANDE Y
HUMEDAL LOS BATROS**

Habilitación presentada para optar al título de
Ingeniero Ambiental

FABIAN ALONSO SANHUEZA ERICES

Profesor Guía: Ricardo Figueroa Jara

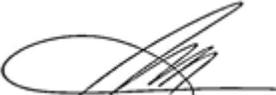
Concepción, Chile
Mayo, 2021

“PROPUESTA DE ANTEPROYECTO DE NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL SISTEMA LAGUNA CHICA, LAGUNA GRANDE Y HUMEDAL LOS BATROS”

PROFESOR GUÍA: Dr. RICARDO FIGUEROA JARA



PROFESOR CO- GUÍA: Dr. OSCAR PARRA BARRIENTOS



PROFESOR COMISIÓN: Dr. MAURICIO AGUAYO ARIAS



CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad: (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, mayo 2021



100 AÑOS
DE
DESARROLLO
LIBRE DEL
ESPÍRITU

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas las personas que me brindaron su apoyo, fuerza y que ayudaron de una u otra manera a que se llevara a cabo esta tesis.

Me gustaría empezar agradeciendo a mis profesores que se convirtieron en personas sabias, que nutrían y fortalecían mis conocimientos, especialmente a los profesores Dr. Ricardo Figueroa, Dr. Oscar Parra, Dr. Mauricio Aguayo, Dra. Patricia González que siempre estuvieron acompañándome en mi crecimiento universitario, a través de consejos y pensamientos críticos. De manera particular, expresar mi más sincera gratitud a mis profesores guías Ricardo Figueroa y Oscar Parra por confiar en mí durante este trabajo, que en conjunto con su paciencia, se logró elaborar un trabajo que aporta a la sociedad y al medio ambiente.

A mi familia, que siempre confió en mí y me permitía expresar mis pensamientos de manera libre. Especialmente a mi madre, abuela Marta y abuelo Oscar que, gracias a sus ejemplos, valentía y valores, se convirtieron en el aliento más fuerte para ser siempre una mejor persona. Gracias a la inspiración, apoyo y el esfuerzo de toda una vida de mi madre, que sin ella esta etapa no hubiese sido posible.

Por otro lado, agradecer a mi polola y a mis amigos tanto universitarios como de la vida, por su comprensión, aliento, paciencia y apañe en los viajes rumbo a bosques desconocidos y nativos para aprender más sobre estos y llenarnos de su sabiduría.

De manera especial también agradecer al bosque y sus cuerpos de agua, por abrir en mí un pensamiento nuevo, cubrirme muchas veces y renovar mis energías cada vez que lo necesitaba.

No puedo dejar de lado a mi gatita y compañera Lucha que siempre estuvo sentada en mis piernas, mientras escribía cada párrafo de esta tesis, llenándome de amor y contención en momentos claves.

Además, agradecer a este hermoso continente y su gente que muchas veces cuando viaje me alimento, cubrió, enseñó y alentó para seguir siendo una mejor persona con conocimientos que algún día volveremos a compartir.

Finalmente, agradezco al CRHIAM por financiar esta investigación mediante la Beca de Pregrado Proyecto ANID/FONDAP/15130015, dándome la oportunidad de ejercer de mejor manera este trabajo.



INDICE GENERAL

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|------|
| AGRADECIMIENTOS | I |
| ÍNDICE DE TABLAS | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VI |
| NOMENCLATURA..... | VII |
| RESUMEN | VIII |
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Contaminación y eutrofización en sistemas acuáticos | 2 |
| 1.2 Manejo Integrado de Cuencas | 5 |
| 1.3 Legislación Ambiental en el mundo | 9 |
| 1.3.1 Normas de Calidad de agua en el mundo | 11 |
| 1.3.2 Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) | 14 |
| 1.3.3 Otras normativas y compromisos ligados a cuerpos de agua en Chile..... | 17 |
| 1.4 Agua y los Objetivos de desarrollo sustentable | 20 |
| 1.5 Descripción del Área y antecedentes..... | 22 |
| 1.5.1 Santuario de la Naturaleza..... | 27 |
| 2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 31 |
| 3 OBJETIVOS | 31 |
| 3.1 Objetivo General | 31 |
| 3.2 Objetivos Específicos..... | 31 |
| 4 METODOLOGÍA | 32 |
| 4.1 Análisis Integral | 32 |
| 4.2 Selección de Áreas de Vigilancia | 33 |
| 4.3 Selección de parámetros..... | 34 |
| 4.4 Elaboración de Tablas de Clases de Calidad | 35 |
| 4.5 Determinación de Valores Umbrales | 36 |
| 4.6 Programa de vigilancia..... | 37 |
| 5 RESULTADOS..... | 38 |
| 5.1 Delimitación de la cuenca y parámetros morfológicos..... | 38 |
| 5.2 Análisis integral | 40 |

| | |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.1 Servicios Ecosistémicos | 40 |
| 5.2.2 Uso de suelo y actividades antrópicas en la Cuenca..... | 42 |
| 5.2.3 Clima | 44 |
| 5.2.4 Geología e Hidrología..... | 47 |
| 5.2.5 Sedimentación | 52 |
| 5.2.6 Comunidades Fitoplanctónicas | 56 |
| 5.2.7 Estado Trófico | 61 |
| 5.2.8 Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs)..... | 62 |
| 5.2.9 Amenazas | 64 |
| 5.2.10 Flora | 70 |
| 5.2.11 Fauna..... | 71 |
| 5.3 Áreas de Vigilancia | 85 |
| 5.3.1 Laguna Grande | 86 |
| 5.3.2 Laguna Chica | 90 |
| 5.3.3 Estero los Batros | 92 |
| 5.4 Parámetros a normar y Tablas de Calidad | 93 |
| 5.5 Valores Umbrales | 99 |
| 5.6 Programa de vigilancia y monitoreo | 103 |
| 5.7 Cumplimiento de la Norma..... | 108 |
| 5.8 Partes interesadas..... | 109 |
| 6 CONCLUSIONES | 121 |
| 7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 123 |
| 8 ANEXOS..... | 132 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1: Parámetros morfológicos de la subcuenca del Humedal Los Batros, Laguna Grande y Laguna chica. | 39 |
| Tabla 2: Variables fisicoquímicas históricas para los cuerpos de agua de la Laguna Chica, Laguna Grande y Humedal los Batros. | 61 |
| Tabla 3: Fauna Ictica registrada en la cuenca de estudio. | 73 |
| Tabla 4: Anfibios registrados en el área de estudio. | 77 |
| Tabla 5: Reptiles registradas en el área de estudio. | 79 |
| Tabla 6: Aves registradas en la cuenca de estudio. | 80 |
| Tabla 7: Mamíferos registrados en la cuenca de estudio. | 81 |
| Tabla 8: Macroinvertebrados bentónicos registrados en la cuenca de estudio. | 83 |
| Tabla 9: Tabla de calidad para parámetros vinculados al estado trófico de las lagunas. | 95 |
| Tabla 10: Tabla de calidad para los distintos indicadores de calidad de agua. | 97 |
| Tabla 11: Concentraciones máximas y mínimas para las áreas de vigilancia propuestas para la Laguna Grande. | 99 |
| Tabla 12: Concentraciones máximas y mínimas para las áreas de vigilancia propuestas para la Laguna Chica. | 100 |
| Tabla 13: Concentraciones máximas y mínimas para el Estero Los Batros. | 101 |
| Tabla 14: Puntos de muestreo. | 103 |
| Tabla 15: Programa de Monitoreo para los variables tróficas y fisicoquímicas. | 105 |
| Tabla 16: Programa de Monitoreo para las variables inorgánicas, orgánicas, metales y biológicas. | 105 |
| Tabla 17: Normativa para el muestreo. | 106 |
| Tabla 18: Metodología propuesta para el análisis de las variables normadas. | 107 |
| Tabla 19: Actores privados claves. | 110 |
| Tabla 20: Actores Públicos claves. | 112 |
| Tabla 21: Actores Comunitarios Claves. | 118 |
| Tabla 22: Contaminantes Prioritarios para la Union Europea Según la directiva Marco sobre el Agua 2013/39/UE. | 132 |
| Tabla 23: Aves registradas para la cuenca en estudio. | 133 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1: Pilares fundamentales de gestión Integrada de Cuencas de Lagos ... | 7 |
| Figura 2: Evolución demográfica San Pedro de la Paz..... | 25 |
| Figura 3: Usos de suelo en la Comuna de San Pedro de la Paz..... | 27 |
| Figura 4: Propuesta declaratoria de S.N. Humedal los Batros – Laguna Grande | 30 |
| Figura 5: Clasificación ecológica..... | 34 |
| Figura 6: Delimitación Cuenca Humedal Los Batros, Subcuenca Laguna Grande, y Subcuenca Laguna Chica | 39 |
| Figura 7: Valoración de los SE del Humedal Los Batros por expertos..... | 41 |
| Figura 8: Valoración científica de los subservicios del Humedal los Batros..... | 42 |
| Figura 9: Expansión de la superficie urbana desde el año 1987 al 2016..... | 43 |
| Figura 10: Dinámica del uso de suelo..... | 44 |
| Figura 11: Climograma para la temporada 2010 -2019 | 46 |
| Figura 12: Climograma para la temporada 2000 -2009..... | 46 |
| Figura 13: Afluentes de Laguna Grande San Pedro de la Paz | 51 |
| Figura 14: Geocronología y tasa de sedimentación para la Laguna Grande de San Pedro..... | 53 |
| Figura 15: Composición taxonómica de las diatomeas, bajo condiciones prehispanicas y actuales en Laguna Grande | 54 |
| Figura 16: Composición taxonómica del polen y esporas, bajo condiciones prehispanicas y actuales en Laguna Grande..... | 54 |
| Figura 17: Composición taxonómica de las diatomeas, bajo condiciones prehispanicas y actuales en Laguna Chica..... | 55 |
| Figura 18: Composición taxonómica del polen y esporas, bajo condiciones prehispanicas y actuales en Laguna Chica..... | 55 |
| Figura 19: Composición fitoplanctónica durante los años 2014 y 2016 para la Laguna Grande..... | 58 |
| Figura 20: Algas nocivas encontradas | 58 |
| Figura 21: Correlación de los datos del fitoplancton | 59 |
| Figura 22: Evolución trófica temporal de la variable de Clorofila a | 61 |
| Figura 23: Evolución trófica temporal de la variable de transparencia y clorofila a..... | 62 |
| Figura 24: Evolución trófica temporal de la variable de Fosforo total..... | 61 |
| Figura 25: Compuestos Orgánicos medidos en la Laguna Grande | 63 |
| Figura 26: Compuestos Orgánicos medidos en la Laguna Grande | 63 |
| Figura 27: Riesgos asociados a la Comuna de San Pedro de la Paz | 64 |
| Figura 28: Áreas de Vigilancia propuestas para la Laguna Grande, Laguna Chica y Humedal los Batros..... | 86 |
| Figura 29: Ejemplos del cumplimiento normativo con percentiles..... | 108 |

NOMENCLATURA

| | |
|------------------|-------------------------------------------------------------|
| AVI | Área de Vigilancia |
| CA | Código de Aguas |
| CMS | Consejo de Ministros para la Sustentabilidad |
| DBO ₅ | Demanda Biológica de Oxígeno |
| DEM | Modelo de Elevación Digital |
| DGA | Dirección General de Aguas |
| Directamar | Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante |
| DQO | Demanda Química de Oxígeno |
| DS | Disco Secchi |
| EPA | Agencia de Protección Ambiental de USA |
| IBA's | Important Bird Areas |
| ILBM | Integrated Lake Basin Management |
| MMA | Ministerio de Medio Ambiente |
| M.S.N.M | Metros Sobre el Nivel del Mar |
| NSCA | Norma Secundaria de Calidad Ambiental |
| NT | Nitrógeno Total |
| OD | Oxígeno Disuelto |
| ODS | Objetivos del Desarrollo Sustentable |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| PDC | Plan de Desarrollo Comunal |
| PT | Fósforo total |
| RR.HH | Recursos Hídricos |
| SCAM | Sistema de Certificación Ambiental Municipal |
| SE | Servicios Ecosistémicos |
| SIG | Sistema de Información Geográfica |
| SMA | Superintendencia de Medio Ambiente |
| S.N | Santuario de la Naturaleza |
| T | Temperatura |
| TSI | Índice del Estado Tráfico |

RESUMEN

Una cuenca es un espacio del territorio en el cual naturalmente discurren todas las aguas hacia un único lugar o punto de descarga. Estos cuerpos de agua cumplen funciones esenciales para la preservación de los ecosistemas y las relaciones territoriales, teniendo una dependencia estrecha y recíproca con la vegetación ribereña. Esta relación también ocurre en cuencas fluviales, lo cuales ofrecen una variedad de estos Servicios Ecosistémicos (SE) y se encuentran entre los sistemas más amenazados, debido a que son muy sensibles a las alteraciones del régimen hídrico.

La comuna de San Pedro de la Paz (Región del Biobío, Chile), contempla 3 lagunas y un humedal y se han estado llevando a cabo políticas ambientales para proteger estos cuerpos de agua, elaborando un proyecto de Santuario de la Naturaleza que protege a la Laguna Grande y al Humedal Los Batros. Sin embargo, no considera un manejo integrado de cuenca, por ende, excluye a los cuerpos de agua que aportan a este santuario como es la Laguna Chica y sus afluentes. Sobre esta base, se prepone un Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para los Sistemas de la Laguna Grande, Laguna Chica y Humedal Los Batros.

Para ello se realizó un análisis integral de los datos encontrados en estudios anteriores de la cuenca, que aportaran información relevante en cuanto a variables físico-químicos, información hidrológica, geológica, biota, biológica, ecotoxicológica, sedimentos, etc. Con esta información y sobre la metodología propuesta por el ministerio de medio ambiente para la elaboración de normas secundarias, se delimitaron Áreas de Vigilancia (AVI) estratégicas para el monitoreo de variables ambientales seleccionadas y se definieron valores de calidad ambiental para estas variables, los cuales objetivan clases de calidad para estos cuerpos de aguas a conservar. Esto permite generar un anteproyecto, que fijar las concentraciones y periodos máximos o mínimos de los parámetros que se asignaran y así conservar y/o preservar los ecosistemas acuáticos a

través del mantenimiento o mejoramiento de la calidad de las aguas mediante la creación de tabla de clases de calidad para cada parámetro. Este trabajo se complementa con los objetivos de conservación del Santuario de la Naturaleza Laguna Grande – Humedal Los Batros y una posible futura declaratoria de Humedal Urbano para el Humedal Los Batros.



1 INTRODUCCIÓN

La Cuenca es el espacio del territorio en el cual naturalmente discurren todas las aguas hacia un único lugar o punto de descarga (que usualmente es un cuerpo de agua importante tal como un río, un lago o un océano). El ámbito de la cuenca hidrográfica es un espacio territorial natural independiente de las fronteras político-administrativas internas de un país o de fronteras internacionales (Aguirre, 2011).

El agua dulce disponible para uso humano, agrícola, industrial y otros, que está presente en ríos, lagos y acuíferos subterráneos, solo equivale al 0,62% del total mundial (DGA, 2016). Estos cuerpos de agua en general, cumplen funciones esenciales para la preservación de los ecosistemas y las relaciones territoriales (Naiman et al., 1993; Allan 2004), teniendo una dependencia estrecha y recíproca con la vegetación ribereña, (Romero, 2014) proporcionando una diversidad de Servicios Ecosistémicos (SE) que corresponden a una gama de funciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas sostienen la vida humana (Daily, 1997), ofreciendo beneficios directos para la sociedad (MEA, 2003; Schallenberg et al., 2013). Estas zonas permiten al paisaje que los alberga procesar mayor cantidad de materia orgánica y capturar más nitrógeno, mejorar la cantidad y calidad del agua, facilitar el procesamiento de contaminantes y regular la temperatura y luz que ingresa a los sistemas acuáticos, reduce las probabilidades de afectar negativamente los ecosistemas río abajo (Scarsbrook et al., 2001; Sirombra y Mesa, 2010), además, de poseer reservorios genéticos de las

especies que los ocupan por el gran número de hábitats y microhábitats especiales (Granados et al., 2006).

A pesar que los lagos ofrecen una variedad de estos SE, se encuentran entre los sistemas más amenazados debido a que son sensibles a las alteraciones del régimen hídrico, a la introducción de especies invasoras y a la degradación de la calidad del agua producto de las actividades antrópicas desarrolladas en toda su cuenca hidrográfica (Carpenter et al., 1995; Hughes et al., 2014; Quirós, 2007), deteriorando el funcionamiento del ecosistema y su capacidad de resiliencia (Smith et al., 1999).



1.1 Contaminación y eutrofización en sistemas acuáticos

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, los residuos o las basuras producidas por la actividad humana, haciéndolos el vertedero habitual en el que se arrojan los residuos producidos por diversas actividades humanas, estos pueden ser Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, plásticos, residuos radiactivos, etc., todos se encuentran en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto que se vuelven peligrosas para la salud humana y dañinas para la vida (Echarri, 2007).

Uno de los mayores problemas que enfrentan los sistemas lacustres corresponde al proceso de eutrofización, el cual se define como el enriquecimiento

descontrolado de nutrientes de los cuerpos de agua de forma natural o artificial (Carpenter & Lathrop, 1999). Originalmente este fenómeno se considera como un proceso natural de envejecimiento del lago, donde se genera un aumento de productividad debido a las entradas de sedimentos desde su cuenca de drenaje, colmatando progresivamente el lago, transformándose finalmente en un ecosistema terrestre en un largo periodo de tiempo (Ryding & Rast, 1992). Sin embargo, en la actualidad se utiliza el término de “Eutrofización cultural o antrópica” para determinar la contaminación producida por la actividad humana, los cuales conducen a la eutrofización de los sistemas acuáticos en un tiempo mucho más breve (Parra, 1989). Los actuales procesos de urbanización inciden en los usos de suelo y agua, generando alteraciones a la hidrología de la cuenca. La descarga de aguas servidas es una de las causas más antiguas de eutrofización antrópica, debido que contienen una alta carga de nutrientes que puede alterar el estado trófico del cuerpo receptor (Mazzeo et al., 2002). La utilización de fertilizantes en la producción agrícola, representa una fuente importante de contaminación debido a que son productos ricos en fósforo, que por lixiviación o arrastre llega a aguas superficiales y subterráneas, generando contaminación difusa para los cuerpos de agua. La actividad forestal a través de la deforestación de coberturas naturales, genera un escurrimiento con alta carga de nutrientes, provocando un aumento en la erosión de los suelos (Hughes et al., 2014).

Este aumento de nutrientes genera efectos biológicos como el crecimiento de biomasa fitoplanctónica con la eventual aparición de especies tóxicas, reducción de la diversidad de especies y concentración de oxígeno en la columna de agua, entre otras (Carpenter et al., 1995). Esta alteración en el componente biológico tiene incidencia en la calidad de los Servicios Ecosistémicos tales como cambio en el sabor, olor y color del agua y la disminución de valor estético percibido (Smith & Schindler, 2009).

Los sistemas acuáticos pueden ser clasificados según la concentración de nutrientes en el cuerpo de agua y/o en las respuestas ecológicas frente a esta carga (Moreno et al., 2010). Esta categorización se basa en las mediciones de las concentraciones de fósforo totales, concentraciones de la clorofila y visibilidad del disco de Secchi (Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2010). Los términos de un sistema oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico (Smith et al., 1999). Definidos como:

- Lagos oligotróficos, se caracterizan por la baja presencia de nutrientes, bajos o moderados niveles de productividad biológica, transparencia del agua relativamente clara y un alto valor de los SE.
- Lagos mesotróficos, tienen un moderado nivel de productividad, claridad de agua y plantas acuáticas.
- Lagos eutróficos, presentan una alta concentración de nutrientes, alta productividad biológica, aguas turbias, pueden presentar anoxia y toxicidad y un reducido valor de los SE.

- Lagos hipereutrófico, presentan altos niveles de productividad biológica, baja transparencia de agua, con abundancia de plantas acuáticas y potencial para soportar la gran cantidad de peces tolerantes a condiciones de perturbación.

Para determinar el nivel de trofía de un cuerpo de agua y realizar comparaciones con otros sistemas, se utilizan índices del estado trófico calculados en base a diferentes criterios, entre ellos destacan a nivel internacional los propuestos por Carlson (1977), la OECD (1982), Smith et al. (1999), y a nivel nacional destaca el criterio establecido por la CONAMA (2004).



1.2 Manejo Integrado de Cuencas

Frente a las amenazas que enfrentan los sistemas lacustres, se han desarrollado diversos modelos de gestión que integran las dinámicas propias de los ecosistemas acuáticos, la conservación de los recursos hídricos y el desarrollo económico sustentable, enfocándose en la singularidad de estos ecosistemas, su variedad de usos y su importancia fundamental para las actividades antrópicas (ILEC, 2007). En este enfoque surge la Gestión Integrada de Cuenca de Lagos, de sus siglas en inglés ILBM (Integrated Lake Basin Management), el cual considera a la cuenca hidrográfica como foco principal en los procesos de gestión territorial (Aguirre, 2011). Este modelo dirige su foco en la comprensión de las

características biofísicas del ecosistema lacustre y las interrelaciones ecosistema-sociedad (Chidammodzi & Muhandiki, 2015).

La mayoría de los ecosistemas acuáticos que presentan problemas son manejados con metodologías tradicionales de control de eutrofización, que se enfocan en parte del problema y no aseguran en el tiempo un estado trófico adecuado, ya que son aplicados directamente al cuerpo de agua, no considerando la entrada de nutrientes desde la ribera producto de las actividades antrópicas de la cuenca. Por otro lado, no consideran a los responsables de la administración del recurso hídrico y partes interesadas en el manejo del lago (mundo científico, usuarios, vecinos y otros stakeholders).

Además, el enfoque fragmentado de las políticas actuales sobre recursos hídricos ha mostrado no ser eficiente para resolver los crecientes problemas de la degradación de los lagos. Es por esto, que la aplicación del Manejo de Gestión Integrado de Cuencas de Lagos ofrece una oportunidad fundamental para la sostenibilidad de los lagos, sus recursos y la mantención de la calidad de los SE que provee y sustentan las actividades productivas y turísticas que se desarrollen por las comunidades que habitan alrededor de los lagos (Sharip & Jusoh, 2010).

El ILEC establece que para lograr la mejora integral de la gobernanza de la cuenca se deben aplicar 6 pilares (Figura 1): (1) instituciones a cargo de la administración del lago, su cuenca y los recursos del sistema acuático; (2) políticas para regular el uso antrópico de la cuenca y determinar sus impactos; (3) participación de la comunidad en el manejo de la cuenca del lago y toma de

decisiones; (4) tecnología para mejorar la gestión del recurso hídrico y control de eutrofización de lago considerando sus posibilidades y limitaciones; (5) información y difusión del conocimiento científico que ayude a los interesados a comprender problemas y proteger el lago; (6) financiamiento de las actividades para generar el manejo sostenible y conservación del lago a largo plazo y, llevar a cabo las actividades mencionadas anteriormente (ILEC, 2007; RCSE & ILEC, 2014).

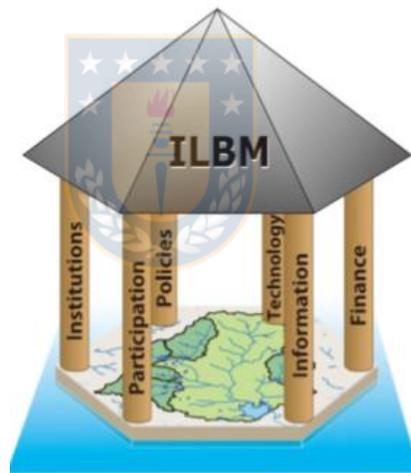


Figura 1: Pilares fundamentales de gestión Integrada de Cuencas de Lagos.
Fuente: ILEC, 2007.

El ILBM se enfoca en tres características propias de los sistemas acuáticos lenticos, que deben tenerse en cuenta en los planes de gestión (ILEC, 2007). Estas características corresponden a:

- i. Integración de la naturaleza:** Los lagos reciben contaminantes desde sus cuencas de drenaje y más allá, todas las entradas de contaminantes son difundidas en la columna de agua, por lo tanto, la naturaleza integradora de un lago significa que tanto los recursos y los problemas se comparten en todo el lago y se requieren medidas de gestión independientes de la existencia de fronteras administrativas.
- ii. Largo tiempo de retención:** Los lagos tienen la capacidad de mantener sustancias por un largo periodo de tiempo, actuando como sumideros de muchos materiales, por lo que pueden mantener grandes cantidades de contaminantes sin mostrar cambios inmediatos. Esto significa que cuando un lago se perturba, puede llevar mucho tiempo restaurarlo o rehabilitarlo y no necesariamente responden a la gestión a escala de tiempo humana. Por lo tanto, las instituciones involucradas en el manejo de la cuenca del lago deben tener un compromiso para acciones sostenidas y financiamiento a largo plazo, además, de tener un enfoque precautorio en sus políticas.
- iii. Dinámica de respuesta compleja:** Los lagos tienen una respuesta no lineal a cambios o perturbaciones, la respuesta ante la presión que afecta al lago puede no ser evidente hasta que la concentración de nutrientes sea alta y cambie su estado trófico. Se requiere la aplicación del principio de precaución e investigaciones científicas para desarrollar soluciones a estos problemas.

El trabajo que se desarrollara en este informe se encuentra ligado al pilar político que compone este manejo integrado de cuencas para lagos, debido al carácter normativo para regular la cuenca y los cuerpos de aguas que lo componen.

1.3 Legislación Ambiental en el mundo

La relativa escasez de este fluido vital y su importancia determinante para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, motivan que el agua sea uno de los principales objetivos de protección ambiental de la sociedad moderna (Zaror, 2000).

Dentro de los países con mayor tiempo legislando en esta materia se encuentra Estados Unidos, cuyo congreso, durante 1948, promulgó el Acta de Control del Agua Contaminada para “mejorar la calidad y el valor de los recursos hídricos y para establecer una política nacional para la prevención, el control y disminución de la contaminación del agua”. El acta fue enmendada en 1956 para fortalecer la aplicación de disposiciones y luego en 1965 para establecer estándares de calidad para aguas superficiales, exigibles por autoridades estatales y federales. Actualmente, los estados, las tribus y las agencias federales utilizan un enfoque doble para tratar la calidad del agua: las fuentes puntuales son controladas mediante programas de permisos, límites de efluentes, monitoreo y cumplimiento; y la integridad de los cuerpos de agua está apoyada por

estándares de calidad del agua que abordan todas las fuentes de deterioro, incluyendo la contaminación de fuentes puntuales y no puntuales (es decir, las escorrentías contaminadas), la degradación del hábitat causada por los cambios en los patrones de escorrentías y otros factores estresantes. (US EPA, 2016).

La Unión Europea (UE) y sus países miembros han introducido leyes desde los años setenta del pasado siglo, donde la primera norma de calidad ambiental fue establecida el 16 de junio de 1975 y tuvo relación con la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros (EUR –lex, 2016).

Dentro de los ejemplos latinoamericanos, la ley Aguas del Brasil fue promulgada por el Gobierno Federal en 1997 (Ley N°9433 /1997) y a partir de entonces, cada uno de los 27 estados del Brasil ha promulgado su propia ley de aguas. Esta ley ha promovido el progreso en el manejo integral de los recursos hídricos (ANA, 2002).

En Chile, durante el año 1994 se publicó en el Diario Oficial la Ley N°19.300/94 que establece las Bases Generales del Medio Ambiente (LGBMA) creándose la Comisión Nacional de Medio Ambiente, CONAMA (SMA, 2016). Con la creación de dicha ley se establecieron 7 instrumentos de gestión ambiental, que corresponden a los mecanismos legales con los que la institucionalidad ambiental cuenta para lograr sus objetivos. Ellos son: Normas de Emisión, Normas de Calidad, Planes de prevención y descontaminación ambiental, Participación

ambiental ciudadana, Fondo de protección ambiental y educación ambiental (SINIA, 2016).

1.3.1 Normas de calidad de agua en el mundo

En la actualidad en todos los países las regulaciones de control ambiental establecen límites a las descargas de residuos líquidos que son vertidos en los cuerpos de agua; además, fijan estándares de calidad de agua de acuerdo a su potencial uso. En la mayor parte de las normativas ambientales para agua, se han definido estándares de calidad para determinados usos (i.e., abastecimiento de agua, recreación, riego, vida acuática, etc.) así como la frecuencia de muestreos y las técnicas analíticas de aplicación (Rojas, 2003).

Una de las primeras leyes establecidas para la protección del recurso hídrico corresponde a la Ley de Agua Limpia de Estado Unidos (CWA, por sus siglas en inglés), cuyo cuerpo principal fue establecido en 1972 y es la pieza fundamental en la protección de la calidad de las aguas de las superficies en los Estados Unidos. Algunos estados han optado por desarrollar estándares de calidad del agua subterránea o estándares de calidad del agua que tratan específicamente a los flujos de agua. El estatuto emplea diversas herramientas regulatorias y no regulatorias para, entre otras cosas, establecer estándares de calidad de agua ambiental. Los Estándares de Calidad del Agua (WQS) tienen como propósito

traducir las metas generales de la CWA en objetivos específicos para los cuerpos de agua. Idealmente, los WQS deberían ser expresados en términos que permitan realizar una medición cuantificable. Los estados, territorios y tribus designadas, utilizando su propia autoridad, pueden adoptar estándares para otras aguas de la superficie. Aunque la CWA no requiere WQS para las aguas subterráneas, los estados, las tribus y los territorios pueden utilizar su propia autoridad para definir objetivos para las aguas subterráneas. Los usos designados, los criterios de calidad del agua y una política anti degradación y sus métodos de implementación, constituyen los tres componentes principales del Programa de Estándares de Calidad del Agua (EPA, 2016).

En las últimas décadas, la UE ha establecido una política global para garantizar la calidad del agua en Europa: en un primer momento, la salud era el principal objetivo; posteriormente, se adoptaron medidas para hacer frente al impacto medioambiental de los principales sectores consumidores de agua, como la agricultura, la industria y los hogares. El principal instrumento legislativo de la UE en este campo, la Directiva Marco sobre el Agua, Establece las normas para detener el deterioro del estado de las masas de agua de la Unión Europea y conseguir un «buen estado» de los ríos, lagos y aguas subterráneas europeos en 2015. De esta directiva surge la directiva 2008/105/CE que establece normas de calidad ambiental (NCA) relativas a la presencia en aguas superficiales de ciertas sustancias o grupos de sustancias identificadas como contaminantes prioritarios por el significativo riesgo que suponen para el medio acuático. En el

año 2013 y en el marco de la directiva 2013/39/UE esta lista de contaminantes prioritarios aumento a 45 contaminantes (Anexo 1) (Eur-lex, 2016)

Análogamente, Nueva Zelanda, el cual es un buen país como referencia para Chile, debido a la comparabilidad de la biodiversidad existente entre ambos países, se creó una guía predeterminada para sustancias toxicas en agua dulce o agua marina. En esta guía se fijan los valores umbrales para conservar el 99%, 95%, 90% y 80% de las especies que componen el cuerpo de agua, por otro lado también establece los percentiles de muestreos que se han producidos en cuerpos de agua que se encuentran en diferentes regiones climáticas del país.

Para la regulación en Chile de estos cuerpos existen las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) cuyo objetivo es conservar o preservar los ecosistemas acuáticos a través del mantenimiento o mejoramiento de la calidad de las aguas continentales y marinas, apoyando el control del impacto de contaminantes de fuentes puntuales y difusas en la calidad del agua y su impacto en los ecosistemas (MMA, 2017). Entendiendo calidad como: “La capacidad de un cuerpo de agua para soportar apropiadamente usos benéficos. Entendiendo los usos benéficos como los modos en que se utiliza el agua por humanos o vida silvestre; ya sea como bebida o hábitat” (Rojas, 2003).

1.3.2 Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)

Según la Ley N°19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, en su Artículo 2°, letra ñ), define a las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) como “Aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza” (MMA, 2017).

El objetivo de este instrumento regulatorio es conservar y/o preservar los ecosistemas acuáticos a través del mantenimiento o mejoramiento de la calidad de las aguas continentales y marinas. Las NSCA apoyan el control del impacto de contaminantes de fuentes puntuales y difusas en la calidad del agua y su impacto en los ecosistemas, se encuentra contemplada en el Plan de Acción de Humedales de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y debieran incluirse en la Gestión Integrada de Cuencas, dado su alcance territorial y social. Así, las NSCA ayudan al mantenimiento de las buenas condiciones en subcuencas con poca intervención antrópica y en aquellas de alto valor de biodiversidad, especialmente donde se encuentran especies nativas amenazadas. El enfoque ecosistémico permite asegurar la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, como el suministro permanente de agua con condiciones adecuadas de calidad, como establecen los Planes de Seguridad del Agua (PSA) de la OMS y se incrementa

el conocimiento de especies en los humedales que forman parte de estas cuencas reguladas. Actualmente las NSCA vigentes en Chile son las siguientes cuencas: Río Serrano (2010), Lago Llanquihue (2010), Lago Villarrica (2013), Río Maipo (2015) y Río Bio-Bío (2015) (MMA, 2017).

Respecto al procedimiento para la dictación de las normas de calidad, el Artículo 6° D.S N°38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente, “Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión”, señala que “comprenderá las siguientes etapas: desarrollo de estudios científicos, análisis técnico y económico, consulta a organismos competentes, públicos y privados, y análisis de las observaciones formuladas. Todas las etapas deberán tener una adecuada publicidad” (MMA, 2017)

Para la elaboración de una NSCA el MMA presenta una guía, la cual propone una orientación metodológica para ello, dentro de esta guía se menciona la realización de un “Análisis integral” de la cuenca propuesta. Este análisis debe considerar la información necesaria para elaborar el Anteproyecto de las NSCA y el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES). La información necesaria para evaluar el estado integral de la cuenca. Además del “desarrollo de estudios científicos”, según D.S. N°38/2012 MMA, se debe recopilar, ordenar y analizar toda la información disponible para la cuenca a normar.

Para el análisis integral, resulta especialmente relevante levantar información en relación con los siguientes aspectos:

- Datos físico-químicos de la cuenca
- Información biológica y ecotoxicológica
- Revisión de las estaciones de monitoreo actuales
- Datos de sedimentos
- Información geoquímica
- Información hidrométrica
- Información hidromorfológica
- Fuentes Puntuales y difusas
- Observaciones de impacto sobre la biota y personas
- Aspectos sociales y económicos
- Servicios ecosistémicos
- Información hidrogeológica
- Áreas de vigilancia
- Otros antecedentes importantes.

Estos datos deben tener un estándar mínimo de validación La pregunta principal de planificación de una norma secundaria, a plantearse durante el análisis integral de esta es si: ¿Es suficiente la información disponible para iniciar el proceso de las NSCA, o se necesitan realizar más estudios?

Esta información es indispensable ya que en base a esto se elabora un Anteproyecto de NSCA que contempla la selección de áreas de vigilancia (AVIs), Selección de parámetros a normar, Evaluación del estado ecológico actual de la cuenca o cuerpo de agua marina, la determinación de los valores umbrales de las normas, el Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) y por último la redacción del Anteproyecto.

Las AVIs y sus puntos de control se deben localizar en sectores que representen zonas distinguibles en función de su hidrodinámica, su nivel de contaminación y objetivos de conservación biológica presentes. Por otro lado, la selección de parámetros se debe realizar considerando los criterios de la información disponible, fuentes emisoras en la cuenca o cuerpo de aguas, estado trófico, impacto de los parámetros en los ecosistemas acuáticos.

En una siguiente etapa de la elaboración de las NSCA, se debe evaluar el estado actual de las especies en los ecosistemas acuáticos de la cuenca o del cuerpo de agua marina a través de tablas de clases de calidad. Los resultados en esta parte de la elaboración de normas se utilizan para la determinación de los valores umbrales de las normas y de esta manera establecer objetivos para cada parámetro y área de vigilancia para finalizar con la redacción del anteproyecto (MMA, 2017).

1.3.3 Otras normativas y compromisos ligados a cuerpos de agua en Chile

Chile ha suscrito diversos acuerdos y convenios. Uno de ellos corresponde al Decreto Supremo N°771 de 1981, donde se ratifica la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR). Asimismo, el Decreto Supremo N°1963 del Ministerio de Relaciones Exteriores, ratifica en 1994 la Convención de la Diversidad Biológica de Río de Janeiro de 1992; mientras que en 2005 se publica la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile.

En el 2017, a través del Acuerdo de París y sus compromisos respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en el contexto de las acciones para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, se advierte la necesidad fundamental de implementar medidas de resguardo de los humedales,

debido a los servicios ecosistémicos que proporcionan, tales como su estatus de sumideros de carbono y reservorios de recursos hídricos.

Por su parte, la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030, aprobada por la Comisión de Ministros para Sustentabilidad en 2018, señala en el Plan de Acción de los ámbitos temáticos Áreas Protegidas y Conservación y uso racional de los humedales, cinco objetivos estratégicos que aplican para ambas, siendo éstos: 1) Promover el uso sustentable de la biodiversidad para el bienestar humano, reduciendo las amenazas sobre el ecosistema y especies. 2) Desarrollar la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad, como base del bienestar de la población, 3) Desarrollar una institucionalidad robusta, buena gobernanza y distribución justa y equitativa de los beneficios de la biodiversidad, 4) Insertar objetivos de biodiversidad en políticas, planes y programas de los sectores públicos y privados, y 5) Proteger y restaurar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, También se refieren a la conservación y uso racional de los humedales definiendo metas para el año 2018, 2020 y 2030 (MMA, 2017).

En la Región del Bio-Bío la Estrategia Regional de Biodiversidad, aprobada el año 2003 y validada por la Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA) y Consejo Consultivo, declara como sitios prioritarios a la totalidad del Sistema Lacustre y Humedales Costeros de la intercomuna Concepción, Talcahuano y San Pedro de la Paz (CONAMA, 2003); asimismo, la Política Regional para la Conservación de la Biodiversidad de la Región del Biobío 2017-2030, aprobada

por el Consejo Regional, establece como propósito fortalecer la diversidad biológica nativa de la Región del Bio-Bío en sus diferentes niveles, esto es, ecosistemas, especies y genes, manteniendo y mejorando su estructura y funcionalidad a través de la educación y participación activa de sus habitantes y el compromiso de la institucionalidad pública y privada, de manera de garantizar el bienestar de los ecosistemas y sociedad.

Como ultima política de protección de la MMA se encuentra la Ley de Protección de Humedales Urbanos la cual busca asegurar la protección de los humedales que se encuentren total o parcialmente dentro del radio urbano, declarados por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) bajo la figura de “Humedal Urbano”, de oficio o a petición de los Municipios.

El reglamento de humedales urbanos se compone de dos secciones fundamentales; los Criterios para la sustentabilidad de humedales urbanos, que se desglosan en 4 puntos:

- Resguardar las características ecológicas y el funcionamiento de los humedales urbanos.
- Mantener el régimen hidrológico superficial y subterráneo.
- Uso racional de humedales urbanos, orientado al desarrollo sustentable y protección de estos ecosistemas.
- Gestión sustentable y gobernanza de los humedales urbanos.

1.4 Agua y los Objetivos de desarrollo sustentable

La necesidad de mantener sistemas acuáticos con buena calidad de agua para distintos usos y mantención de los SE, radica en que este es un recurso cada vez más demandado y su calidad guarda relación con varios de los objetivos del desarrollo sustentable (ODS) propuestos por la ONU como son: la reducción de la pobreza; garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible; lograr ciudades seguras, resilientes y sostenibles y; promover el uso sostenible de ecosistemas terrestres y frenar la pérdida de la biodiversidad. La Gestión de los recursos hídricos a través de sus cuencas es un foco para lograr el desarrollo sostenible, ya que es un recurso limitado e insustituible para el bienestar humano y su adecuada gestión contribuye a la mayoría de los ODS (CEPAL, 2018). Entre estos se encuentran:

- **Reducción a la pobreza (1°ODS):** La gestión sostenible de los recursos hídricos de forma integral permite la creación de empleos sustentables mediante la valorización económica de los SE ofrecidos por los ecosistemas acuáticos que le dan sustento (Araya, 2018).
- **Salud y bienestar (3° ODS):** La higiene y la mejora de la calidad del agua constituyen actuaciones imprescindibles para evitar la propagación de enfermedades infecciosas, ya sea por contacto directo como por transmisión vectorial. De esta manera se influye en el bienestar de las poblaciones, contribuyendo de forma importante al componente de la

seguridad humana relacionada con la dignidad de la persona (Hidalgo, 2016).

- **Agua limpia y saneamiento (6° ODS):** Responde a la necesidad de gestionar los recursos hídricos de forma que se cumplan condiciones de calidad de agua para consumo humano, acciones para evitar la contaminación de los cauces, además, de asegurar el aprovechamiento de SE culturales mediante estándares de salubridad (Araya, 2018).
- **Trabajo decente y crecimiento económico (8° ODS):** El agua es un factor clave, por lo que la alteración a la calidad de agua afectaría directamente a los SE culturales y provisionales afectando directamente la belleza escénica del lugar, el turismo, y calidad de los alimentos. Un buen manejo del agua ayudaría directamente a que este objetivo siga avanzando.
- **Ciudades y comunidades sostenibles (11° ODS):** Los cuerpos de agua urbanos funcionan como embalses naturales que en condiciones adecuadas permiten el abastecimiento de agua potable, actividades económicas y recreativas, por lo tanto, se deben mantener sus características para que estos sistemas mantengan su capacidad de ofrecer SE. (Araya, 2018).
- **Acción por el clima (13° ODS):** los cuerpos de agua son vulnerables a este fenómeno y representan una importante fuente de agua en un

contexto de escasez hídrica. Sin embargo, una buena gestión de estos cuerpos de agua ayudaría a la adaptación y mitigación frente al cambio climático, haciendo menos vulnerable a las poblaciones cercanas a estas.

- **Vida de los ecosistemas terrestres (15° ODS):** La sostenibilidad de los recursos terrestres solo es posible con una adecuada gestión del agua, pues, los cuerpos de agua pueden recuperar suelos, paliar sequías e inundaciones, además, de cuidar la biodiversidad e impedir la degradación de los hábitats naturales (Gamboa, 2015).
- **Alianzas para lograr los objetivos (17° ODS):** Una alianza entre los diferentes actores con relación al agua, ya sean ONG's, Gobierno, Municipalidad, Comunidad, etc. Podrán ayudar en sintonía a mejorar estos cuerpos de agua y los objetivos anteriores, de esta manera generar unidad entre estos responsables de mantener una correcta gestión del agua.

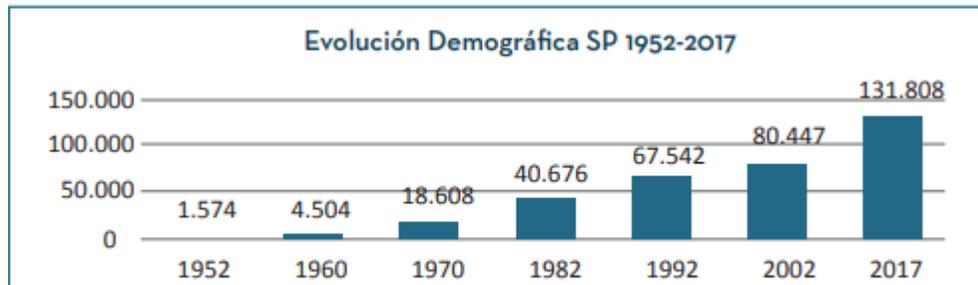
1.5 Descripción del Área y antecedentes

Desde una perspectiva hídrica, Chile posee 101 cuencas hidrográficas, encontrando 1.251 ríos y 12.784 cuerpos de agua, entre lagos y lagunas (DGA, 2016). La mayoría de los lagos y lagunas en los que se ha estudiado su condición trófica, se ubican en la zona centro sur de Chile, lo que evidencia una clara falta de información de los sistemas lacustres en las zonas donde tienen mayores presiones por sus usos. Se ha observado un gradiente latitudinal de las

condiciones tróficas entre las zonas centro-sur de Chile, Los ecosistemas lacustres ubicados entre la cuarta y octava región, presentan una condición entre mesotrófica a hipereutrófica, aumentando su calidad hacia el sur. Además, el gradiente altitudinal muestra que los sistemas acuáticos ubicados entre la Cordillera de los Andes y el Valle Central tienen un mejor estado trófico que los ubicados hacia la costa (DGA, 2014). Dentro de estas mismas cuencas hidrográficas se encuentra un catastro de alrededor de 30.000 humedales y en el inventario nacional de humedales asociados a áreas urbanas se registraron un total de 1966 humedales, de los cuales solo 16 se encuentran bajo la protección como sitio Ramsar. (MMA, 2015; Edafica, 2020)

En la Región del Bio-Bío, específicamente en la Provincia de Concepción, existe un patrimonio único en Chile debido a la riqueza de lagunas ubicadas en el área urbana del Gran Concepción, que destacan por su potente atractivo (Parra, 1989). Sin embargo, estos sistemas acuáticos han sido encerrados en el paisaje urbano de la ciudad, muchas de ellas en peligro de desaparecer por la presión del desarrollo inmobiliario y la eutrofización cultural, evidencia de esto es la pérdida de más del 40% de la superficie ocupada por humedales en la Provincia de Concepción desde 1970 al 2015 (Villagrán, 2006; Rojas, 2015; Smith, 2009), hoy la Provincia de Concepción cuenta con un total de 126 humedales de las cuales 81 pertenecen a áreas urbanas, donde San Pedro de la Paz aporta con 9 de ellos (Edafica, 2020).

Dentro de esta zona se encuentra ubicada la Comuna de San Pedro de la Paz, una de las comunas más jóvenes de la región, con poco más de 20 años de vida. Fue fundada el 29 de diciembre de 1995 abarcando una superficie de 112,5 Km² y la cual en los últimos 20 años ha duplicado su población a 131.808 Hab. (PLADECO, 2018). El clima de esta área corresponde a un templado cálido de tipo mediterráneo variando a templado húmedo, por otro lado San Pedro de la Paz presenta cuatro unidades geomorfológicas, dos de ellas denominadas “Relieves Altos” por el Plan Regulador Comunal 2011; éstas son la unidad geomorfológica de la Cordillera de Nahuelbuta y la unidad geomorfológica de las Planicies Litorales y otras dos unidades denominadas “Relieves Bajos”, estas son la unidad geomorfológica de la Llanura litoral y la terraza fluvial del Río Bio-Bío. Dentro del territorio se evidencia un uso indiscriminado del suelo para el uso forestal con un 42,3% de la superficie total de la comuna seguido con un 17,1% para el uso residencial, el sector agrícola utiliza solo el 3% de la superficie comunal y, sin embargo, destaca por la producción de hortalizas, la cual se desarrolla hace más de 50 años en la comuna (CONAF, 2015). Específicamente, en nuestra comuna existe un total de 83 horticultores con sus familias, quienes trabajan la tierra mayoritariamente en el sector de Boca Sur Viejo (Calle Daniel Belmar), seguido por las hortalizas ubicadas en el sector de Michaihue, Candelaria (rivera) y camino a Coronel (Callejón Lagunillas) (SECPLA, 2017).



(Fuente: Depto. De Evaluación y Estadísticas - Secpla, Ficha comunal 2017).

Figura 2: Evolución demográfica San Pedro de la Paz.

Esta comuna es reconocida por contar con tres lagunas: Laguna Chica, Laguna Grande y Laguna Junquillar, las que están interconectadas y las cuales por sus características ecológicas corresponden a lagos. Las Lagunas de San Pedro son parte del sistema de “Lagos Nahuelbutanos” conformado por rocas altamente meteorizadas que contienen bajos niveles de nutrientes y minerales disponibles (Cisternas, 2000 & O. Parra, 2013). También dentro del mismo interconectado se encuentra el Humedal de tipo palustre “Los Batros”, que se forma a partir de las planicies de inundación derivadas de la Laguna Grande y el Estero Los Batros, este humedal desde el año 1994 al 2016 ha disminuido su superficie de 424 Ha. a 133 Ha. (Urbancost, 2016; Ilabaca, 1994), esto, debido a las presiones por canalizaciones (colectores de aguas lluvias), rellenos de los crecientes proyectos inmobiliarios y la agricultura (Rojas et al., 2018). Además, las intervenciones realizadas en las laderas y riberas de la cuenca que se fueron desarrollando por etapas, donde la primera corresponde a la explotación de bosque nativo, en segunda el reemplazo de esta por Plantaciones de especies invasoras de alto riesgo para la provocación de incendios forestales y la etapa actual, que reemplaza estas plantaciones por la expansión inmobiliaria con un pobre control

ambiental y acompañada de la falta de instrumentos normativos territoriales que resguarden a los cuerpos de agua y otros ecosistemas. Sumado a lo anterior, desde hace muchos años estos sectores de la laguna han sido utilizados por centros recreacionales como balnearios, clubes náuticos y casas de particulares que en ocasiones aportan a la alteración y contaminación de esta área, el cual recibe desechos urbanos, contaminantes emergentes, residuos peligrosos, material particulado, etc. (O. Parra, 2013), tales alteraciones ambientales influyen en la calidad del agua, las condiciones tróficas del lago y el rendimiento dentro de la cuenca.

Varios investigadores (Cisternas et al., 1999) han informado que en 1943 el bosque nativo ocupó aprox. 70% de la superficie total de captación y que en 1994 solo cubría aproximadamente un 13% de la superficie total. En la figura 3 se puede apreciar el uso de suelo actual dentro de la cuenca, en un estudio donde se puede observar a los tres cuerpos de agua mencionados anteriormente.

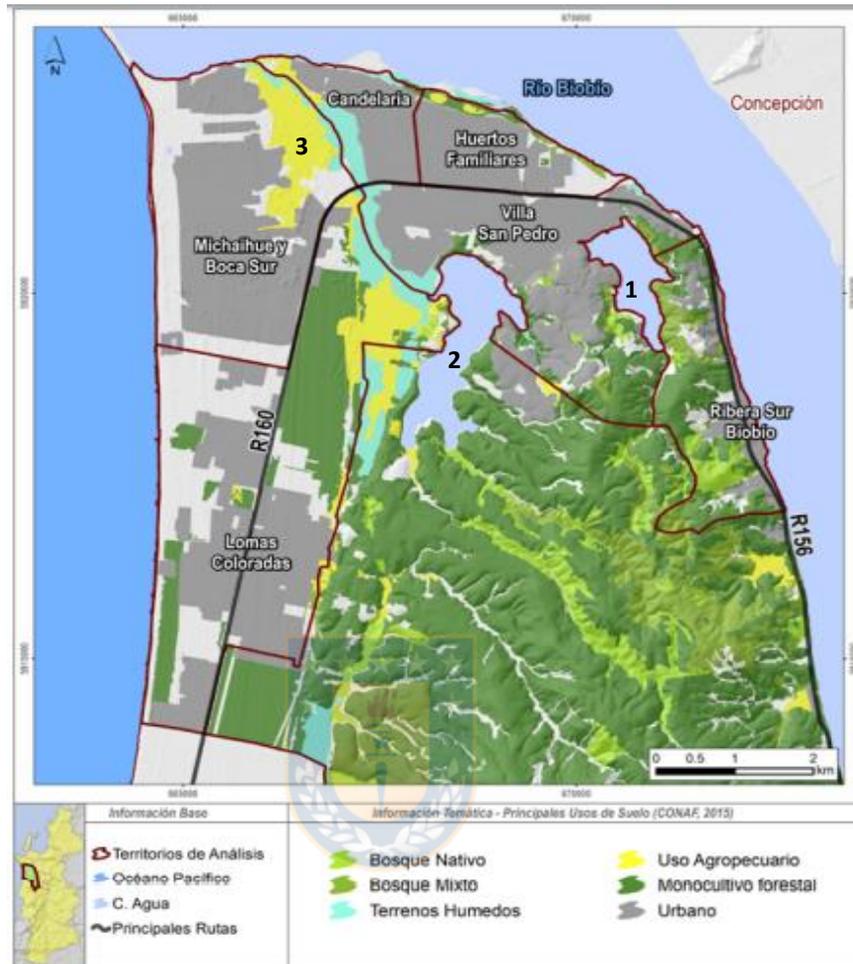


Figura 3: Usos de suelo en la Comuna de San Pedro de la Paz. Se pueden apreciar las poblaciones y villas que la componen, como también sus cuerpos de aguas: (1) Laguna Chica; (2) Laguna Grande; (3) Humedal Los Batros

Fuente: Atlas de Riesgos Naturales y Antrópicos Comuna San Pedro de la Paz, LARRS,

1.5.1 Santuario de la Naturaleza

En el año 2020 se declararon 334 Ha. del Humedal Los Batros y la Laguna Grande de San Pedro de la Paz como Santuario de la Naturaleza (figura 4), de forma que contribuya al actual Plan Nacional de Protección de los Humedales

2018 – 2022, donde se declara como sitio prioritario al Humedal Los Batros, que es el conector principal de la Laguna Grande y Laguna Chica al Río Bío-Bío.

El objetivo de esta declaratoria es proteger, conservar y preservar un patrimonio ambiental de amplia biodiversidad, que cumple con servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y soporte tales como mitigador de riesgos y/o desastres, presentar un extraordinario valor paisajístico, escénico y arqueológico-cultural, además, de constituir un espacio con potencial recreacional, científico y educativo, otorgándole un amplio valor, especialmente al encontrarse en un área urbanizada, haciéndolo extremadamente susceptible a sufrir degradación por acción humana.

Su valor ecológico en conjunto con sus SE es amplio, pues en este terreno se encuentran alrededor de 169 especies vegetacionales, de las cuales 52 son nativas y 23 endémicas, además, en términos de fauna se encuentran 98 especies de vertebrados, de estos, alrededor de 89 especies son nativas y/o endémicas, donde, destacan las aves que tienen un sitio IBAs dedicada a su conservación. La suma de esto genera redes ecológicas importantes a considerar a la hora de tomar decisiones para un futuro manejo y restauración ambiental.

En base a información recolectada se fijaron objetos de conservación como el pajonal y la Laguna Grande como filtro grueso y la Rana Chilena, Carmelita de Concepción, aves acuáticas y patrimonio arqueológico como filtro fino. Sin embargo, la Laguna Chica a pesar de compartir valores ecológicos y además ser el principal tributario de la Laguna grande y por ende, compartir una

interdependencia con los cuerpos de agua del santuario, este no fue incluido dentro del polígono de protección y de conservación sin justificación o sustento científico para la marginación de este.



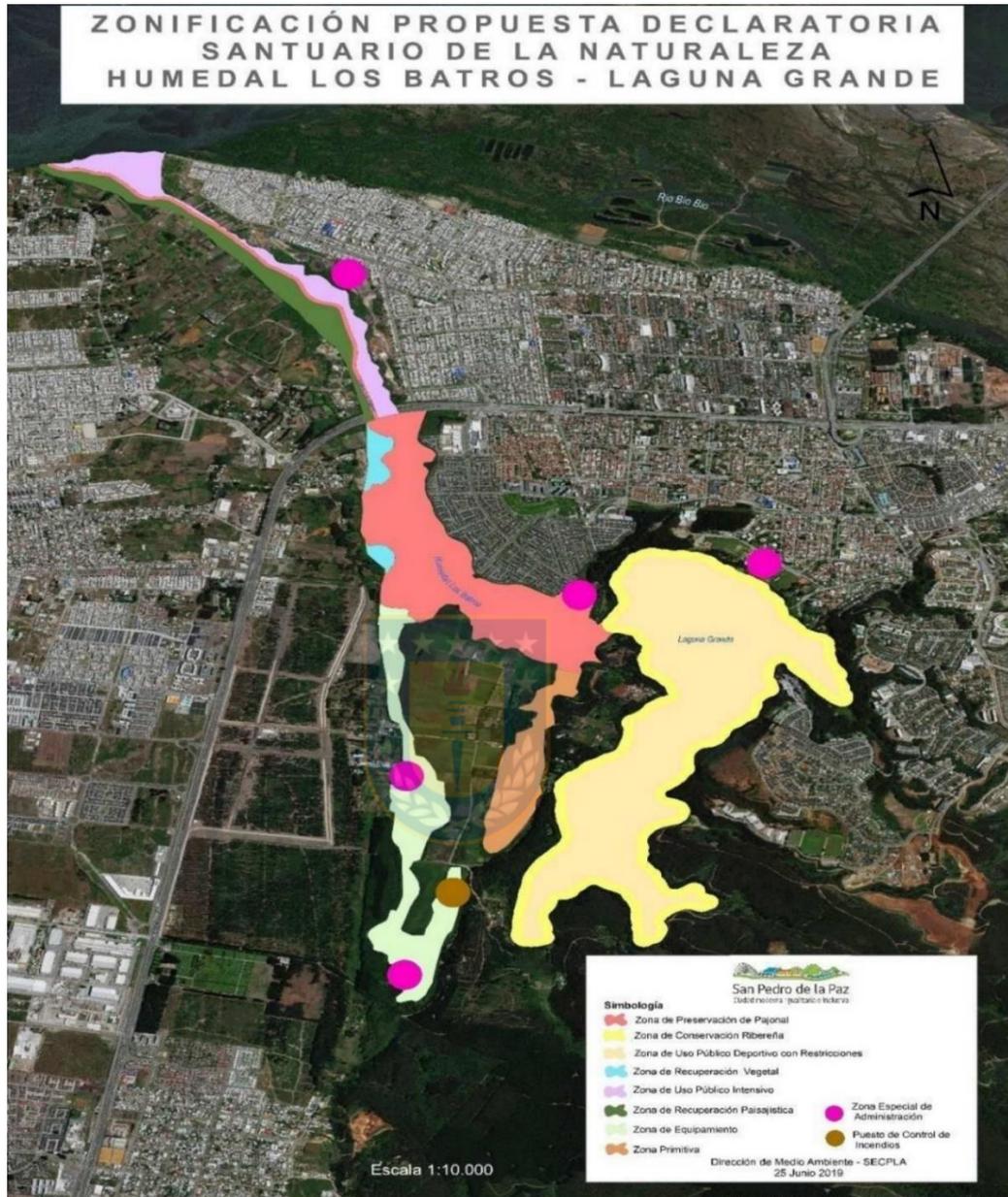


Figura 4: Propuesta declaratoria de S.N. Humedal los Batros – Laguna Grande. Donde se contempla las zonas de conservación ribereña (Amarillo); Zona de uso publico deportivo con restricciones (Laguna Grande)]; preservación de pajonales (Rojo); Recuperación vegetal (Celeste); uso público intensivo (morado); Recuperación paisajística (Verde oscuro); Zona primitiva (Naranja); zona de equipamiento (verde claro); Zona especial de administración (Rosado); Contro de incendios (Café).

Fuente: Expediente para la solicitud de declaración de Santuario de la Naturaleza Laguna Grande - Humedal Los Batros Comuna de San Pedro de la Paz

2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es suficiente la información disponible para iniciar el proceso de las NSCA, o se necesitan realizar más estudios?

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Proponer un anteproyecto de NSCA para la cuenca de la Laguna Chica, Laguna Grande y Humedal Los Batros.

3.2 Objetivos Específicos

- Revisar y resumir la base de datos históricos de calidad del agua disponible según requerimientos de la NSCA para la cuenca.
- Establecer y justificar técnicamente las áreas de vigilancia, así como también los parámetros a normar para la nueva propuesta normativa.
- Realizar los análisis respectivos que permitan definir los valores de calidad ambiental para todos los parámetros propuestos.
- Definir los objetivos ambientales de cada área de vigilancia.

4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para realizar la propuesta de norma fue la indicada en la “Guía para la Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental en Aguas Continentales y Marinas 2017”, elaborada por el Ministerio del Medio Ambiente, junto a la Agencia de Cooperación Alemana Deutsche Zusammenarbeit.

4.1 Análisis Integral

Para el análisis integral fue necesario recopilar todos los antecedentes respecto a los cuerpos de agua con los que se está trabajando, esto se hizo a través de diferentes buscadores de artículos científicos donde se logró juntar trabajos relevantes para el presente trabajo relacionados a:

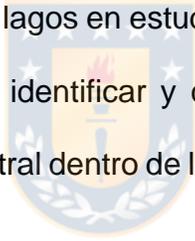
- Datos físico-químicos de la cuenca
- Revisión de las estaciones de monitoreo actuales
- Información espacial
- Ecología
- Observaciones de impacto sobre la biota y personas
- Servicios ecosistémicos
- Información biológica y ecotoxicológica
- Datos de sedimentos
- Hidromorfología
- Fuentes Puntuales y difusas
- Aspectos sociales y económicos
- Otros antecedentes

Para la obtención de la mayoría de la información se recurrió a los buscadores Scielo, Scholar Google, web of Science y diferentes portales del estado como el

MMA, DGA, Municipalidad de San Pedro de la Paz, etc.; una vez obtenida la información se procedió a ordenarla y resumirla.

Junto con lo anterior, para obtener información espacial y de actividades antrópicas en la cuenca fue necesario recurrir a la descarga de un modelo de elevación digital (DEM) y delimitar la cuenca a través del DEM con la herramienta ArcGis 10.4.1, proyectada a UTM con huso 18 y datum de referencia WGS 1984. Y analizar catastros vegetacionales de la CONAF.

Con la delimitación de la cuenca e identificada la red de drenaje se identificaron los posibles tributarios de los lagos en estudio. Esta información se complementó con salidas a terrenos para identificar y corroborar la información obtenida a través de un recorrido perimetral dentro de lo que se podía, de la laguna y cuenca.



4.2 Selección de Áreas de Vigilancia

Las áreas de vigilancia junto a los puntos de control se localizaron en base a su función y características basadas en:

- a) Ecología
- b) Datos Disponibles
- c) Hidrología
- d) Tributarios y afluentes
- e) Servicios ecosistémicos
- f) Fuentes emisoras puntuales y difusas
- g) Aspectos sociales y culturales

Estas fueron delimitadas geográficamente en el Software ArcGis 10.4.1 de acuerdo al resultado de priorización de los criterios señalados anteriormente. Todo esto, respetando las características propias de un lago al considerar su comportamiento

litoral y pelágico (Zona limnética) (figura 5), donde, las zonas litorales están más propensas a cambios de eutrofización y a las entradas y afluentes del lago y la zona pelágica a cambios en diferentes profundidades, dividiéndose en tres zonas importantes, el epilimnion, hipolimnion y el fondo, siendo la termoclina, que es el punto donde la temperatura sufre un cambio mayor a 1 °C, la que divide al epilimnion del hipolimnion.

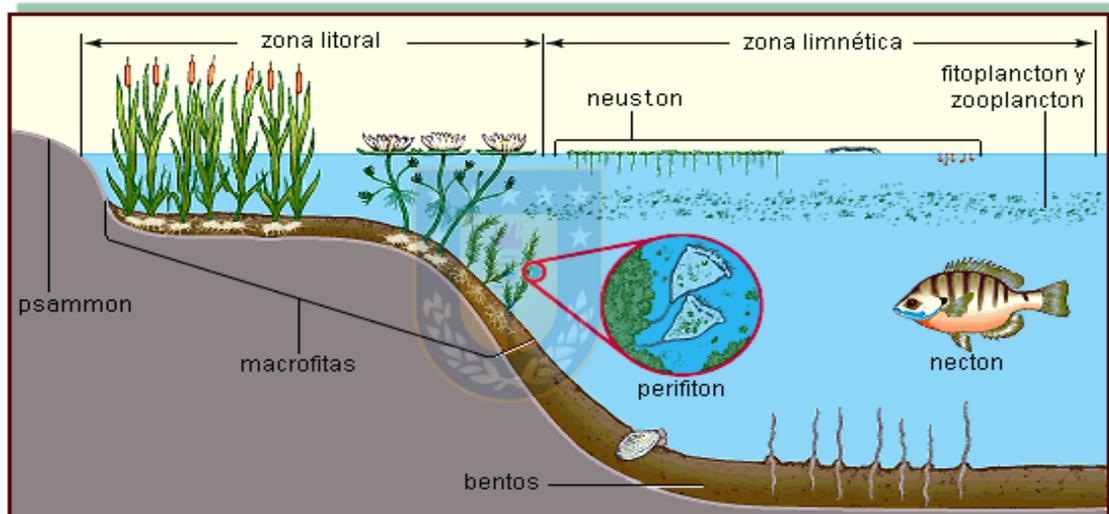


Figura 5: Clasificación ecológica, descarga de: [http:// www.jmarcano. com/ nociones/ fresh2.html](http://www.jmarcano.com/nociones/fresh2.html)

4.3 Selección de parámetros

Para la selección de parámetros se utilizaron los resultados del Análisis Integral y la experiencia internacional basada principalmente en la Guía Neozelandesa, además se consideraron criterios tales como:

- Información disponible lo más actualizada posible encontrada en plataformas digitales como la DGA y estudios científicos elaborados mayoritariamente por el centro Eula.
- Fuentes emisoras en la cuenca (puntuales, difusas)
- Impactos de parámetros en los ecosistemas acuáticos como: metales, sedimentos, contaminantes emergentes y fisicoquímicos.

4.4 Elaboración de Tablas de Clases de Calidad



Para construir las Tablas de Clases de Calidad, fue necesario preguntarse:

1. ¿Qué porcentaje de la biota se pretende conservar?, considerando el estado de conservación de cada una de las especies que componen este ecosistema
2. ¿Cuál es el estado de la biota en las diferentes condiciones físico-químicas?
3. ¿Qué significa un buen estado de la biota como variable respuesta?

En cuanto a las Tablas de Clases de Calidad, estas son una herramienta para evaluar el estado de los ecosistemas acuáticos. Para este fin, los valores de la Tabla de Clases de Calidad se deben determinar sobre la base del impacto de cada parámetro en las especies de los ecosistemas acuáticos. Estos rangos se fijan en base a la mayor cantidad posible de información biológica,

ecotoxicológica, estadística y otros antecedentes relacionados con el estado de los ecosistemas acuáticos.

Para lo anterior, se utilizó la información del Análisis Integral donde se analizaron documentos o estudios que contuvieran datos de:

- Evaluación de Riesgo Ecológico (ERE)/Bioensayos
- Índices biológicos
- Indicadores del hábitat
- Servicios ecosistémicos
- Normas y antecedentes nacionales e internacionales

En esta ocasión se siguieron normas neozelandesas como la guía predeterminada para sustancias tóxicas en agua dulce o agua marina, que fijan los valores umbrales para conservar el 99%, 95%, 90% y 80% de las especies que componen el cuerpo de agua y también se usó la guía de la CONAMA elaborada el año 2004 para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas.

4.5 Determinación de Valores Umbrales

Con las Tablas de Calidad propuestas se establecen las condiciones de excedencia de la norma y Valores Umbrales que buscan determinar el límite máximo y/o mínimo para que las mediciones que se hagan a futuro cumplan con la norma. Estos valores fueron elegidos con fines de entregar la condición óptima

para poder conservar a los peces más sensibles junto a los Servicios Ecosistémicos que brindan estos cuerpos de agua. Además, algunos se fijaron en base a datos históricos de las lagunas y humedal, también se fijó la conductividad en base a la condición climática en la que se ve envuelta la cuenca. En este punto también se fijan los objetivos para cada clase de calidad asignada en las tablas, donde si en algún caso la condición se encuentra dentro de una clase no aceptable en términos ecosistémicos, se deben buscar medidas y/u opciones que permitan recuperar a esta variable a un nivel de clase que permita estar dentro del umbral de la norma y en un valor que proteja los ecosistemas acuáticos adecuadamente.



4.6 Programa de vigilancia

Con las tareas elaboradas anteriormente y en conjunto con información bibliográfica se definió la periodicidad y metodología con la que se muestrearán las diferentes variables y áreas de vigilancia que se delimitaron. Además, se seleccionaron los puntos de muestreo en base a los puntos que se encuentran vigentes para la DGA, los afluentes existentes, pendiente de la cuenca, desagües y fuentes de emisión difusas y puntuales.

Esta información fue escogida de forma que se pudiera cumplir con el mínimo de datos para poder definir el nivel de clase a la que pertenece la variable medida.

En cuanto a las metodologías, estas se definieron en base a lo que pide la normativa chilena NCh411/1, NCh411/2, NCh411/3 y NCh411/4.

En conjunto a esta tarea es importante reconocer a los organismos estatales y a los actores principales que tengan un principal interés en colaborar con la protección de estos cuerpos de agua.

5 RESULTADOS

5.1 Delimitación de la cuenca y parámetros morfológicos

Esta subcuenca en estudio que desemboca en la Cuenca del Río Bío-Bío, se encuentra inmersa en la zona urbana de la Comuna de San Pedro de la Paz, con una superficie total de 33,79 Km². Dentro de esta subcuenca se pueden encontrar otras dos subcuencas que desembocan en la Laguna Chica (5,14 km²) y Laguna Grande (13,01 km²) (Figura 6).

En la Tabla N°1 se pueden encontrar las características morfológicas de las Subcuencas y Cuerpos de Agua.

Tabla 1: Parámetros morfológicos de la subcuenca del Humedal Los Batros, Laguna Grande y Laguna chica (S.I.= Sin información).

| Características del hábitat | Humedal los Batros | Laguna Grande | Laguna Chica |
|-----------------------------|--------------------|---------------|--------------|
| Volumen (m ³) | S.I | 12.902.877 | 8.694.821 |
| Profundidad máx. (m) | 0,352 | 13 | 18 |
| Área (Ha) | 505 Ha. | 156 | 82 |
| Área Cuenca (Ha) | 3379 | 1301 | 514 |
| % Bosque Nativo | 4% | 9% | 4% |
| % Bosque Mixto | 7% | 8% | 19% |
| % Matorrales y pradera | 4% | 8% | 4% |
| % Plantaciones | 36% | 57% | 47% |
| %Urbanizada | 30% | 9% | 9% |

Fuente: Elaboración propia en base a información histórica. (Parra et al, 2003); (CONAF, 2015).

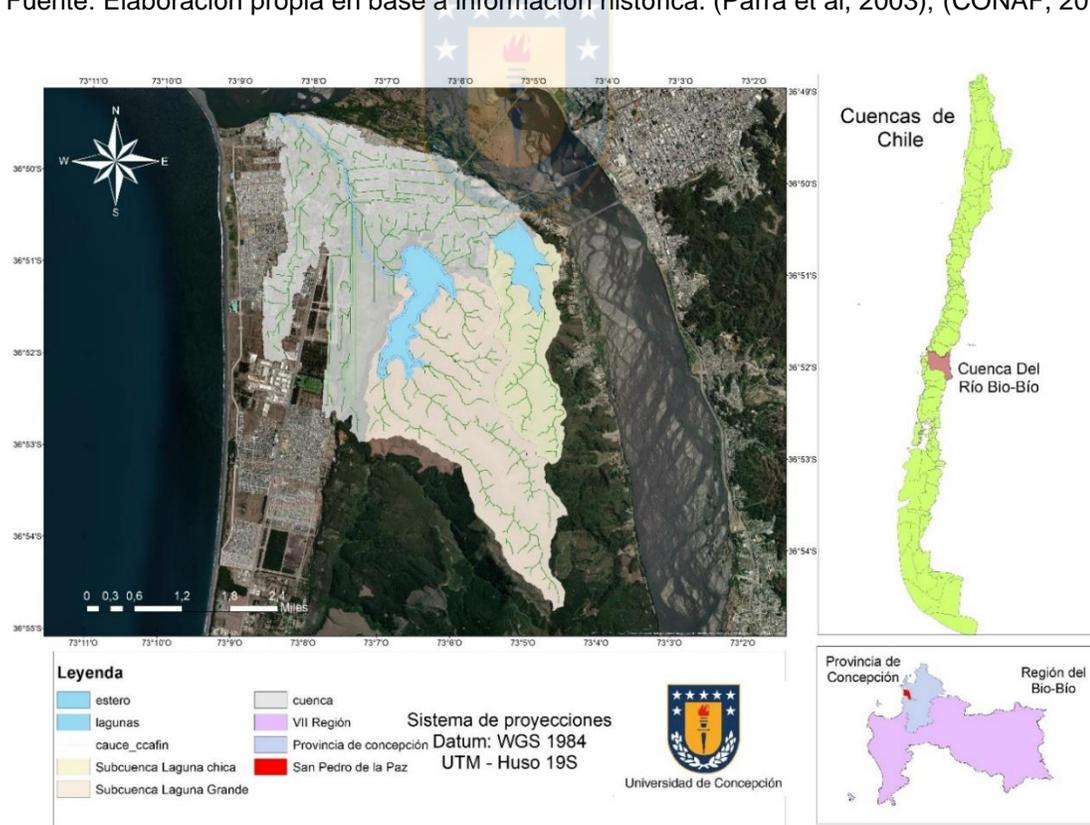


Figura 6: Delimitación Cuenca Humedal Los Batros, Subcuenca Laguna Grande, y Subcuenca Laguna Chica. (Fuente: Elaboración Propia)

5.2 Análisis integral

5.2.1 Servicios Ecosistémicos

A fines de la década de los noventa, Daily (1997) plantea a los servicios ecosistémicos (SE) como las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman, sostienen y nutren la vida humana. De forma más reciente, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA), los define como “los beneficios que obtenemos los seres humanos directa o indirectamente de los ecosistemas” (MEA, 2005), clasificándolos en tres grupos: provisión (agua, alimentos), regulación (control de desastres, control de la contaminación, regulación del clima) y culturales (recreación, espiritual, bellezas escénicas).



Sin embargo, estos servicios han estado siempre a disposición del ser humano, sin un reconocimiento “consciente o inconsciente de ellos” (Constanza, 1997). Un enfoque económico ligado exclusivamente a los SE aún no ha sido puesto en marcha completamente, producto de la ausencia de un mercado formal, en el cuál, el valor real de estos servicios pueda ser estimado (Zamorano, 2016).

En un estudio elaborado el año 2016, se evaluó la percepción científica de los SE del Humedal Los Batros, con fines que sirvan de apoyo en la toma de decisiones, dentro de los resultados de este estudio (Figura 7) se encontró que de los 17 SE que se identificaron los de mayor valor corresponden a los servicios culturales que este provee, seguido por los de regulación.

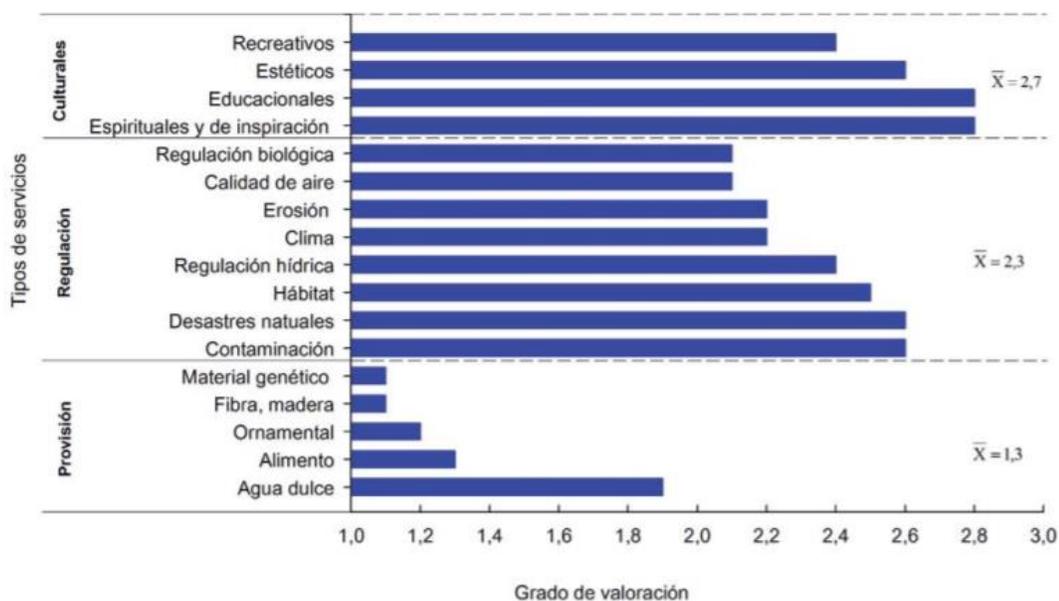


Figura 7: Valoración de los SE del Humedal Los Batros por expertos.
(Fuente: Urbancost, 2016).

De manera más específica, los subservicios (Figura 8) que mayor valoración tuvieron corresponden a los SE culturales y regulatorios, donde destacan la Actividad científica, la educación formal y no formal, sentimientos y emociones, el control de inundaciones y la recarga y descarga de aguas subterráneas.

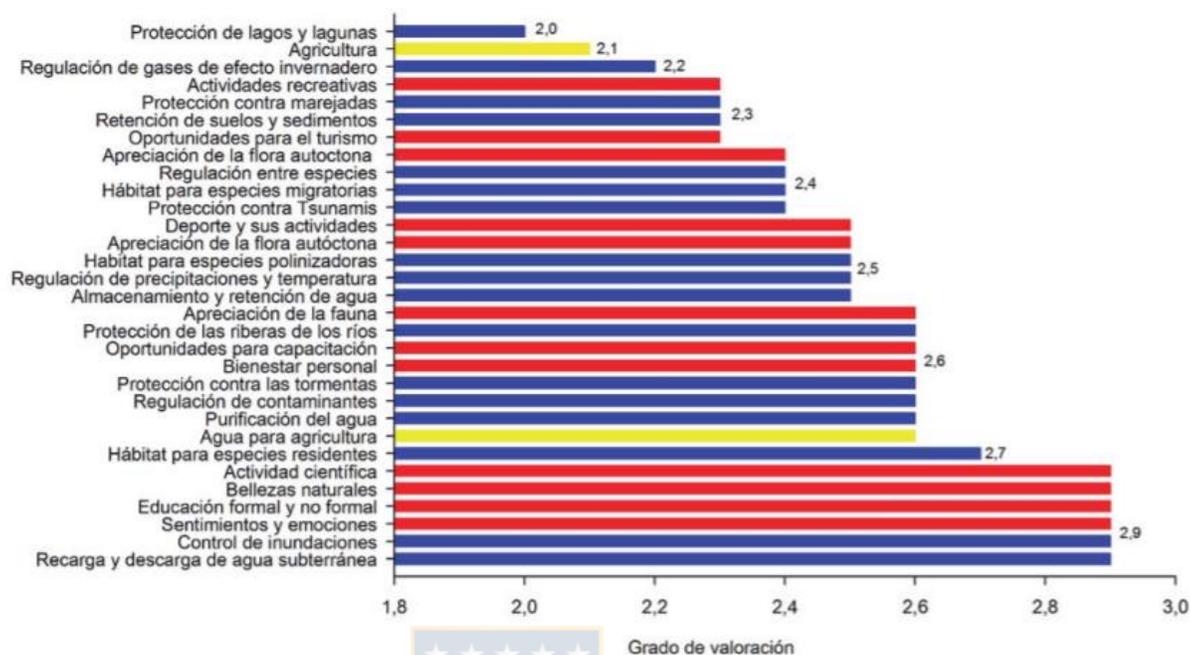
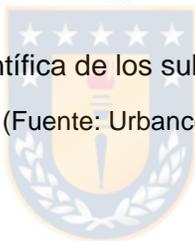


Figura 8: Valoración científica de los subservicios del Humedal los Batros.

(Fuente: Urbancost, 2016).



5.2.2 Uso de suelo y actividades antrópicas en la Cuenca

Hacia principios de la década del noventa, la Cuenca de la Laguna grande se encontraba mayoritariamente cubierta por plantaciones forestales (62%), distribuido principalmente a los pies de la cordillera de la costa en el caso de las plantaciones, por el lado de la cabecera y quebradas se encontraban los bosques (14%). En el año 2016 la cobertura de plantaciones siguió dominando, pero con una proporción menor (47%) y la cobertura de bosques se vio reducida (11%) y aumentó la participación de otras coberturas como la urbana (14,3%) y matorral (5,12%), Este cambio en la mayoría del uso de suelo se puede evidenciar en la

figura 10 que muestra la evolución de la cuenca de drenaje correspondiente a la Laguna Grande.

En momentos la mayor expansión del uso de suelo la dominaban las plantaciones forestales, hoy se vive un proceso de reemplazo de estas plantaciones forestales por la urbanización que es lo que va creciendo desde el año 1987 como se puede apreciar en la figura 9. El 90% del incremento de esta cobertura cambió desde áreas que estaban destinadas a plantaciones forestales y el 9,7% ocupando áreas sin vegetación. Por su parte la cobertura de Bosque registró una pérdida de más de un 30% de su superficie para el año 2016, siendo reemplazadas por plantaciones forestales. Según Cisternas (1999), la Cuenca de la Laguna Chica ha sido impactada en los últimos cincuenta años (1943-1994), por el cambio de uso del suelo y el aumento de las tasas de erosión. Esto significa que solo el 9% de la superficie total de la cuenca quedó sin intervención.

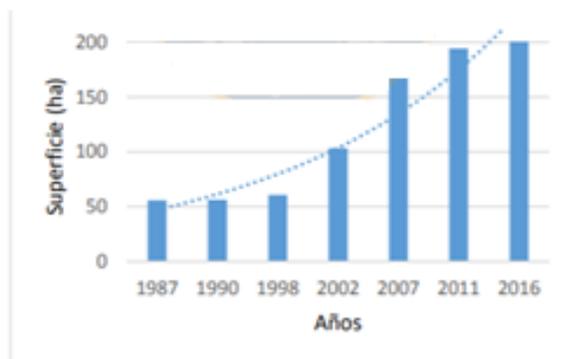


Figura 9: Expansión de la superficie urbana desde el año 1987 al 2016. (Fuente: Rojas, 2018)

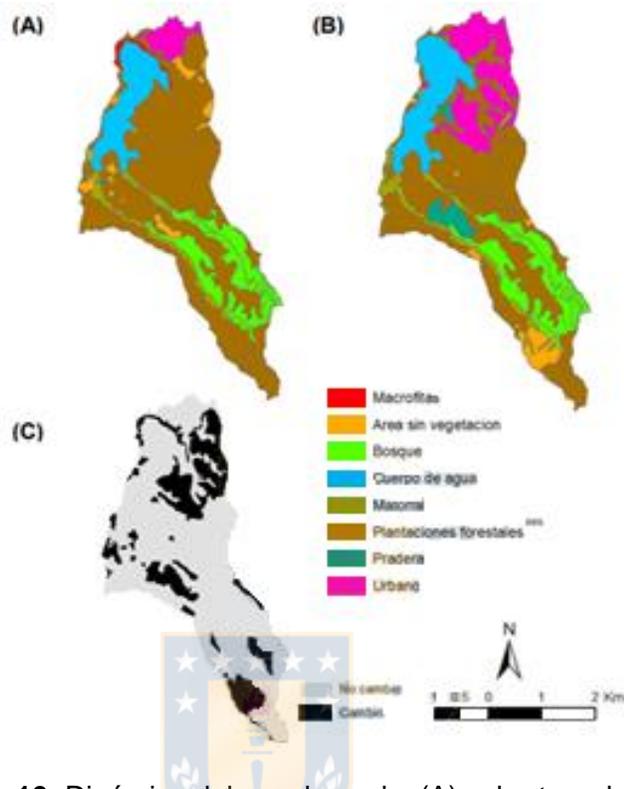


Figura 10: Dinámica del uso de suelo: (A) cobertura de suelo año 1987, (B) cobertura de suelo año 2016 y (C) detección de los cambios. (Fuente: Rojas, 2018)

5.2.3 Clima

La Comuna de San Pedro de la Paz se caracteriza por un clima templado cálido de tipo mediterráneo, variando hacia un templado húmedo de latitudes más australes, con estación seca y húmeda similares, determinadas por el comportamiento del sistema anticlinal del pacífico y subantártico. En su escasa amplitud térmica se evidencia la influencia marítima de los distintos cuerpos de agua presentes en la zona (INFODEP,2016). Los principales parámetros climáticos de temperatura entre el año 2010 - 2019, son:

- Temperatura media anual = 12°C
- Temperatura media del mes más cálido, enero, = 17,17°C
- Temperatura media del mes más frío, julio, = 8,74°C
- Temperatura extrema máxima = 34,2°C
- Temperatura extrema mínima = - 4,2°C
- Amplitud térmica media anual = 7,6°C
- Amplitud térmica extrema anual = 30°C

La escasa amplitud térmica media pone de manifiesto la marcada influencia marítima de esta variedad climática costera, que, en el caso de esta comuna, se acentúa un poco más por la presencia de varios cuerpos de agua importantes, como son el Río Bío-Bío, la Laguna Grande y Chica de San Pedro, las vegas y humedales del estero Los Batros y la Laguna La Posada un poco más al sur oriente.

En cuanto a las precipitaciones, éstas se distribuyen durante todo el año, con un total anual de 932 mm de agua caída, lejos de lo que llovió durante el periodo 2000-2009 donde anualmente llovía alrededor de 1.235 mm. Esta cantidad se distribuye muy desigualmente a lo largo del año. En verano (diciembre, enero, febrero y marzo) el agua caída en conjunto no supera el 10% anual, mientras que el 90% restante se concentra entre los meses de abril a noviembre.

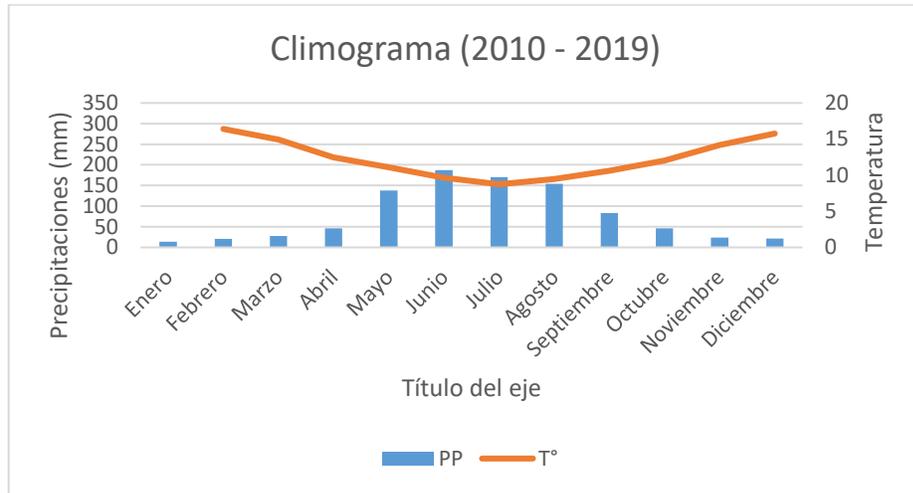


Figura 11: Climograma para la temporada 2010 -2019.
(Fuente: Elaboración Propia con información extraída del Cr2).

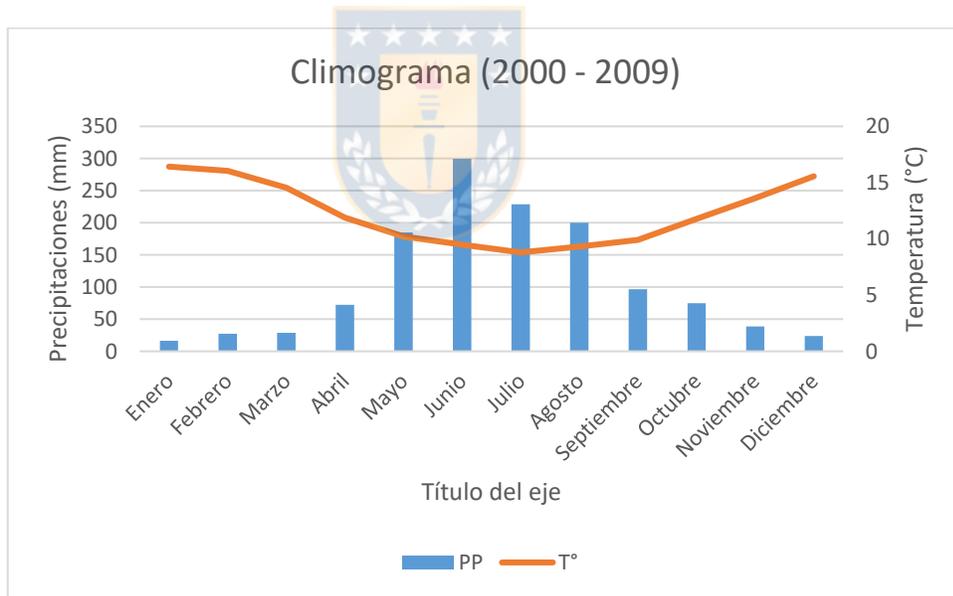


Figura 12: Climograma para la temporada 2000 -2009.
(Fuente: Elaboración propia con información extraída desde el Cr2).

Como se observa en los gráficos anteriores se logra observar que los meses más secos son desde noviembre a marzo y la temporada más fría comienza desde abril a octubre. Se logra apreciar también una alta disminución de las

precipitaciones en la temporada 2010-2019 en comparación a la temporada 2000-2009, lo que influye y repercute directamente al Humedal los Batros y a los niveles de agua de la Laguna Grande y Laguna Chica.

La Cordillera de Nahuelbuta hace las veces de barrera climática influyendo en las condiciones de humedad, neblina y precipitaciones a nivel local, siendo la vertiente occidental la más afectada por estas condiciones climáticas.

La humedad relativa es alta, con un promedio anual de 81 %. Los valores más bajos se alcanzan en los meses de verano con 74 y 75 %. Debido a la presencia de los cuerpos de agua ya señalados, todo el territorio comunal está afectados por abundante humedad y nieblas locales, que se concentran de preferencia en las mañanas y finales de la tarde.



5.2.4 Geología e Hidrología

El Humedal Los Batros se desarrolla sobre sedimentos, ubicados en la Zona Costera, la procedencia de estos sedimentos es andina – probablemente del Volcán Antuco – y son el resultado de intensas erupciones volcánicas y posterior desarrollo de procesos de transporte y deposición fluvio-marina cuaternaria. Estos sedimentos están formados por arena basáltica: vidrio volcánico y en menor frecuencia granos de cuarzo, (Ilabaca, 1989; Biró-Bagócsky & Sánchez, 1993). También se distingue una unidad litológica reciente (cuaternario – holoceno), desarrollada en ambos lados del Estero Los Batros y en sectores mal drenados, correspondiente a fango y turba (Limo, arcilla y MO) de escasa

~ 47 ~

compactación, son considerados de una mala calidad debido a su alta susceptibilidad a la licuefacción (Cisterna, 1999). En esta zona del Estero Los Batros se alimenta de la Laguna Grande, el arroyo de Lomas Coloradas y los colectores de aguas lluvia de la Villa San Pedro teniendo como salida hacia el Rio Biobío. Es también en esta zona donde se encuentran dunas que hasta al menos en los años 70's eran extensas y con alturas de hasta 30m. Martínez (2016) reconoció dos tipos de dunas en el área, las paleodunas o dunas antiguas y las antedunas o dunas primarias vegetadas. Las dunas antiguas presentan una altura de hasta 13m. y se encuentran en parte estabilizadas por docas (*Carpobrotus aequilaterus*), estas unidades y en al menos Boca Sur han sido utilizadas por la población como zona segura en caso de tsunamis, siendo una de las áreas con mayor degradación ambiental; las antedunas por su lado se encargan de estabilizar la playa a través de la vegetación que en esta se encuentra, en este caso son *Ambrosia Chamissonis*, *Carpobrotus Aequilaterus*, *Nolana Paradoxa* y *Dichondra Sericea* (Martínez, 2016).

Las Lagunas Chica y Grande se originan a partir del taponamiento de antiguas bahías, ocasionado por las arenas en la zona norte, al pie de la Cordillera de Nahuelbuta. El vaciamiento de sus aguas y posterior reemplazo con las de vertientes, las volvieron dulce (Quezada, 2000). La vertiente cordillerana donde se emplazan las cuencas lacustres está conformada por rocas cristalinas y metamórficas, la cual está compuesta por rocas como filitas micáceas, micacitas y cuarcitas micáceas (Veryl, 1961). En este basamento se destaca la filita de

color gris medio, que es de fácil alteración a través de sus planos de foliación y cuando se meteoriza se manifiesta en la descomposición de magnetita, hematita y limonita (Galli, 1967).

Desde el punto de vista tectónico, el rasgo más destacado es la foliación de la Serie metamórfica Occidental, la que está asociada a un proceso de metamorfismo-deformación y fallamientos en bloque, de edad Postmiocénica; deformaciones que se relacionan con el alzamiento de la Cordillera de Nahuelbuta. Dichas fracturas, son fundamentales para comprender tanto el trazado geométrico de la red hidrográfica, como la morfología y la batimetría de las cuencas lacustres. Esta influencia es clara en la Laguna Grande de San Pedro, cuyo sistema léntico ocupa un valle de línea de falla. También tiene incidencia en el flujo de agua subterránea que alimenta los sistemas lacustres (Parra et al., 2003).

En cuanto a la hidrología de estos cuerpos de aguas es importante mencionar que la Laguna Chica es la que alimenta a la Laguna Grande y esta es el principal aportante al Humedal Los Batros, Las aguas que alimentan a los lagos están formadas por cuencas exorreicas que tienen drenes de orden 3, también se ve una morfología con altas pendientes y quebradas lo cual genera altos caudales en distintas zonas de la cuenca (O. Parra et al., 2002). Es importante la conservación de estos drenes ya que no son muchos los brazos que alimentan a estas lagunas y cuerpos de agua, muchos de estos brazos incluso ya han sido fragmentados debido a la presión inmobiliaria, es importante considerar la tasa

de renovación para cada una de estos lagos, donde para la Laguna Grande es de 24 meses y para la Laguna Chica es de 18 meses (Parra, 1989, como se citó en Cisternas, 2000).

En invierno las aguas lluvias anegan los terrenos aledaños y el estero, inundando parte de su lecho. En cambio, en verano, el escurrimiento es casi nulo y sólo se mantiene un alto nivel freático, que permite la presencia de pajonales y vegas. A consecuencias del fuerte embancamiento del lecho del Estero Los Batros, por la consolidación de una cubierta vegetal de plantas subacuáticas, turbas y barros; el estado actual del drenaje y desagüe de la Laguna Grande funciona con deficiencia. Este embancamiento paulatino del corredor de desagüe dificulta la normal renovación de la masa de agua de la laguna, que llega a ser nula en los meses de verano, acentuando su grado de eutrofización (SECPLA, 2014).

Todos los afluentes de la Laguna Grande son de suma importancia para su conservación y funcionamiento. Existen, según Parra (1989) y el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Talcahuano, San Pedro de La Paz y Chiguayante, VIII Región (DOH, 2002) once afluentes descritos en la Figura 13. Cabe destacar que los colectores El Venado y Aitué no poseen flujo base, lo que no quiere decir que sus cuencas no lo produzcan, si no que este tipo de aporte no logra entrar a los colectores, por lo que debe fluir paralelo a éstos en forma subterránea. Además, las tres quebradas identificadas aportan el 63% de la superficie de drenaje total de la Laguna Grande (Leal, 2015)

La explotación forestal de las plantaciones de bosque de pinos y eucaliptos en el entorno de la Laguna Grande incide en la contaminación del cuerpo acuático con palos, ramas y troncos, desechos arrastrados por la pendiente por las aguas lluvias. La erosión que ello implica se caracteriza por el acarreo de sedimentos que terminan siendo depositado en el cuerpo acuático (Cruces, 2001).



Figura 13: Afluentes de Laguna Grande San Pedro de la Paz. PM1= Colector Las Encinas (conexión con Laguna Chica), PM2= Quebrada Andalue, PM3= Quebrada Nahuelbuta, PM4= Estero Aitué, PM5= Estero venado 1, PM6= Estero venado 2, PM7= Quebrada 7, PM8= Quebrada 8, PM9= Quebrada 9, PM10= Colector el venado, PM11= Colector Aitué. (Fuente: Leal, 2015).

Condición hidrodinámica

Para la Laguna Grande durante muestreos en el 2009 se pudo notar que su hidrodinámica monomítica se estratificaba desde la primavera al verano y en

otoño e invierno estas procedían a mezclarse (DGA, 2009), en cambio, durante los años 2014 y 2016 tras dudosos estudios se observó que durante las cuatro estaciones del año se encontraban en un estado amíctico, esto quiere decir que sus aguas no se mezclan y por ende tampoco sus nutrientes ni los contaminantes que puedan ingresar a ella (DGA, 2018). Por el lado de la Laguna Chica se logró evidenciar una hidrodinámica monomíctica que al igual que la Laguna Grande en el año 2009 se mezcla en el mes de otoño.

5.2.5 Sedimentación

Los sedimentos son partículas procedentes de rocas o suelos que son transportadas por las aguas o el viento, los que son finalmente depositados en lagos o lagunas, el mar o partes bajas de la cuenca. Se les considera un tipo de contaminante, al existir un exceso de estos, producidos por una alteración del proceso de erosión, se convierten en el más extenso agente contaminante en aguas superficiales (Rojas, 2018).

Las tasas de sedimentación para la Laguna Grande el año 2014 fue de 51,88 mg cm⁻² año⁻¹, este muestreo que se elaboró durante el año 2014 entrego un promedio de sedimentación de 57,13 mg cm⁻² año⁻¹, en la figura 14 se puede apreciar estas tasas de sedimentación durante el periodo 1910 -2014. Estos resultados están estrechamente relacionados a los cambios de suelo que se han producido en la cuenca de las lagunas, especialmente tras el cambio de usos de suelo de las plantaciones forestales a urbanas, donde, la remoción de vegetación

implicada en las actividades forestales, generan un incremento de los nutrientes y sedimentos en suspensión en el escurrimiento hacia los cuerpos de agua (Heathwait et al., 1990). Junto con ello, el uso de maquinaria pesada y las técnicas de raleo y arrastre de troncos asociada a estas actividades, pudo haber provocado, además, el arrastre de grandes cantidades de sedimentos, llevando consigo minerales y nutrientes (Cruces et al., 2001). Asimismo, este autor indica que, tanto las actividades forestales como la de urbanización han dejado las riveras de esta laguna sin ninguna protección, contribuyendo al deslizamiento de tierras y facilitando la entrada de contaminantes.



| Profundidad del sedimento (cm) | Datación (años) | Tasa de sedimentación (mg cm ⁻² año ⁻¹) |
|--------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|
| 1 | 2014 | 51,88 |
| 2 | 2011 | 59,46 |
| 3 | 2008 | 56,05 |
| 4 | 2005 | 58,59 |
| 5 | 2001 | 68,04 |
| 6 | 1998 | 58,65 |
| 7 | 1994 | 63,54 |
| 8 | 1990 | 61,25 |
| 9 | 1987 | 55,34 |
| 10 | 1983 | 60,78 |
| 11 | 1979 | 59,09 |
| 12 | 1974 | 64,78 |
| 13 | 1970 | 60,45 |
| 14 | 1965 | 62,81 |
| 15 | 1960 | 55,27 |
| 16 | 1955 | 57,43 |
| 17 | 1950 | 56,47 |
| 18 | 1945 | 59,46 |
| 19 | 1940 | 54,00 |
| 20 | 1934 | 53,06 |
| 21 | 1929 | 52,39 |
| 22 | 1923 | 49,79 |
| 23 | 1916 | 47,16 |
| 24 | 1910 | 45,39 |

Figura 14: Geocronología y tasa de sedimentación para la Laguna Grande de San Pedro.

En un estudio elaborado el año 1997, se generó una Comparación ambiental mediante registros sedimentarios, entre las condiciones prehispánicas y actuales de la Laguna Grande y Laguna Chica. En la Figuras 15 y 16, se ven los resultados polínicos donde se evidencia la desaparición casi completa de la vegetación

nativa y donde se reconoce la desaparición de dos familias vegetales (*Compositae* y *Umbelliferae*), siendo reemplazada específicamente por monocultivos forestales de *Pinus radiata*. (Cisterna, 2000).

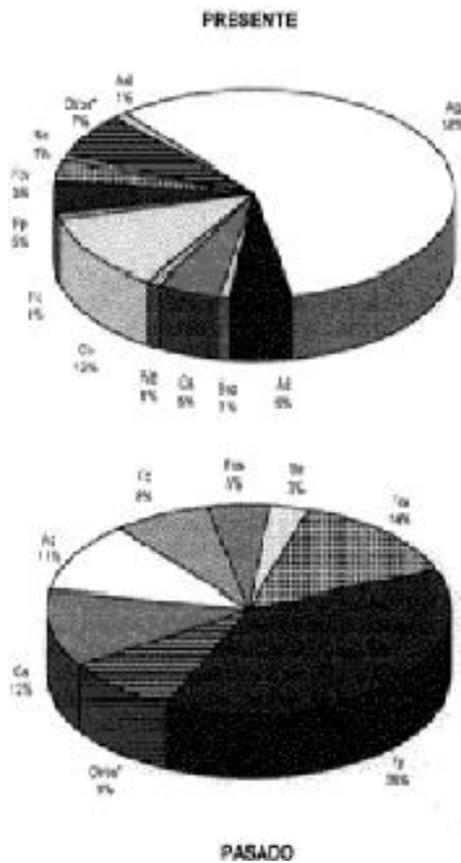


Figura 15: Composición taxonómica de las diatomeas, bajo condiciones prehispánicas y actuales en Laguna Grande

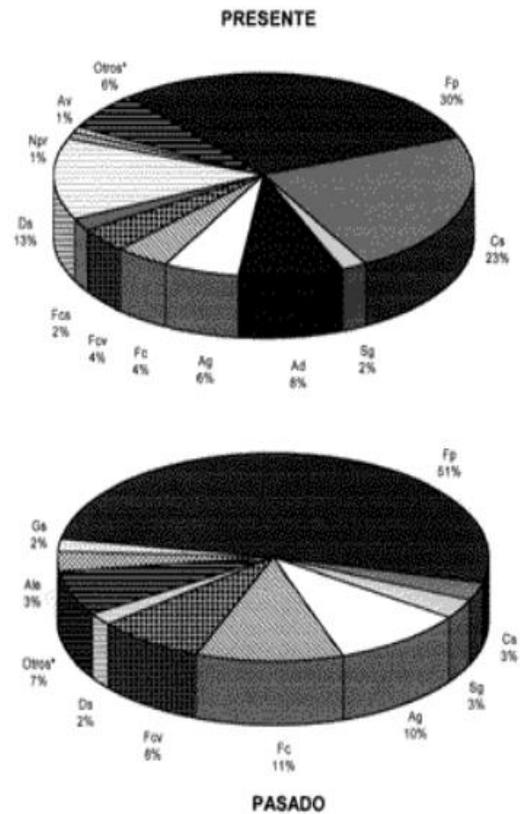


Figura 16: Composición taxonómica del polen y esporas, bajo condiciones prehispánicas y actuales en Laguna Grande.

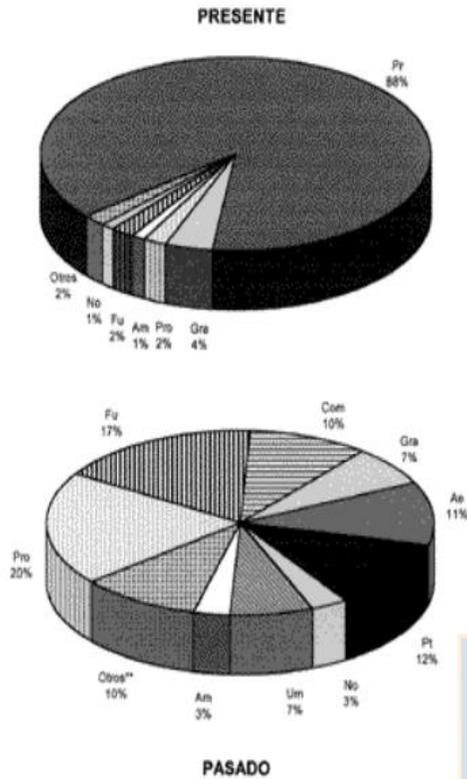


Figura 18: Composición taxonómica de las diatomeas, bajo condiciones prehispánicas y actuales en Laguna Chica

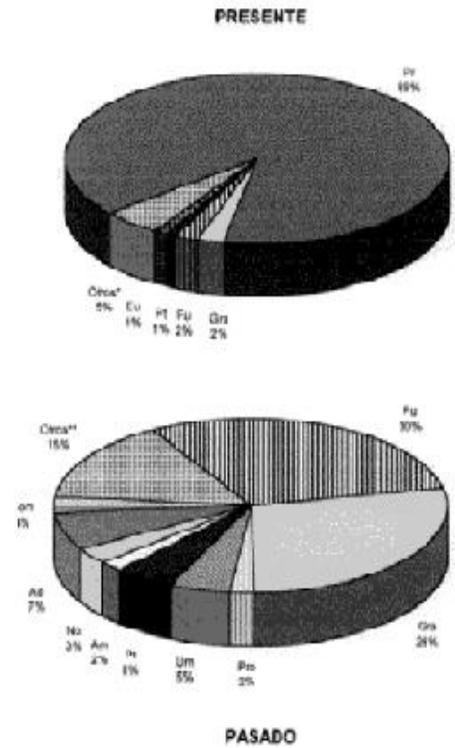


Figura 17: Composición taxonómica del polen y esporas, bajo condiciones prehispánicas y actuales en Laguna Chica.

Las diatomeas, sensibles a los cambios tróficos (Lami et al., 1986; Whitmore, 1989; Anderson et al., 1993), evidencian una drástica evolución entre las condiciones pasadas y presentes de ambos lagos. El género *Fragilaria*, indicador de aguas oligotróficas a mesotróficas (Rivera 1974, Parra 1989), predominaba en el pasado de ambas lagunas, sin embargo, en la Laguna Grande, esta ha sido reemplazada por *A. granulata*, presente en lagos oligotróficos (Campos et al., 1992), como eutróficos (O. Parra, 1989). Las especies codominantes, en ambos lagos, han sido reemplazadas por taxa (*C. operculata*, *D. subovalis*) que se observan generalmente asociadas a sistemas eutrofizados (Rivera, 1973).

En los dos lagos hay evolución desde bentónicas, bajo condiciones prehispánicas, a planctónicas en la actualidad. Las primeras son bioindicadores de cuerpos acuáticos con una alta transparencia, e inversamente, las especies planctónicas lo hacen con aguas ricas en materiales suspendidos, por tanto, en ambos lagos cuentan con más turbidez (Cisternas, 2000). En la Laguna Grande el reemplazo de las diatomeas oligotróficas se relaciona positivamente con las variaciones del P en los sedimentos (Schindler, 1974).

5.2.6 Comunidades Fitoplanctónicas

Estudios previos sobre el fitoplancton de estos lagos corresponden a los de Parra et al., (1976, 1980, 1981, 1982, 1983, 1989) y Dellarossa & Parra (1985). Estos estudios han permitido también comparar temporalmente las comunidades fitoplanctónicas.

El estudio de Parra et al., (1999) indica que se han detectado importantes cambios en la composición específica y abundancias relativas de las especies. Estos cambios se han reflejado mayormente, en el grupo de las algas verdes o *Chlorophyceae*, y dentro de éste, particularmente en las *Desmidiaceae*, grupo muy sensible a cambios de condiciones ambientales, especialmente aquellos asociados a contaminación orgánica y eutroficación.

Ambos lagos han presentado “blooms” por la especie del género *Microcystis*. Hasta el momento desde que se controlaran las aguas servidas el año 1992 y 1993 esta situación de blooms ha disminuido.

Por otro lado, a través de un informe elaborado por la DGA en base a muestreos del año 2014 se logró corroborar que las taxas más frecuentes a lo largo del año fueron dos *Cyanophyceae* (*Microcystis eleachista* y *Gomphosphaeria lacustris*), tres Diatomeas (*Cymbella sp.*, *Navicula sp.* Y *Diploneis subovalis*); y una *Chlorophyceae* (*Sphaerocystis schroeteri*). El máximo valor de verano fue debido a la diatomea *Fragilaria sp.* (88,6% de la densidad total). Por otra parte, ninguna especie de *Desmidiaceae* alcanzó abundancias relevantes en este sistema acuático (Figura 19).

Para la Laguna Grande se ve la dominancia de diatomeas y presencia de otros grupos como *sinurofíceas*, *dinofíceas*, *crisofíceas* y *Euglena*. Se destaca el aumento de cianofíceas y la disminución de clorófitas y diatomeas en el último periodo de monitoreo; donde se encontró la presencia de 5 especies de cianofíceas las cuales son nocivas (Figura 20).

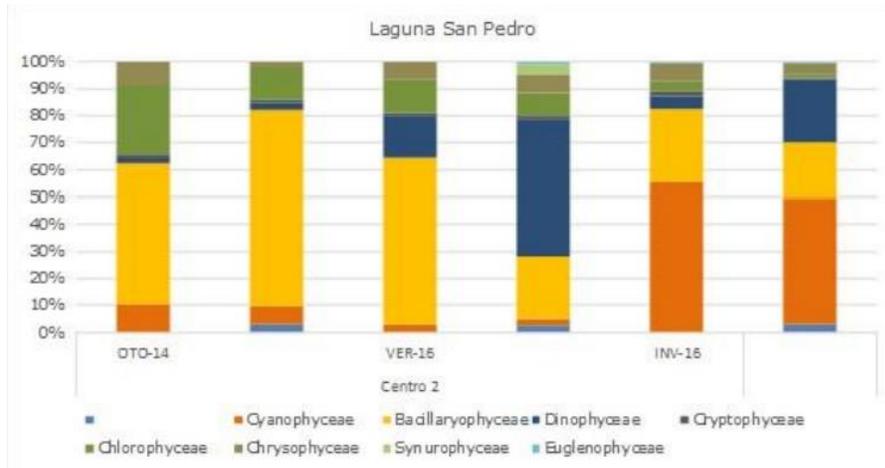


Figura 19: Composición fitoplanctónica durante los años 2014 y 2016 para la Laguna Grande. (MMA, 2018)

| Estación | Centro 2 | | | | | |
|-----------------------|----------|---|--------|---|--------|---|
| | OTO-14 | | VER-16 | | INV-16 | |
| Profundidad | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| <i>Dolichospermum</i> | | | | | | |
| <i>Gomphosphaeria</i> | | | | | | |
| <i>Limnococcus</i> | | | | | | |
| <i>Pseudanabaena</i> | | | | | | |
| <i>Microcystis</i> | | | | | | |

Figura 20: Algas nocivas encontradas. (MMA,2018)

El comportamiento del fitoplancton se puede apreciar en la Figura 21, donde se ve como la especies *Aulacoseira granulata* (AUL GRA) y *Dolichospermum affinis* (DOLI AFF), muestran preferencias por mayores valores de oxígeno disuelto (OD). Por su parte en verano de ambos años (2014 y 2016), los taxa representativos fueron *Fragilaria crotonensis* (FRA CROT) y *Aulacoseira ambigua* (AUL AMB), respectivamente; y ambas especies estarían relacionadas a niveles más altos de conductividad y de pH.

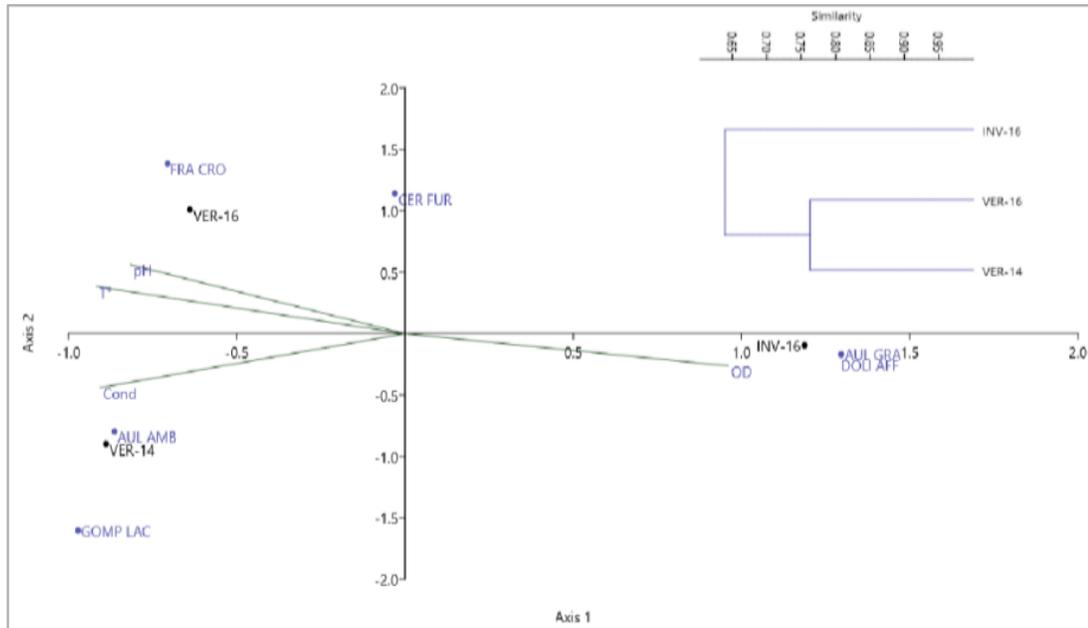


Figura 21: Correlación de los datos del fitoplancton. (DGA,2018).

En la “Guía Para el estudio de Cianobacterias en el Sistema Lacustre del Gran Concepción”, se indicó la presencia en las Lagunas Grande y chica de algunas especies de cianobacterias tóxicas para la salud humana, tales como *Aphanocapsa incerta*, *aphanocapsa elachista*, *aphanocapsa delicatissima*, *snowella sp.*, *Limnococcus limneticus*, *Pseudanabaena mucicola*, *Pseudanabaena catenata*, *Aphanothece minutissima*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii*, *microcystis ichthyoblabe*, *Oscillatoria sp.*, *Dolichospermum spiroides*, todas estas especies contienen toxinas de microcistinas y lipopolisacáridos que están relacionadas con enfermedades directas al hígado, riñón, tumores y la piel, generando irritaciones. En algunos casos específicos como el *Dolichospermum* se generan toxinas, además, de las mencionadas la saxitoxina y la anatoxina a que producen sinapsis coligernicas e inhibición del impulso nervioso.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que cuando la abundancia de las cianobacterias alcanza a las 100.000 Cel/mL, se debe iniciar una mayor frecuencia de monitoreo y medición de la toxina de los cuerpos de agua para evitar afectaciones sanitarias de mayor riesgo y se establece como límite máximo de MC-LR en el agua potable de 1 µg/L (UNESCO, 2009). Para el uso recreativo de un cuerpo de agua, las regulaciones están basadas en parámetros tales como el número de Cel/mL, biónvolumen o concentración de clorofila. La pauta de la OMS indica un valor de referencia de protección que se ha definido como una densidad de cianobacterias de 20.000 Cel/mL, que corresponde a una baja probabilidad de efectos adversos. Por ejemplo, para pasar del nivel de vigilancia al siguiente nivel (alerta), los umbrales son bastantes disímiles: 500 Cel/mL en Nueva Zelanda, más de 5.000 Cel/mL en Australia y 20.000 en la República Checa. Otras experiencias internacionales incluyen a Alemania, que recomienda cierre temporal del uso recreacional del agua cuando las floraciones son evidentes y sobre todo si los niveles de microcistinas exceden los 100 µg/L. Italia prohíbe el baño a los 25 µg/L, mientras que a este mismo nivel Turquía solamente desalienta la recreación. La OMS establece límites máximos de microcistinas de 20 µg/L en aguas recreacionales, es necesario evitar la preoxidación en el tratamiento de agua potable (práctica común en Chile), ya que destruye las células de cianobacterias liberando la toxina a la columna de agua. Esto último requeriría una interacción entre las Autoridades de Salud, la Superintendencia de Servicios Sanitarios y operadores de plantas.

5.2.7 Estado Trófico

En la tabla N°2 se agrupan valores de parámetros fisicoquímicos que tienen estrecha relación con el estado trófico de un lago, estos se agruparon en rangos de mínimos y máximos y fueron extraídos de datos de la DGA desde 1989 y de estudios previos elaborados por el Centro de Estudios EULA.

Tabla 2: Variables fisicoquímicas históricas para los cuerpos de agua de la Laguna Chica, Laguna Grande y Humedal los Batros. [mín. – máx.]

| Variable | Humedal los Batros | Laguna Grande | Laguna Chica |
|--------------------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| Conductividad (uS/cm) | [85,3 - 312] | [59,0 – 190] | [68,0 – 90,0] |
| pH | [5,1 - 8] | [6,5 – 7,6] | [6,5 – 7,5] |
| O ₂ (mg/L) | [1,0 – 12,6] | [0,2 – 10,9] | [5,6 – 10,9] |
| N. total (ug/L) | [200 – 1620] | [123 – 664] | [180 – 290] |
| P. total (ug/L) | [10 – 200] | [2 – 748] | [3 – 530] |
| Clorofila a (ug/L) | S.I | [0,9 – 17,0] | [0,9 – 2,08] |
| Productividad Primaria (mg C/m ² año) | S.I | [10,56 – 40,63] | [0,75 – 4,32] |
| Disco Secchi (m) | 0,12 ± 0,02 | [1,8 – 5,0] | [4,0 – 7,0] |
| Temperatura (°C) | [12 – 24] | [12,2 – 24,0] | [12,5 – 24,0] |

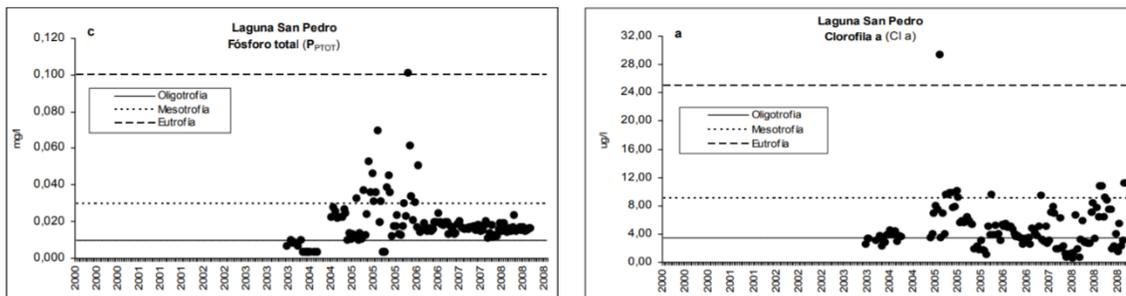
Fuente: (Parra et al., 2003); (Cisternas et al., 2000); (DGA, 2018); (GAC, 2017); (Villagrán, 2005); (DGA, 2009)

La evolución trófica de la Laguna Grande ha presentado desde 1989 estados oligotróficos, mesotróficos y eutróficos dominando en este periodo el estado, mesotrófico, no obstante, desde el 2011 hasta el 2014, la Cl-a y el D.S elevaron el estado trófico nuevamente hasta la eutrofia lo que evidencia la sensibilidad del lago frente a intervenciones que pueda sufrir. En este mismo ámbito se encuentra

Figura 23: Evolución trófica temporal de la variable de Clorofila a. (DGA, 2018).

Figura 22: Evolución trófica temporal de la variable de Fosforo total. (DGA, 2018).

que el fósforo ha sido el factor limitante durante el periodo 1989-2017. Estos datos se pueden ver a través de las figuras 22, 23 y 24.



| Año | PT (ug/L) | Clorofila a (ug/L) | | Transparencia DS (m) | |
|------|-----------|--------------------|--------|----------------------|--------|
| | | Media | Máxima | Media | Mínimo |
| 2009 | 14.7 | 7.0 | 11.5 | 3.5 | 2.3 |
| 2010 | 19.9 | 5.4 | 8.3 | 3.4 | 3.3 |
| 2011 | 15.8 | 4.9 | 5.0 | 2.6 | 2.5 |
| 2012 | 4.2 | 3.0 | 3.2 | 2.5 | 2.5 |
| 2014 | - | 14.2 | 24.2 | 2.3 | 2.0 |
| 2016 | - | 21.3 | 21.3 | 4.0 | 4.0 |

Figura 24: Evolución trófica temporal de la variable de transparencia y clorofila a (DGA, 2018).

5.2.8 Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs)

Las altas concentraciones de COPs pueden llegar a tener efectos nocivos en la reproducción, desarrollo y función inmunológica de los organismos. (UNEP,1995). Los detectados en la Laguna Grande, fueron los mismos que en Laguna Chica y se encuentran descritos en la figura 25 y 26 respectivamente.

| COMPUESTO (ng/g) | PROFUNDIDAD (cm) | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Aldrin | 0,03 | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | 0,85 | b.n.d | b.n.d | 0,06 | b.n.d |
| Endrin | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | 0,36 | 1,99 | 0,14 | b.n.d | b.n.d | b.n.d |
| Endosul-II | b.n.d | b.n.d | 0,30 | b.n.d | 1,74 | b.n.d | 1,02 | b.n.d | b.n.d | b.n.d |
| Heptacloro | 0,30 | 0,01 | b.n.d | b.n.d | 0,01 | 0,85 | b.n.d | b.n.d | 0,20 | b.n.d |
| α -HCH | 0,31 | 0,02 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d |
| γ -HCH | 0,36 | 0,12 | 0,07 | 0,16 | 0,14 | 0,05 | b.n.d | 0,06 | 0,07 | 0,20 |
| pp'-DDE | 0,43 | 0,41 | 0,56 | 1,03 | 1,68 | b.n.d | b.n.d | 1,03 | b.n.d | b.n.d |
| pp'-DDD | 0,08 | 0,23 | 0,29 | 0,77 | 1,56 | 0,15 | b.n.d | 0,62 | b.n.d | b.n.d |
| pp'-DDT | 0,89 | b.n.d | b.n.d | 0,23 | 0,32 | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d |
| DDT total | 1,40 | 0,65 | 0,85 | 2,03 | 3,56 | b.n.d | b.n.d | 1,65 | b.n.d | b.n.d |
| % TOC | 8,22 | 7,73 | 7,72 | 7,53 | 6,11 | 6,11 | 7,28 | 7,88 | 8,41 | 8,63 |

b.n.d = Bajo el nivel de detección

Figura 25: Compuestos Orgánicos medidos en la Laguna Grande.
(R. Barra, 2001).

| COMPUESTO (ng/g) | PROFUNDIDAD (cm) | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Aldrin | b.n.d | 0,06 | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | 0,05 | b.n.d | 0,10 | 0,06 |
| Endrin | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | 0,87 | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d |
| Endosul-II | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | 0,02 | b.n.d | b.n.d |
| Heptacloro | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | 0,21 | 0,21 | 0,19 | 0,11 | 0,20 | 0,20 |
| α -HCH | 0,03 | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | 0,04 | b.n.d | b.n.d |
| γ -HCH | 0,25 | 0,02 | b.n.d | b.n.d | 0,18 | b.n.d | b.n.d | 0,09 | b.n.d | b.n.d |
| pp'-DDE | b.n.d | 0,05 | 0,28 | 0,51 | 0,60 | b.n.d | b.n.d | 0,74 | 0,10 | 0,09 |
| pp'-DDD | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | b.n.d | 0,31 | 0,09 | b.n.d |
| pp'-DDT | 0,55 | b.n.d |
| DDT Total | 0,55 | 0,05 | 0,28 | 0,51 | 0,60 | b.n.d | b.n.d | 1,05 | 0,19 | 0,09 |
| % TOC | 6,41 | 6,96 | 6,86 | 6,40 | 6,11 | 5,92 | 6,10 | 6,87 | 7,08 | 7,48 |

b.n.d = Baio el nivel de detección

Figura 26: Compuestos Orgánicos medidos en la Laguna Grande.
(R, Barra, 2001).

La Laguna Chica presenta las mayores concentraciones de compuestos orgánicos con una distribución homogénea de los contaminantes, en comparación con la Laguna Grande de San Pedro. También es importante destacar que la reacción de isomerización entre el isómero α -HCH γ -HCH no ha sido verificada en la naturaleza. Recientemente se ha sugerido que una relación entre los isómeros α/γ cercana a uno indicaría una fuente de contaminación de

Lindano reciente. De acuerdo con lo anterior, la proporción obtenida para la Laguna Chica se acerca a ese valor.

5.2.9 Amenazas

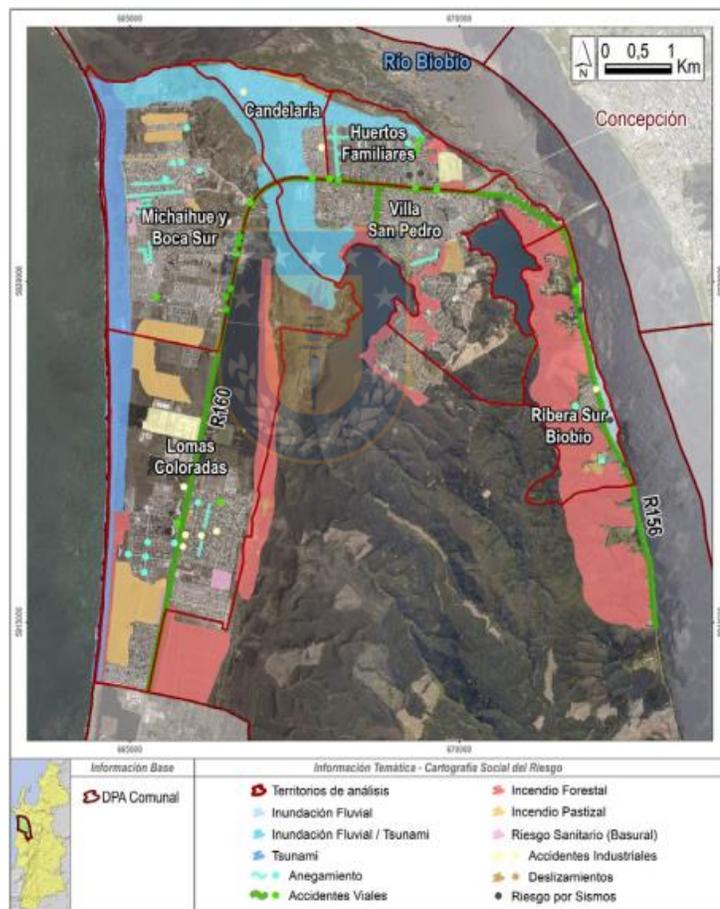


Figura 27: Riesgos asociados a la Comuna de San Pedro de la Paz. (LARRS, 2019).

En la figura 27 se observan los principales riesgos dentro de la Comuna de San Pedro de la Paz, donde se ven las zonas afectadas por el tsunami que pueden

llegar a alterar orilla del Río Biobío hasta el Puente Llacolen (LARRS, 2019). Por otro lado, los incendios en las zonas de plantaciones forestales también generan un alto riesgo debido a que el fuego modifica los ciclos biogeoquímicos, produce cambios en la vegetación, suelo, fauna, procesos hidrológicos y geomorfológicos, calidad de las aguas e incluso cambios en la composición de la atmósfera (CONAF, 2017).

También los accidentes de tránsito son una fuente de peligro asociada al transporte de sustancias peligrosas que pueden contener, las cuales se pueden derramar en sectores cercanos al humedal o recolector de aguas lluvias y de esta manera afectar a los distintos cuerpos de aguas o estero.

Frente a esto, se genera una lista de las amenazas a estos cuerpos de agua y sus principales efectos adversos sobre estos:

- a) Incendios Forestales: Alteración del ciclo de nutrientes y biogeoquímico, produce cambios en la vegetación, suelo, procesos hidrológicos y geomorfológicos, calidad de las aguas.

- b) Accidentes de tránsito: El transporte de sustancias peligrosas al verse involucrado en un accidente, puede ocasionar derrames en sectores cercanos al humedal o recolector de aguas lluvias y de esta manera afectar a los distintos cuerpos de aguas o estero.

- c) Urbanización y expansión urbana: La pérdida, fragmentación y alteración de hábitat junto a la sedimentación, compactación del suelo, dragado, contaminación, perturbación sonora de fauna, transmisión de enfermedades a la fauna, homogeneización y, eutrofización de los humedales y lagos puede considerarse un indicador de los efectos de la urbanización sobre el funcionamiento de estos ecosistemas.
- d) Eutrofización: las cargas de sedimentos y nutrientes en los cuerpos de agua pueden producir alteraciones tales como la disminución de la transparencia, afectando directamente a las especies del fondo ante la ausencia de oxígeno en esta zona, generando malos olores y condiciones anóxicas que afectan a muchas especies y también al turismo del lugar. Por otro lado, ante la pérdida de especies, se originan otras tóxicas, como son las cianobacterias que son dañinas para la salud humana ante el contacto con estas.
- e) Extracción de agua: Esta amenaza que hoy en día ante fiscalizaciones se determina que es una práctica muy común, provoca disminución del nivel freático en el humedal y, por el lado de la laguna pérdida de volumen de estos.

- f) Actividad silvoagropecuaria: la agricultura, las forestales y la ganadería son presiones constantes en la cuenca que producen un grave daño si no son bien controladas, sobre todo ante el uso de pesticidas, antibióticos, herbicidas y fungicidas que pueden llegar a los cuerpos de agua, afectando gravemente a especies sensibles frente a estos químicos.
- g) Deforestación ribereña: La extracción de esta vegetación provoca que se pierdan diversos paisajes y Servicios Ecosistémicos como la provisión de hábitats, el control de poder fijar nutrientes evitando que llegue a los cuerpos de agua. Esto genera un espacio propicio para que especies exóticas ocupen este lugar, perdiendo vegetación nativa y corredores biológicos naturales para varias especies sensibles a los cambios.
- h) Rellenos: la actividad de rellenar los humedales ha llevado a cabo que se pierdan, fragmenten y alteren los hábitats y también la cuenca en si al perderse el flujo natural de las aguas, en definitiva, esto solo hace un efecto dominó de pérdida de corredores biológicos y, por ende, también de especies nativas y sensibles, promoviendo la desaparición de reservorios de agua.
- i) Especies introducidas: el abandono de especies como los perros, gatos, tortuga de orejas rojas o peces de acuarios hacen que estas sean

depredadores y competidores de especies nativas, muchas de estas especies introducidas terminan dominando el ecosistema que habitan, como es el caso de las carpas, truchas y gambusias. Además, en el ámbito vegetal se debe tener especial cuidado con el aramo, el pino, zarzamora, acacia y retamilla que son altamente catalogadas como especies invasoras al igual que las hidrófitas *Egeria Densa* o Luchecillo

- j) Contaminación: La contaminación producida por un turismo no regulado afecta directamente al derrame de hidrocarburos, contaminantes emergentes y la generación de ruido. Todos estos tienen un efecto grave sobre las especies, por ejemplo, a los peces cuando se les adhieren los hidrocarburos en las branquias impidiendo su respiración y desarrollo, de igual manera, este contaminante destruye al fitoplancton y las algas, afectando la reproducción y alimentación de las especies habitantes del lugar.

El efecto físico de los motores produce remoción de sedimentos y fragmentación de tallos de malezas acuáticas como el luchecillo ampliando su capacidad de colonización (Parra & Figueroa, 2018). En el caso de los peces, Graham & Cooke (2007) reportan que la vibración y el sonido producido por estos motores produce una perturbación del ritmo cardíaco en peces, aún al exponerlos a motores de no más 9,9 hp.

Además, este mismo ruido afecta directamente a los anfibios y su proceso de hibernación y comunicación entre estas.

- k) Turismo no regulado: La no regulación de este factor permite que la contaminación de químicos, plásticos y presión del entorno aumente, alejando a muchas especies que ante el ruido y la presión de la presencia humana y sus mascotas pueden ser pisoteadas o ser víctimas de la transmisión de enfermedades.
- l) Cambio climático: De acuerdo a lo señalado en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022, para la zona centro sur de Chile se espera un aumento de las temperaturas medias, disminución de las precipitaciones, aumento de eventos climáticos extremos (ej.: sequías y olas de calor). Todo ello tendría impactos en la biodiversidad, los recursos hídricos, salud, infraestructura, energía y en sectores como el silvoagropecuario, pesca y acuicultura, turismo y finalmente las ciudades. A escala humana, el cambio climático y sus efectos son prácticamente irreversibles.
- m) Falta de conocimiento: La ausencia de educación ambiental genera que las personas no desarrollen una empatía hacia las demás especies y por ende ante esta falta de conocimiento se genere el deterioro de los ecosistemas que no son respetados y cuidados.

5.2.10 Flora

Los humedales se encuentran dentro de los ecosistemas biológicamente más productivos, principalmente, por su gran diversidad biológica, ser reservorios de agua y responsables de una alta cantidad de productividad primaria, la cual constituye la base de las cadenas tróficas. (Moller & Muñoz, 1998; Smith & Romero, 2009).

A través del expediente realizado por Ladera Sur fueron identificadas en el área 169 especies, tanto terrestres como acuáticas; de ellas, 52 poseen un origen fitogeográfico nativo, mientras otras 23, son endémicas. Respecto de su estado de conservación, ocho especies han sido clasificadas por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente; siete de ellas como Preocupación Menor, correspondientes a *Adiantum chilense* (palito negro), *Blechnum chilense* (costilla de vaca), *Blechnum hastatum* (quilquil), *Equisetum giganteum* (cola de caballo), *Aextoxicon punctatum* (olivillo), *Persea lingue* (lingue) y *Drimys winteri* (canelo).

En el Humedal los Batros se recolectaron especies las cuales corresponden a las familias *Cyperaceae*, *Juncaceae*, *Poaceae* y *polygonaceae*. Cuya distribución se encuentra directamente relacionada con el régimen de inundación y el tipo de suelo. (Villagrán, 2006). Destacan también sectores dominados por junco en las zonas con inundaciones estacionales; donde se encuentra la presencia de la planta nativa *Eleocharis palustris*. Sin embargo, igual se encuentran especies

introducidas como la: “retamilla” (*Tellina monspessulana*), *pinus radiata*, *Eucalyptus sp.*

Se observan, fragmentos de bosque hidrófilo cumpliendo una importante función en la protección de estos cuerpos de agua con presencia de especies nativas como la Pitra, Sauce criollo, Arrayan, Temu, Canelo, etc. Ubicado en zonas de permanente inundación. En sectores aparece el bosque esclerófilo donde se encuentran especies endémicas en estado Vulnerable (VU): Temu (*Blepharocalyx cruckshankii*) y, Casi amenazada (NT), Rara: naranjillo (*Citronella mucronata*), otras de preocupación menor como Palito Negro (*Adiantum chilense*), Costilla de vaca (*Blechnum chilense*), Quilquil (*B. hastatum*), Cola de caballo (*Equisetum giganteum*), Olivillo (*Aextoxicon punctatum*), Lingue (*Persea lingue*) y Canelo (*Drimys winteri*) (Inventario nacional de especies 2016).

5.2.11 Fauna

En la zona delimitada por el Santuario de la Naturaleza se registraron un total de 98 especies, de las cuales seis son peces, cuatro de anfibios, seis reptiles, ocho mamíferos y 74 aves, siendo este el más abundante y justificando gran parte del humedal Los Batros como zona IBA's. De estas 98 especies cabe destacar que 89 son nativas y/o endémicas, estos datos fueron obtenidos del expediente para la solicitud de declaración de Santuario de la Naturaleza Laguna Grande - Humedal los Batros, que se basaron en estudios realizados por Riffo & Villarroel,

en los expedientes de declaratoria de Santuario de la Naturaleza elaborados por la Consultora AMBIA (2009) y la Corporación Chile Ambiente (2017), además, de sus propios antecedentes y muestreos, a estos estudios también se lograron revisar avistamientos de algunas otras a través de la aplicación Naturalista.

De las 98 especies registradas 27 especies tienen alguna categoría de conservación vigente debido a las amenazas que se han visto expuestas, En peligro se encuentran; Cisne de cuello negro (*Cygnus melanocoryphus*), Cuervo del Pantano (*Plegadis Chichi*), Torcaza (*Paragioenas Araucana*), Carmelita de Concepción (*Percilia irwini*), también en la categoría de vulnerabilidad están Pocha de los lagos (*Cheirodon galusdae*), Rana Chilena (*Calyptocephalella gayi*) y Sapo rosado (*Eupsophus roseus*).

Es importante reconocer también a las especies que tienen algún grado de conservación que se encuentran cercana a la zona en estudio, ya que por lo general estas tienden a trasladarse de un lugar a otro que mantenga condiciones similares, entre estas especies se encuentran Lamprea de agua dulce (*Mordacia lapicida*), Bagrecito (*Bullockia maldonadoi*), Tollo (*Diplomystes Nahuelbutaensis*), Carmelita (*Percilia gillisi*), Cisne Coscoroba (*Coscoroba Coscoroba*), Sapo de Contulmo (*Eupsophus contulmoensis*), Ranita de Darwin (*Rhinoderma Darwinii*), Lagarto de Corbata (*Pristidactylus torquatus*), Becacina pintada (*Nacticryphes semicollaris*).

El área se destaca por mantener una población importante de Cisnes de cuello negro y también por ser el lugar de nidificación de algunas especies como la

Becacina (*Gallinago paraguaiiae*), Torcaza, zarapit. También por ser el albergue de aves migratorias que vienen de distintas zonas como el hemisferio norte, Patagonia y humedales cercanos a este.

Es importante hacer un estudio y análisis de las especies para poder ver cuáles pueden ser un gran bioindicador y para saber en qué lugar se encuentran especies en peligro para poder seleccionar de mejor manera las áreas de vigilancia y proteger las especies que se encuentren en una categoría en peligro o de vulnerabilidad.

5.2.11.1 Peces



En esta identificación de la fauna íctica se reconoció la amenaza de tres especies introducidas como la Carpa (*Cyprinus carpio*), Gambusia (*Gambusia affinis*) y el Chanchito (*Cichlasoma facetum*); de acuerdo al Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente, ponen de manifiesto la necesidad de monitorear y generar acciones de conservación para el área de estudio, con base en los antecedentes de los impactos asociados a la introducción e invasión de peces introducidos en ambientes de agua dulce mediterráneos (Marr et al., 2010).

Tabla 3: Fauna Ictica registrada en la cuenca de estudio.

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común | Origen | Estado de Conservación |
|------------|-------------|------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|
| Perciforme | perciliidae | <i>Percilia irwini</i> | Carmelita de Concepción | Nativa endemica | En peligro (P) |

| | | | | | |
|--------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------|-------------|-------------------------|
| Osmeriforme | Galaxiidae | <i>Galaxias maculatus</i> | Puye; kolxaw | Nativa | Vulnerable |
| Characiformes | Characidae | <i>Cheirodon galusdae</i> | Pocha | Nativa | Vulnerable |
| Siluriformes | Nematogenyidae | <i>Nematogenys Inermis</i> | Luvur; Bagre | Nativa | En peligro (P) |
| Perciforme | Percichthyidae | <i>Percichthys trucha</i> | Trucha Lipüng | Nativa | Preocupación menor (PM) |
| Petromyzontiformes | Petromyzontidae | <i>Geotria australis</i> | Komofillu; anguila | Nativa | Vulnerable |
| Salmoniformes | Salmonidae | <i>Oncorhynchus mykiss</i> | Trucha arcoiris | Introducida | Sin categoría |
| atheriniformes | Atherinopsidae | <i>Odontesthes bonariensis</i> | pejerrey | Introducida | Sin categoría |
| cypriniformes | Cichlidae | <i>Cyprinus carpio</i> | Carpa | Introducida | Sin categoría |
| cyprinodontiformes | Poeciliidae | <i>Gambusia holbrooki</i> | Gambusia | Introducida | Sin categoría |
| Perciformes | Cichlidae | <i>Cichlasoma facetum</i> | Chanchito | Introducida | Sin categoría |
| Cypriniformes | Cyprinidae | <i>Carassius carassius</i> | Pez dorado | Introducida | Sin categoría |

Fuente: Expediente para la solicitud de declaración de Santuario de la Naturaleza Laguna Grande - Humedal Los Batros (2019).

De las especies descritas en la Tabla 3 solo la trucha, la trucha arcoiris y el pez dorado no se han observado en la Laguna Chica (Parra et al., 2003).

En sistemas chilenos, la trucha arcoiris puede competir por el hábitat y alimentación con *Galaxias platei* (Perry et al., 2008), además, el puye o kolxaw, es más abundante en sistemas donde la trucha se encuentra en bajas densidades (Soto et al., 2006); Otros impactos de este individuo incluyen la hibridación, la transmisión de enfermedades, la depredación y al igual que la Gambusia la competencia con especies nativas. Produce, además, cambios en el ciclo de nutrientes de lagos (Invasive Species Specialist Group ISSG, 2015; Iriarte et al., 2005).

La Carpa es la tercera especie más frecuentemente introducida en todo el mundo. En todos los continentes en los que se ha introducido, se ha reducido la calidad del agua y se ha producido una degradación de los hábitats acuáticos (Invasive Species Specialist Group ISSG, 2015; Iriarte et al., 2005). Esta especie ejerce una gran presión trófica en la zona litoral y sublitoral de lagos y ríos, ocasionando daños a la fauna autóctona e incluso a las larvas de las truchas introducidas, al remover el fondo destruye las posturas de otras especies de peces (Ruiz & Marchant, 2004). Por su alta tasa reproductiva (una hembra puede poner un millón de huevos), aumenta rápidamente su abundancia en los sistemas que invade.



Otra especie importante de tener en consideración es el chanchito y la gambusia debido a que es un depredador del sapo de pecho espinoso, rana chilena, puye, sapo de rulo y sapito de cuatro ojos y compite con la pochá y el puye, ante esto se debe prohibir la venta de forma ornamental de estas especies ya que muchas veces terminan siendo abandonadas de forma irresponsable en cuerpos de aguas (Ruiz y Marchant, 2004).

La conservación de las especies nativas es fundamental, cuando se pretende preservar o conservar un ecosistema, debido a su gran rol como bioindicador de calidad de agua, como es el caso de la *percilia irwini* que ante altos niveles de DBO5 estas pueden dejar de poblar el lugar, las especies introducidas como *O. bonariensis* y *C. carpi* aparecen en alta abundancia en sistemas eutróficos, donde son especies dominantes, gracias a sus hábitos alimentarios oportunistas (Vila &

Soto, 1984). También los salmónidos ante un estado eutrófico de un cuerpo de agua, éstas comienzan a aumentar su tasa de crecimiento corporal, pero luego disminuyen su reproducción, siendo finalmente reemplazadas por otras especies. (Colby et al., 1972)

Es de alta preocupación la categoría que tiene el Bagre o Luvur ya que se ha reducido su población en al menos un 50% en los últimos 10 años llegando a desaparecer en 8 de 10 cuencas conocidas históricamente, en los últimos 15 años). Por otro lado, la Anguila o Komofillu es muy especial ya que al igual que la carmelita de concepción es de encontrarse en pocas localidades, esta anguila es muy sensible ante el uso de pesticidas y la contaminación por materia orgánica.

La mayoría de estas especies poseen una distribución espacial y temporal restringida al anegamiento de pastizales en invierno y a los juncales, totorales y cuerpos de agua, el resto del año. Es así como, durante los meses de verano, dicha distribución se limita a los sectores más próximos al desagüe de la Laguna Grande, mientras en la época invernal, se dispone por toda ella (González, 2004).

Durante los meses invernales, las condiciones favorecen numerosos avistamientos de *C. carpio* (Carpa), de gran tamaño, entre los pajonales y sectores de vegas inundados. El resto de las especies, caracterizadas por alcanzar un tamaño pequeño, habitan aguas someras y se encuentran estrechamente asociadas a la vegetación acuática. Entre éstas últimas, predominan las especies *G. affinis* (Gambusia), *Galaxias maculatus* (Puye),

Cichlasoma facetum (Chanchito), *Cheirodon galusdae* (Pocha) y *P. irwini* (Carmelita de Concepción).

5.2.11.2 Anfibios

En el Expediente de Declaración del Santuario de la Naturaleza Laguna Grande – Humedal Los Batros se reconocen 4 especies, donde todas son nativas y 3 endémicas, siendo todos parte del grupo de los batracios y donde la especie que se presentó con más abundancia es el sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul*), presente en casi la totalidad de biotopos identificados. Abarcando similar extensión, pero de manera menos habitual, fue identificada la especie ranita de antifaz (*Batrachyla taeniata*); la rana chilena (*Calyptocephalella gayi*), en cambio, exhibe una distribución más restringida, ocupando sólo sectores más próximos a cuerpos de agua. Adicionalmente, se señala la presencia de *Eupsophus roseus* (sapo rosado) en cerros aledaños al humedal y bosques higrófilos, en la tabla N°4 se mencionan las especies con sus respectivas categorías de conservación.

Tabla 4: Anfibios registrados en el área de estudio.

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común | Origen | Estado de Conservación |
|-------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|----------|------------------------|
| Anura | Calyptocephalellidae | <i>Calyptocephalella gayi</i> | Rana chilena | Endémico | Vulnerable |
| Anura | Ceratophryidae | <i>Batrachyla taeniata</i> | Ranita de antifaz | Endémico | Casi amenazada |
| Anura | Cycloramphidae | <i>Eupsophus roseus</i> | Sapo rosado | Endémico | Vulnerable |
| Anura | Leiuperidae | <i>Pleurodema thaul</i> | Sapito de cuatro ojos | Nativo | Casi amenazada |
| Anura | Cycloramphidae | <i>Eupsophus contulmoensis</i> | Sapo de Contulmo | Endémico | En peligro |

| | | | | | |
|-------|----------------------|-----------------------------|------------------|--------|--------------------|
| Anura | ceratophrydae | <i>Batrachyla leptopus</i> | Rana Moteada | Nativa | Preocupación menor |
| Anura | Calyptocephalellidae | <i>Telmatobufo bullocki</i> | Sapo de bullock | Nativa | Vulnerable y Rara |
| Anura | Cycloramphidae | <i>Hylorina Sylvatica</i> | Rana Dorada | Nativa | Preocupación menor |
| Anura | Cycloramphidae | <i>Rhinoderma Darwinii</i> | Ranita de Darwin | Nativa | En peligro |

Fuente: Expediente para la solicitud de declaración de Santuario de la Naturaleza Laguna Grande - Humedal Los batros (2019).

A pesar que las primeras cuatro especies han sido registradas en puntos de la Laguna Grande y Humedal Los Batros, junto a estas deberían o podrían encontrarse especies correspondientes a la Cordillera de Nahuelbuta tales como el Sapo de Contulmo, Rana moteada, Sapo de bullock, Rana dorada y Ranita de Darwin , sin embargo, frente a las amenazas a las que se enfrentan estas especies como la fragmentación de las poblaciones por la continua disminución de la superficie de bosque nativo en su área de distribución (Ortiz e Ibarra-Vidal, 2005).

5.2.11.3 Reptiles

En el Expediente de Declaración del Santuario de la Naturaleza Laguna Grande – Humedal Los Batros se reconocen seis especies, donde todas son endémicas, salvo culebra de cola corta, de origen nativo. De éstas, cinco se encuentran catalogadas en estado de conservación Preocupación Menor, según el RCE. La lista de especies catastradas se encuentra en la Tabla N°5

Tabla 5: Reptiles registradas en el área de estudio.

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común | Origen | Estado de Conservación |
|----------|--------------|-------------------------------|---------------------------|----------|------------------------|
| squamata | Colubridae | <i>Philodryas chamissonis</i> | Culebra de cola larga | Endémico | Preocupación menor |
| Squamata | Colubridae | <i>Tachymenis chilensis</i> | Culebra de cola corta | Nativo | Preocupación menor |
| Squamata | Tropiduridae | <i>Liolaemus chiliensis</i> | Lagarto chileno | Endémico | Preocupación menor |
| Squamata | Tropiduridae | <i>Liolaemus cyanogaster</i> | Lagartija de vientre azul | Endémico | Fuera de peligro |
| Squamata | Tropiduridae | <i>Liolaemus lemniscatus</i> | Lagartija café | Endémico | Preocupación menor |
| squamata | Tropiduridae | <i>Liolaemus tenuis</i> | Lagartija esbelta | Endémico | Preocupación menor |
| squamata | Tropiduridae | <i>Liolaemus schroederi</i> | Lagartija de Schröder | Nativo | vulnerable |
| Squamata | Liolaemidae | <i>Liolaemus cyanogaster</i> | Lagartija de vientre azul | Nativo | Fuera de peligro |
| Squamata | Liolaemidae | <i>Liolaemus nitidus</i> | Lagartija nítida | Nativo | Casi amenazada |

Fuente: Expediente para la solicitud de declaración de Santuario de la Naturaleza Laguna Grande - Humedal Los batros (2019).

Este grupo se distribuye preferentemente en sectores abiertos, determinándose la presencia de las ambas culebras, de modo habitual, en las cercanías de los cuerpos de agua, apresando anfibios. A pesar de no estar catastrada la Lagartija de Schröder, ésta si está dentro del ecosistema de la cordillera de Nahuelbuta, por lo tanto, es probable que pueda ser parte de estos cuerpos de aguas.

5.2.11.4 Aves

Dentro del territorio en estudio se encuentra una Zona IBA's (Important Bird Area), el cual es justificado por la gran cantidad de aves que se encuentran en este lugar especialmente en el Humedal Los Batros. Dentro del área que se declaró Santuario de la Naturaleza se registraron 74 especies (67 nativas, 3 endémicas y 4 introducidas), de los cuales 30 especies son propias de los

humedales, es decir, que necesitan de este tipo de ambiente para completar su ciclo de vida (Jiménez et al., 1998). Las especies restantes poseen su hábitat primordial en otro tipo de ambiente, principalmente bosques o matorrales (Rozzi et al., 1997) o son visitantes regulares u ocasionales del humedal.

En el caso de las aves migratorias, que utilizan el humedal como sitio de descanso y/o alimentación, dos especies han sido reconocidas como visitantes estivales provenientes del hemisferio norte: *Hymenops perspicillatus* (Run-run) y *Numenius phaeopus* (Zarapito), ésta última, registrada en forma excepcional; mientras otras dos especies, *Charadrius modestus* (Chorlo chileno) y *Muscisaxicola maclovianus* (Dormilona tontita), son visitantes de invierno provenientes del extremo sur. Adicionalmente, Oyarzo (1987) indica a *Bubulcus ibis* (Garza boyera) como una especie visitante de invierno que no anida en la Región del Biobío.

Debido a la extensión y al gran número de aves registradas estas estarán registradas en el Anexo 2, Sin embargo, se pondrá la lista de aves que se encuentran en alguna categoría de conservación según la RCE en la Tabla N°6

Tabla 6: Aves registradas en la cuenca de estudio.

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común | Origen | Estado de Conservación |
|---------------|----------|------------------------------|-----------------------|--------|------------------------|
| Anseriformes | Anatidae | <i>Anas bahamensis</i> | Pato gargantillo | Nativo | Preocupación menor |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Cygnus melanocoryphus</i> | Cisne de cuello negro | Nativo | En Peligro |
| Ciconiiformes | Ardeidae | <i>Ardea cocoi</i> | Garza cuca | Nativo | Preocupación menor |

| | | | | | |
|-----------------|-------------------|------------------------------|-------------------|----------|--------------------|
| Ciconiiformes | Ardeidae | <i>Ixobrychus involucris</i> | Huairavillo | Nativo | Preocupación menor |
| Ciconiiformes | Threskiornithidae | <i>Plegadis chihi</i> | Cuervo de Pantano | Nativo | En peligro |
| Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Gallinago paraguaiiae</i> | Becacina | Nativo | Preocupación menor |
| Columbiformes | Columbidae | <i>Patagioenas araucana</i> | Torcaza | Nativo | Preocupación menor |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | <i>Pteroptochos tarnii</i> | Hued–Hued del sur | Endémico | Preocupación menor |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | <i>Scelorchilus rubecula</i> | Chucao | Endémico | Preocupación menor |
| Accipitriformes | Accipitridae | <i>Accipiter chilensis</i> | Gavilan, | Nativo | Rara |
| Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteo albigula</i> | Aguilucho chico | Nativo | Rara |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos en literatura existente.

Las primeras nueve especies en la tabla 6 se han catastrado según el Expediente para la solicitud de declaración de Santuario de la Naturaleza Laguna Grande - Humedal Los Batros (2019). Sin embargo, se han agregado aves que corresponden al ecosistema de la cordillera de Nahuelbuta según literatura encontrada a través de Fundación Nahuelbuta Natural.

5.2.11.5 Mamíferos

En el Expediente de Declaración de Santuario de la naturaleza Laguna Grande – Humedal Los Batros se reconocen ocho especies de mamíferos (tabla N°7), donde los roedores son mayoría con cuatro especies dentro de este catastro, estas se alimentan en base a gramíneas, juncáceas y ciperáceas, por otro lado, también destaca el endemismo del ratón valdiviano.

Tabla 7: Mamíferos registrados en la cuenca de estudio.

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común | Origen | Estado de Conservación |
|------------|---------------|-----------------------------------|----------------------|-------------|------------------------|
| Carnivora | Canidae | <i>Lycalopex griseus</i> | Zorro gris | Nativo | Preocupación menor |
| Carnivora | Mustelidae | <i>Galictis cuja</i> | Quique | Nativo | Preocupación menor |
| Lagomorpha | Leporidae | <i>Lepus capensis</i> | Liebre | Introducido | |
| Lagomorpha | Leporidae | <i>Oryctolagus cuniculus</i> | Conejo | Introducido | |
| Rodentia | Cricetidae | <i>Abrothrix longipilis</i> | Laucha de pelo largo | Nativo | Preocupación menor |
| Rodentia | Cricetidae | <i>Oligoryzomys longicaudatus</i> | Ratón de cola larga | Nativo | |
| Rodentia | Cricetidae | <i>Geoxus valdivianus</i> | Ratón valdiviano | Endémico | Preocupación menor |
| Rodentia | Myocastoridae | <i>Myocastor coypus</i> | coipo | Nativo | Preocupación menor |
| Rodentia | Cricetidae | <i>Abrothrix olivaceus</i> | Ratón oliváceo | Nativo | |
| Rodentia | Muridae | <i>Rattus rattus</i> | Rata Negro | Introducido | |

Fuente: Expediente para la solicitud de declaración de Santuario de la Naturaleza Laguna Grande - Humedal Los batros (2019).



5.2.11.6 Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos constituyen parte del componente biológico cumpliendo un rol de gran importancia en la estructura y funcionamiento de los lagos (Añon, 1991). Su composición específica y abundancia depende de la cantidad de materia orgánica presente, la que está relacionada con la productividad (Brinkhurst, 1974; Valdovinos & Figueroa, 2000).

A través de un estudio elaborado por Muñoz et al. (2001) y, un muestreo elaborado el año 1997 se logró detectar a los macroinvertebrados que se encontraban en ese periodo, donde la Laguna Grande se encontraba bajo un nivel de trofia eutrófico y la Laguna Chica en un estado mesotrófico.

En la Tabla N°8 se identifican a las especies encontradas, las cuales se pudieron encontrar en fondos duros, blandos o ambos.

Tabla 8: Macroinvertebrados bentónicos registrados en la cuenca de estudio.

| Phyllum | Clase | Familia | Nombre científico | Lag. Chica | Lag. Grande |
|-----------------|--------------|-----------------|----------------------------|------------|-------------|
| Platyhelminthes | Turbellaria | Dupesiidae | <i>Dugesia enceps</i> | | x |
| Platyhelminthes | Nematomorpha | Dupesiidae | <i>Nematomorpha indet.</i> | | x |
| Platyhelminthes | Nematoda | Dupesiidae | <i>Nematoda indet.</i> | X | |
| Amnelida | Oligochaeta | Dupesiidae | <i>Oligochaeta indet.</i> | x | x |
| Amnelida | Hiruinea | Dupesiidae | <i>Mesobdella gemmasa</i> | X | x |
| Mollusca | Bivalvia | Sphaeriidae | <i>Pisidium chilense</i> | X | X |
| Mollusca | Bivalvia | Hyriidae | <i>Diplodon Chilensis</i> | X | |
| Mollusca | Gastropoda | Chiliniidae | <i>Chillina Dombeyana</i> | X | |
| Mollusca | Gastropoda | Ancylidae | <i>Gundlachia gayana</i> | | x |
| Mollusca | Gastropoda | Amnicolidae | <i>Linoridira cummingi</i> | | X |
| Artropoda | arachnida | Cymhacremacidae | <i>scapheremeus sp</i> | X | X |
| Artropoda | arachnida | Nochridae | <i>Nochridae indet.</i> | | X |
| Artropoda | arachnida | Galumnoidea | <i>Galumnoidea Indet.</i> | X | X |
| Artropoda | arachnida | Hygrobotidae | <i>Hygrobotella</i> | | X |
| Artropoda | arachnida | Arrenunidae | <i>Acari indet.</i> | X | |
| Artropoda | Insecta | Collembola | <i>Collembola indet.</i> | X | X |
| Artropoda | Insecta | Gripopterygidae | <i>Plecoptera indet.</i> | X | |
| Artropoda | Insecta | Chironomidae | <i>Procladius sp.</i> | X | X |
| Artropoda | Insecta | Chironomidae | <i>Micropsectra sp.</i> | X | |
| Artropoda | Insecta | Chironomidae | <i>Chironoemus sp.</i> | X | X |
| Artropoda | Crustacea | Aeglidae | <i>Aegla Sp.</i> | X | |
| Artropoda | Crustacea | Hyaellidae | <i>Hyaella</i> | | X |
| Artropoda | Crustacea | Asellidae | <i>Asellus</i> | | X |

Fuente: Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lenticos de Chile central: macroinvertebrados bentónicos.

En los lagos eutróficos los ácaros aumentan su dominancia en comparación a la mayoría de otras taxas, que disminuyen con el aumento del nivel de trofía. En la Laguna Grande la especie de mayor abundancia es *Asellus sp.* y *Oligochaeta sp.*

1. Tanto los quironómidos como los *Asellus sp.* y los oligoquetos en su mayoría

están asociados a enriquecimiento orgánico de los sedimentos (Rosenberg & Resh, 1993).

En los hábitats de fondos duros de la Laguna Grande estuvo presente *Chironomus sp.* Y *oribatuloidea indet.* Y en los blandos *chironomidae sp.3* los que han sido utilizados como indicadores del enriquecimiento de lagos, en cambio para la Laguna Chica se encontró especies sensibles como el *Diplodon Chilensis* y *Pisidium chilense* en fondos blandos y *Aegla sp.* En fondos duros (Muñoz et al., 2001).

Por otra parte, en este estudio, Muñoz observó gran abundancia de *Asellus sp.* en la Laguna Grande, esto probablemente se deba a su estado eutrófico. Welch (1992) ha documentado que el aumento de la abundancia de *Asellus aquaticus* es signo de la degradación de la composición del bentos y es una especie tolerante a la disminución de oxígeno además de estar asociado con macrófitas las que le sirven de sustrato alimenticio y protección. Lo anterior se corrobora en la Laguna Grande ya que se evidencia la presencia de *Asellus sp.* en un sector densamente poblado por la macrófita *Egeria densa*.

La cantidad de nutrientes liberados por los sedimentos dependerá de la capacidad mineralizante de la comunidad bentónica.

El cambio en las características del sustrato por la sedimentación de la materia orgánica y la disminución de oxígeno disuelto, comienza a ser evidente a medida que el enriquecimiento orgánico es mayor, reduciendo las comunidades

características de aguas limpias y provocando la desaparición de taxas intolerantes, provocando que se modifique la estructura de dominancia de la comunidad (Johnson et al., 1993; Rosenberg & Resh, 1993).

5.3 Áreas de Vigilancia

Para la delimitación de las áreas de vigilancia se utilizó la información recolectada por el análisis integral, basándose los límites de estas áreas principalmente en la batimetría de las lagunas, donde el límite de las áreas de vigilancia litorales fue el veril 9 para la Laguna Grande y el veril 12 para la Laguna Chica, de este modo, el área pelágica es desde los veriles seleccionados hacia el centro de los lagos. Finalmente se designaron 6 áreas de vigilancia para la Laguna Grande (1 pelágica y 5 litorales), 4 para la Laguna Chica (1 pelágica y 3 litorales) y finalmente 1 para el Estero Los Batros, estas están representadas a través de la figura N° 28.

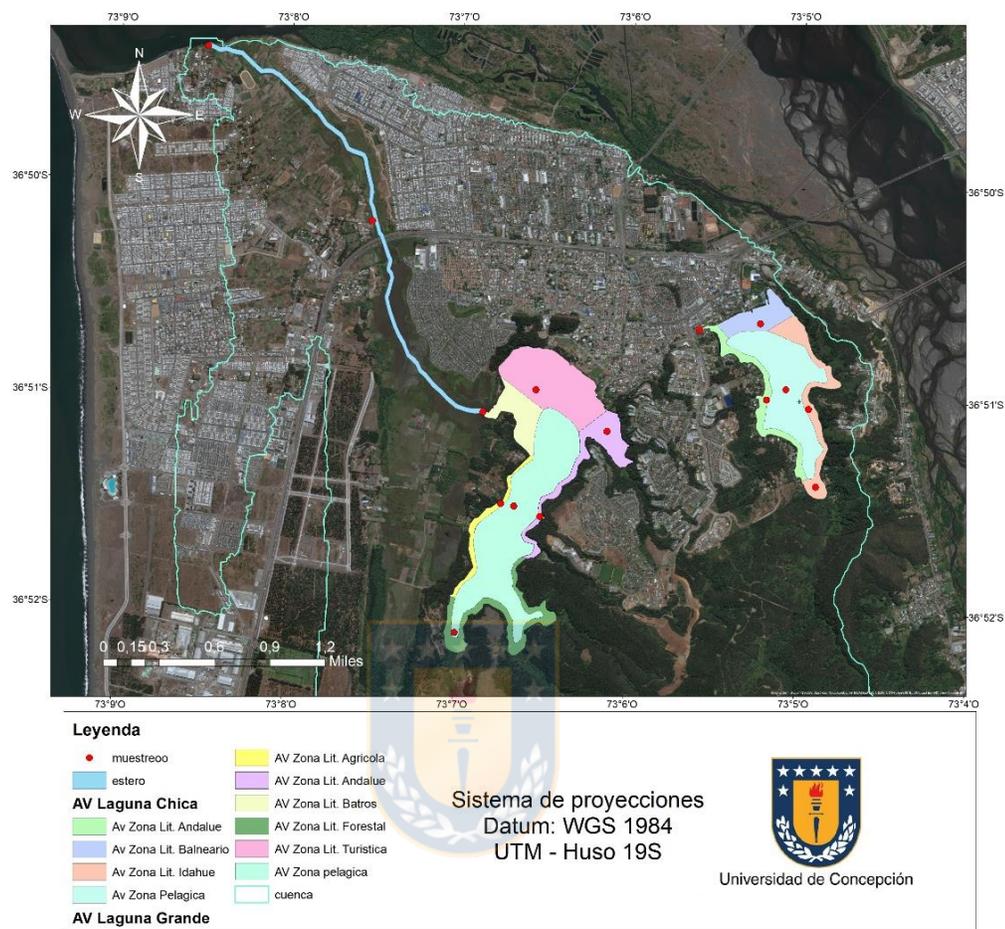


Figura 28: Áreas de Vigilancia propuestas para la Laguna Grande, Laguna Chica y Humedal los Batros. (Fuente: Elaboración Propia).

5.3.1 Laguna Grande

AVI 1: Zona Litoral Los Batros

De acuerdo a los antecedentes obtenidos de la bibliografía estudiada esta zona tiene un alto valor ecológico que alberga a variadas especies con algún grado de conservación. Aquí, se encuentra el desagüe hacia el Estero Los Batros y por ende mantiene una estrecha relación con lo que ocurra en el humedal y la

vegetación del humedal, siendo esta área primordial para controlar la entrada de contaminantes, nutrientes y especies, es importante en esta área mantener los Servicios Ecosistémicos esenciales de soporte, regulación, provisión y cultural. En esta zona habitan especies endémicas y nativas de peces, anfibios, aves y macroinvertebrados importantes de considerar a la hora de proponer bioindicadores, las especies del lugar se deberían estar supervisando estacionalmente para ver si se cumplen con los objetivos que se elaboraron en el S.N.

Variables: Físicoquímico, nutrientes, biológicos (coliformes fecales y cianobacterias), contaminantes orgánicos e inorgánicos, metales



AVI 2: Zona Litoral Andalué I

En base a la literatura, se logra identificar que es una zona susceptible y presionada por la actividad urbana intensiva que se ha estado desarrollando en las mesetas cercana a esta AVI., exponiéndola a los colectores de aguas lluvias correspondiente a la zona del venado. Durante el invierno muchas especies de peces regresan a estas zonas para alimentarse o vivir. El aumento de la erosión en una zona que está siendo constantemente intervenida por este tipo de expansión hace que la tasa de sedimentación aumente en este lugar, generando que ingresen una alta cantidad de nutrientes y contaminantes vinculados a la

urbanización y al arrastre de aguas lluvias, que se encuentran en este foco urbanístico.

Variables: Físicoquímico, nutrientes, biológicos (coliformes fecales y cianobacterias), contaminantes orgánicos e inorgánicos, metales

AVI 3: Zona Litoral Turística

Lugar donde se desarrolla el turismo y las actividades destinadas a la comunidad como conciertos, eventos masivos y deportes náuticos de baja intervención tales como el remo, windsurfing, kayak, etc. En esta zona también se encuentra una gran población de macrofitas invasoras, sin embargo, son los cisnes de cuello negro quienes hacen un control al menos de la *Egeria Densa*, siendo esta su principal alimentación. Es importante igual recalcar que durante el terremoto esta área fue utilizada por la población para abastecerse de agua, debido a que el suceso dejó sin suministro de agua a la comuna por algunas semanas. Esta zona, debido al turismo está altamente expuesta a contaminantes que puedan arrastrar los kayak y también a los residuos domiciliarios y plásticos que muchas veces la gente por falta de conocimiento desecha en este cuerpo de agua.

Variables: Físicoquímicos, Contaminantes Orgánicos e inorgánicos, biológicos (cianobacterias y coliformes fecales).

AVI 4: Zona Litoral forestal

En esta área de vigilancia predominan a su alrededor las actividades forestales y sufre la amenaza de contaminantes que puedan estar asociados a esta actividad y, además, de un posible cambio de uso de suelo para destinarse a la urbanización, es también aquí donde al igual que toda la zona litoral los peces vuelven a vivir y alimentarse durante el invierno principalmente.

Variables: Físicoquímico, contaminantes inorgánicos, se sugiere igual en un futuro evaluar las variables relacionadas a pesticidas y/o herbicidas.



AVI 5: Zona Litoral Agrícola

Esta zona limita con zonas de cultivo que se encuentran en el humedal Los Batros, exponiendo a esta área de vigilancia a la contaminación difusa de productos químicos que se utilizan para la actividad agrícola. Al igual que las demás zonas litorales en esta área durante el invierno los peces se encuentran en este lugar. Por otro lado, en esta zona se han encontrado extracciones de agua sin permisos legales y, además, a una posible contaminación de aguas servidas sin tratamiento previo por parte de algunas casas.

Variables: Físicoquímicos, contaminantes orgánicos e inorgánicos, Biológicos (cianobacterias y coliformes fecales), Metales no esenciales.

AVI 6: Zona Pelágica

En esta zona se han llevado a cabo la mayoría de los muestreos y es importante que debido a que tiene un historial de mediciones de la Laguna Grande se debe seguir analizando los cambios que se han desarrollado en esta área de vigilancias especialmente la hidrodinámica del lago, en base a esto, es que se deben generar mediciones de variables fisicoquímicas a diferentes profundidades del lago, de esta manera tener controlada la producción de bolsones anóxicos en el fondo del lago.

Variables: Fisicoquímicos, contaminantes orgánicos e inorgánicos, metales, cianobacterias.



5.3.2 Laguna Chica

AVI 1: Zona Litoral Balnearios

Zona destinada al uso turístico y cultural, donde se encuentra ubicado el Balneario Municipal de San Pedro de la Paz y otros establecimientos destinados a la producción de eventos. Este lugar destinado a distintos deportes náuticos incluyendo la natación es susceptible a cambios tróficos y contaminantes emergentes debido a la presión antrópica en el lugar, en este sitio, anualmente pueden llegar alrededor de medio millón de visitantes, generando un impacto importante a la calidad del agua, debido a la ausencia de conocimiento de las personas y por ende cuidado del lago.

Es importante mencionar también que este lugar al ser utilizado para baño y recreación, debe regirse por normas de recreación con contacto directo.

Variables: Físicoquímicos, contaminantes orgánicos e inorgánicos, coliformes fecales, cianobacterias.

AVI 2: Zona Litoral Idahue

En esta zona se encuentra una vegetación ribereña asociada al bosque mixto, es decir, especies exóticas y especies nativas, sin embargo, tanto en las mesetas como en las orillas de encuentra la expansión urbanística correspondiente al barrio Idahue, en esta área, es probable encontrar colectores de aguas lluvias y posibles extracciones ilegales de agua, también se logró identificar un balneario público, donde cada día del verano están llegando más visitantes al lugar.

Variables: Físicoquímicos, contaminantes orgánicos e inorgánicos, coliformes fecales, cianobacterias.

AVI 3: Zona Litoral Andalue II

En este lugar es donde se lleva a cabo la mayor intervención urbanística alrededor de la Laguna Chica, se han registrado extracciones ilegales de agua y puedan encontrarse colectores de aguas lluvias y vertimientos ilegales de aguas servidas.

Variables: Físicoquímicos, contaminantes orgánicos e inorgánicos, coliformes fecales, cianobacterias.

AVI 4: Zona pelágica

Lugar donde se desarrolla la mayor profundidad del lago, en él se desarrollan diversas especies como peces y comunidad bentónica, es también la zona ideal para levantar información relacionada a su condición hidrodinámica. A diferencia de la Laguna Grande sobre esta laguna no existen tantos estudios sobre contaminantes.



Variables: Físicoquímicos, contaminantes orgánicos e inorgánicos, metales. Es importante mencionar que en esta zona es ideal medir a diferentes profundidades.

5.3.3 Estero los Batros

Esta área de vigilancia altamente amenazada por actividades antrópicas es fundamental mantenerla controlada debido a la mala calidad del agua presente actualmente en ella, donde estudios han encontrado altas concentraciones de metales. La zona del humedal hoy se encuentra bajo constantes presiones urbanísticas donde ha pasado por procesos de relleno, micro basurales,

ganadería, agricultura, urbanización, turísticas y proyectos industriales que constantemente impactan en la calidad de agua de este estero que riega gran parte de las hortalizas y medicina natural destinadas al consumo humano de la Provincia de Concepción.

Variables: Fisicoquímicos, contaminantes orgánicos e inorgánicos, metales, coliformes fecales.

5.4 Parámetros a normar y Tablas de Calidad



Se propone usar parámetros que tengan fines de conservación de la biota acuática en los cuerpos de agua, es decir, que mantengan un equilibrio físico químico para evitar la eutrofización, que tenga una buena calidad del agua para mantener sus Servicios Ecosistémicos y que tengan valores aptos de parámetros químicos para mantener la vida acuática.

Entre estos se encuentran los indicadores biológicos que contemplan la composición, abundancia y biomasa del fitoplancton, flora acuática, fauna bentónica, fauna ictiológica. Estos indicadores suelen medirse a través de parámetros de diversidad de Shannon y clorofila a, que es un indicador tope de la eutrofización. Entre los bioindicadores biológicos, que serán objeto de norma por su representatividad de estados tróficos y/o contaminados, se encuentran el *Diplodon Chilensis*, *Pisidium chilense*, Carmelita de Concepción, Carpas, algas y

cianobacterias tóxicas como las *microcystis* y las demás enunciadas en el capítulo de fitoplancton.

Existen de igual manera indicadores hidromorfológicos que influyen dentro de estos indicadores biológicos y por ende se deberían mantener en observación, tales como, el volumen e hidrodinámica del lago, tiempo de renovación y la conexión con aguas subterráneas, por otro lado, dentro de las condiciones morfológicas que influyen en los indicadores biológicos se encuentran, la variación de profundidad del lago, cantidad, estructura y sustrato del lecho del lago y su estructura ribereña.

Por otra parte, las variables físico-químicas, se basan básicamente en la transparencia, condiciones térmicas, condiciones de oxigenación, conductividad, pH y, condiciones relativas a los nutrientes tales como nitrógeno y fósforo.

También se seleccionaron contaminantes inorgánicos y orgánicos que están estrechamente relacionados con los recolectores de aguas lluvias y aguas servidas. Por otro lado, también se cree necesario controlar los contaminantes asociados a los metales esenciales y no esenciales ya que están ligadas a actividades de construcción.

De igual manera se sugiere poner cuidado en los contaminantes emergentes tales como microplásticos, HAPs, pesticidas, herbicidas, etc. Los cuales son necesarios de monitorear en lagos que están fuertemente amenazados por las

actividades antrópicas como el turismo, expansión urbanística, agropecuarias y agrícolas.

Es importante mencionar que en ambas lagunas se midan parámetros fisicoquímicos en el hipolimnion y/o en el bentos, donde un buen bioindicador de macroinvertebrados es el *Diplodon chilensis* el cual se encuentra en aguas oligotróficas junto a la especie *Pisidium chilense*.

Los valores a considerar en cada parámetro para la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad tendrán por objetivo general proteger, mantener o recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso, la protección y conservación de las comunidades acuáticas y de los



En la Tabla N°9 se agrupan los valores para los parámetros fisicoquímicos y bioindicadores para cada condición trófica, para esta tabla se tomaron valores de la CONAMA en cuanto a los niveles de trofía.

Tabla 9: Tabla de calidad para parámetros vinculados al estado trófico de las lagunas.

| Parámetro | Hiperoligotrófico | Oligotrófico | Mesotrófico |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Transparencia (m) ¹ | 12 | 6 | 3 |
| Pt (mg/m ³) | <7,5 | 10 | 30 |
| Nt (mg/m ³) | 300 | 450 | 750 |
| DBO ₅ (mg/L) | <1 | 5 | 20 |
| Clorofila a (ug/L) (NZ) | <1 | 2 | 5 |
| Productividad primaria (mg C/m ² año) | <30 | 80 | 250 |
| Bioindicadores | <i>Pisidium chilense</i> , <i>Bacillariophyta</i> , | <i>Diplodon chilensis</i> Carmelita de concepción | Carpas Truchas Gambusias Cianobacteria |

| | | | |
|--|----------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|
| | Carmelita de Concepción <i>Ochrophyta</i> | <i>Ochrophyta</i> | <i>Egeria Densa</i> Dydimo <i>Diplodon chilensis</i> |
|--|----------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|

1= Expresado en términos de valor mínimo

Para los demás parámetros se definieron valores que estén dentro de clases calidad tales como:

Clase 1: Indica un agua de muy buena calidad. Es adecuada para la conservación de al menos el 99% de las comunidades acuáticas.

Clase 2: Indica un agua de buena calidad, es adecuada para la protección y conservación de al menos el 95% de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las Clases 2 y 4.

Clase 3: indica una calidad de agua regular, basada en valores que conservan alrededor del 90% de las comunidades acuáticas, además, indica un agua adecuada para el desarrollo de la pesca deportiva y recreativa y, para los usos comprendidos en la Clase 4.

Clase 4: Indica una mala calidad, es adecuada para bebida de animales y para riego restringido, por otro lado, se fijan valores para la conservación del 80% de las comunidades acuáticas.

Las aguas que excedan los límites establecidos para la Clase 4, indicarán un agua de muy mala calidad (Clase 5), en general no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas o su aprovechamiento para los usos prioritarios sin el tratamiento adecuado.

En el caso que un cuerpo o curso de agua, la calidad natural sea de una calidad inferior a la Clase 3 o al estado mesotrófico, deberá ser recuperado hasta el valor de su calidad natural, con el objeto de que ésta no empeore.

En la Tabla N°10 se presentan los compuestos u elementos con sus respectivos valores para cada clase de calidad, los cuales están basados en estándares de calidad de agua para ecosistemas acuáticos de Australia y Nueva Zelanda, además de países como Canadá, USA, Unión Europea.

Tabla 10: Tabla de calidad para los distintos indicadores de calidad de agua.

| N° | Grupo de elementos o compuestos | Unidad | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Clase 4 |
|---------------------------------------|---------------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| INDICADORES FÍSICOS Y QUÍMICOS | | | | | | |
| 1 | Conductividad | uS/cm | <60 | 80 | 120 | 225 |
| 2 | Oxígeno Disuelto ¹ | mg/L | >7,5 | 7,5 | 5,5 | 5 |
| 3 | pH ² | Rango | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 |
| 4 | Sólidos Suspendidos | mg/L | <24 | 30 | 50 | 80 |
| 5 | Temperatura ³ | ΔT°C | <0,5 | 1,5 | 1,5 | 3 |
| INORGANICOS | | | | | | |
| 6 | Amonio (NZ) | ug/L | <13 | 30 | 60 | 90 |
| 7 | Nitrato (NZ) | mg/L | 2,3 | 9,3 | 11,2 | 20 |
| 8 | Cianuro (NZ) | ug/L | <4 | 5 | 5 | 10 |
| 9 | Fluoruro (Can) | mg/L | <0,12 | 1 | 1,5 | 2 |
| 10 | Nitrito (UE) | mg/L | <0,01 | 0,05 | 0,06 | >0,06 |
| 11 | Sulfuro (NZ) | ug/L | <0,5 | 1 | 1,5 | 2,6 |
| ORGANICOS | | | | | | |
| 12 | Aceites y Grasas (EPA) | mg/L | <0,01 | 0,5 | 1 | 5 |

| | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------|---------|--------|--------|--------|
| 13 | Bifenilos policlorados (PCBs) (EPA) | ug/L | 0,014 | 0,04 | 0,045 | >0,045 |
| 14 | Hidrocarburos | mg/L | <0,04 | 0,05 | 0,2 | 1 |
| METALES ESENCIALES | | | | | | |
| 15 | Boro (NZ) | mg/L | <0,09 | 0,37 | 0,7 | 1 |
| 16 | Cobre (NZ) | ug/L | <1 | 1,4 | 1,8 | 2,5 |
| 17 | Cromo total (NZ) | ug/L | 0,01 | 0,05 | 6,0 | 40 |
| 18 | Hierro | mg/L | <0,2 | 0,3 | 5 | 5 |
| 19 | Manganeso (NZ) | mg/L | 0,1 | 0,1 | 2,5 | 3,6 |
| 20 | Molibdeno | mg/L | <0,008 | 0,01 | 0,15 | 0,5 |
| 21 | Níquel (NZ) | ug/L | <8 | 11 | 13 | 17 |
| 22 | Selenio (NZ) | ug/L | <5 | 10 | 18 | 34 |
| 23 | Zinc (NZ) | mg/L | <0,002 | 0,008 | 0,015 | 0,031 |
| METALES NO ESENCIALES | | | | | | |
| 24 | Aluminio (NZ) | mg/L | <0,027 | 0,055 | 0,08 | >0,15 |
| 25 | Arsénico (NZ) | mg/L | <0,001 | 0,01 | 0,094 | 0,1 |
| 26 | Cadmio (NZ) | ug/L | <0,01 | 0,06 | 0,4 | 1 |
| 27 | Tributilo de Estaño (NZ) | ug/L | <0,0004 | 0,006 | 0,02 | 0,05 |
| 28 | Mercurio (NZ) | ug/L | <0,06 | 0,1 | 0,5 | 1 |
| 29 | Plomo (NZ) | mg/L | <0,001 | 0,0034 | 0,0056 | 0,0094 |
| INDICADORES MICROBIOLÓGICOS | | | | | | |
| 30 | Coliformes fecales (NMP) | NMP/100ml | <5 | 50 | 1000 | 5000 |

Fuente: Modificado de CONAMA (2004) basado en Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality (2000).

1= Expresado en términos de valor mínimo.

2= Expresado en términos de valor máximo y mínimo

3= Diferencia de temperatura entre la zona analizada y la temperatura natural del agua.

Las variables seleccionadas para la normativa están estrechamente relacionadas a las fuentes difusas y puntuales que se puedan desarrollar sobre estos cuerpos de agua, donde las variables fisicoquímicas están enfocadas a controlar el estado trófico de las lagunas, los contaminantes orgánicos e inorgánicos controlar las fuentes de originadas por aguas servidas, aguas lluvias y en el caso de los orgánicos también los contaminantes producidos por motores, también se

encuentran las variables relacionadas a los metales los que tienen como función mantener un control de los desechos urbanos e inmobiliarios.

Por otro lado, debido al impacto de la agricultura sobre todo alrededor de la Laguna Grande y el Humedal Los Batros se sugiere y recomienda que cada cierta temporada se midan ciertos contaminantes que son considerados prioritarios para la Unión Europea (Anexo 1) para ver si se está cumpliendo con la prohibición de algunos de estos químicos. Es importante mencionar que en el análisis integral anterior se logró presenciar en el año 2005 una presencia contaminante de Lindano en la Laguna Chica.



5.5 Valores Umbrales

En las siguientes tablas se ven los parámetros con los respectivos valores umbrales que se proponen en cada área de vigilancia. Estos valores fueron escogidos en base a su historial, presiones y objetivos de conservación.

Tabla 11: Concentraciones máximas y mínimas para las áreas de vigilancia propuestas para la Laguna Grande.

| Parámetro | Unidad | Áreas de Vigilancia | | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------|---------------|-------------|----------------|--------------|---------------|
| | | Pelágica | Lit. Agrícola | Lit. Batros | Lit. Turística | Lit. Andalue | Lit. Forestal |
| Transparencia | m | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Pt | mg/m ³ | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Nt | mg/m ³ | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| DBO ₅ | mg/L | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Clorofila a | Ug/L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Productividad primaria | mgC/m ² año | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |

| | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Conductividad | uS/cm | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | >7,5 | >7,5 | >7,5 | >7,5 | >7,5 | >7,5 |
| pH | Rango | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 |
| Solidos Suspendidos | mg/L | <5,7 | <5,7 | <5,7 | <5,7 | <5,7 | <5,7 |
| Temperatura | ΔT°C | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Amonio | ug/L | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Nitrato | mg/L | 9,3 | 9,3 | 9,3 | 9,3 | 9,3 | 9,3 |
| Cianuro | ug/L | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Fluoruro | mg/L | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 |
| Nitrito | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Sulfuro | mg/L | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Aceites y Grasas | mg/L | <4 | <4 | <4 | <4 | <4 | ----- |
| Bifenilos policlorados (PCBs)** | ug/L | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | ----- |
| Hidrocarburos | mg/L | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | ----- |
| Boro | mg/L | ----- | ----- | <0,09 | ----- | <0,09 | ----- |
| Cobre | ug/L | ----- | ----- | <1 | ----- | <1 | ----- |
| Cromo total | ug/L | ----- | ----- | <8 | ----- | <8 | ----- |
| Hierro | mg/L | ----- | ----- | <0,8 | ----- | <0,8 | ----- |
| Manganeso | mg/L | ----- | ----- | <0,04 | ----- | <0,04 | ----- |
| Molibdeno | mg/L | ----- | ----- | <0,008 | ----- | <0,008 | ----- |
| Níquel | ug/L | ----- | ----- | <8 | ----- | <8 | ----- |
| Selenio | ug/L | ----- | ----- | <4 | ----- | <4 | ----- |
| Zinc | mg/L | ----- | ----- | <0,008 | ----- | <0,008 | ----- |
| Aluminio | mg/L | ----- | <0,027 | <0,027 | ----- | <0,027 | ----- |
| Arsénico | mg/L | ----- | <0,001 | <0,001 | ----- | <0,001 | ----- |
| Cadmio | ug/L | ----- | <0,06 | <0,06 | ----- | <0,06 | ----- |
| Estaño | ug/L | ----- | <4 | <4 | ----- | <4 | ----- |
| Mercurio | ug/L | ----- | <0,04 | <0,04 | ----- | <0,04 | ----- |
| Plomo | mg/L | ----- | <0,002 | <0,002 | ----- | <0,002 | ----- |
| Coliformes fecales | NMP/100 ml | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | ----- |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Concentraciones máximas y mínimas para las áreas de vigilancia propuestas para la Laguna Chica.

| Parámetro | Unidad | Áreas de Vigilancia | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------|-----------------|-------------|--------------|
| | | Pelágica | Lit. Balneario* | Lit. Idahue | Lit. Andalue |
| Transparencia | M | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Pt | mg/m ³ | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Nt | mg/m ³ | 450 | 450 | 450 | 450 |
| DBO ₅ | mg/L | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Clorofila a | Ug/L | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Productividad primaria | mgC/m ² año | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Conductividad | uS/cm | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | >7,5 | >7,5 | >7,5 | >7,5 |

| | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| pH | Rango | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 |
| Sólidos Suspendidos | mg/L | <5,7 | <5,7 | <5,7 | <5,7 |
| Temperatura | $\Delta T^{\circ}C$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Amonio | ug/L | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Nitrato | mg/L | 9,3 | 9,3 | 9,3 | 9,3 |
| Cianuro | ug/L | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Fluoruro | mg/L | <0,8 | <0,8 | <0,8 | <0,8 |
| Nitrito | mg/L | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Sulfuro | mg/L | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Aceites y Grasas | mg/L | <4 | <4 | <4 | <4 |
| Bifenilos policlorados (PCBs)** | ug/L | ----- | 0,04 | ----- | 0,04 |
| Hidrocarburos | mg/L | <0,04 | ----- | ----- | ----- |
| Boro | mg/L | <0,09 | ----- | ----- | ----- |
| Cobre | ug/L | <1 | ----- | ----- | ----- |
| Cromo total | ug/L | <8 | ----- | ----- | ----- |
| Hierro | mg/L | <0,8 | ----- | ----- | ----- |
| Manganeso | mg/L | <0,04 | ----- | ----- | ----- |
| Molibdeno | mg/L | <0,008 | ----- | ----- | ----- |
| Níquel | ug/L | <8 | ----- | ----- | ----- |
| Selenio | ug/L | <4 | ----- | ----- | ----- |
| Zinc | mg/L | <0,008 | ----- | ----- | ----- |
| Aluminio | mg/L | <0,027 | ----- | ----- | ----- |
| Arsénico | mg/L | <0,001 | ----- | ----- | ----- |
| Cadmio | ug/L | <0,06 | ----- | ----- | ----- |
| Estaño | ug/L | <4 | ----- | ----- | ----- |
| Mercurio | ug/L | <0,04 | ----- | ----- | ----- |
| Plomo | mg/L | <0,002 | ----- | ----- | ----- |
| Coliformes fecales | NMP/100ml | 50 | 50 | 50 | 50 |

Fuente: Elaboración propia.

* Es importante mencionar que en esta zona se deben aplicar Valores de contacto directo correspondiente a la Norma primaria de calidad ambiental.

Tabla 13: Concentraciones máximas y mínimas para el Estero Los Batros.

| Parámetro | Unidad | Área de Vigilancia |
|------------------------|---------------------------|--------------------|
| | | Estero los Batros |
| Transparencia | Cm | 30 |
| Pt | mg/m ³ | 10 |
| Nt | mg/m ³ | 450 |
| DBO ₅ | mg/L | 5 |
| Clorofila a | Ug/L | 2 |
| Productividad primaria | mgC/m ² año | 80 |
| Conductividad | uS/cm | 120 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | >7,5 |
| pH | Rango | 6,5 – 8,5 |
| Sólidos Suspendidos | mg/L | <5,7 |
| Temperatura | $\Delta T^{\circ}C$ | <0,5 |
| Amonio | ug/L | 30 |
| Nitrato | mg/L | 9,3 |
| Cianuro | ug/L | <4 |

| | | |
|--------------------|-----------|--------|
| Fluoruro | mg/L | <0,8 |
| Nitrito | mg/L | <0,05 |
| Sulfuro | mg/L | <0,04 |
| Aceites y Grasas | mg/L | <4 |
| Hidrocarburos | mg/L | <0,04 |
| Boro | mg/L | <0,09 |
| Cobre | ug/L | <1 |
| Cromo total | ug/L | <8 |
| Hierro | mg/L | <0,8 |
| Manganeso | mg/L | <0,04 |
| Molibdeno | mg/L | <0,008 |
| Níquel | ug/L | <8 |
| Selenio | ug/L | <4 |
| Zinc | mg/L | <0,008 |
| Aluminio | mg/L | <0,027 |
| Arsénico | mg/L | <0,001 |
| Cadmio | ug/L | <0,06 |
| Estaño | ug/L | <4 |
| Mercurio | ug/L | <0,04 |
| Plomo | mg/L | <0,002 |
| Coliformes fecales | NMP/100ml | 50 |

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores fueron elegidos con la finalidad de proteger a las especies más sensibles de este cuerpo y que se encuentran en alguna categoría de conservación. por otro lado, también fueron escogidos con la finalidad de conservar los Servicios ecosistémicos de las Lagunas como lo son la provisión de agua dulce, regulación del clima, recreación y turismo, educación, etc.

En el caso de la transparencia se seleccionó el valor a través del historial de muestreos en las lagunas y humedal y en la conductividad a través de valores neozelandeses que se basan en las características climáticas del lugar, todos los demás valores escogidos son en base a la clase 1 de la tabla de calidad y un estado trófico deseado de oligotrofia.

5.6 Programa de vigilancia y monitoreo

Actualmente se encuentran 4 puntos de muestreos que mantienen datos históricos en la Laguna Grande, de estos 4 puntos, 3 puntos P1,P2 y P3 se proponen mantener al menos uno de estos y agregar otros 5 puntos de monitoreo, dando un total de 8 puntos de control para la Laguna Grande, por otro lado, se agregan 6 puntos de control para la Laguna Chica y finalmente 3 puntos de control para el humedal los Batros, con el cual comparte 1 punto con la Laguna Grande en el desagüe, para esta cuenca se encuentra un total de 16 puntos de control lo cual está sujeta a cambios a medida que se compruebe su efectividad. En la tabla 14 se presentan los puntos de muestreos con sus respectivas coordenadas

Tabla 14: Puntos de muestreo.

| Punto | Nombre | Ubicación (UTM, huso18) | |
|-------|-------------|-------------------------|---------|
| | | Este | Norte |
| P1 | Desagüe | 668580 | 5920162 |
| P2 | Centro | 668390 | 5919146 |
| P3 | Sur | 667867 | 5918041 |
| P4 | Los batros | 668117 | 5919965 |
| P5 | Agrícola | 668277 | 5919162 |
| P6 | Andalue | 668614 | 5919048 |
| P7 | Andalue 2 | 669198 | 5919795 |
| P8 | Desagüe LCh | 670005 | 5920682 |
| P9 | Balneario | 670536 | 5920735 |
| P10 | Centro LCh | 670760 | 5920162 |
| P11 | Andalue 3 | 670589 | 5920073 |
| P12 | Idahue | 670955 | 5919982 |

| | | | |
|-----|--------------|--------|---------|
| P13 | Balneario 2 | 671014 | 5919306 |
| P14 | Los Batros 2 | 667230 | 5921518 |
| P15 | Los Batros 3 | 665731 | 5923161 |

Asimismo, para un monitoreo adecuado de los parámetros tróficos, es indispensable tener registros en toda la columna de agua, es decir, desde la superficie hasta la profundidad máxima. Justamente el hipolimnion es la parte más vulnerable en un lago, debido a la estratificación térmica que impide la oxigenación del hipolimnion durante el verano, lo que provoca una disminución del oxígeno y una acumulación de nutrientes. En base a esto se propone que por un lado para los puntos P2 y P10 se mida en el epilimnion, metalimnion, hipolimnion y sedimentos durante el verano y, para los demás puntos se mida en el epilimnion y sedimentos.

Es importante, además, considerar la frecuencia de las mediciones en los puntos de muestreos, especialmente de las variables que permiten conocer el estado trófico y su condición físico-químicos, que requieren ser medidos al menos una vez estacionalmente, al igual que los contaminantes inorgánicos, orgánicos e indicadores microbiológicos. Sin embargo, los metales esenciales y no esenciales se pueden medir con una periodicidad más amplia.

Por otro lado, en el área de los balnearios de la Laguna Chica también se puede optar por una periodicidad más amplia en cuanto a los contaminantes relacionados a los PCBs, detergentes y metales con una periodicidad de una vez

al año, específicamente en enero, que es el mes con mayor concentración humana en esta área.

Es importante que el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos y de los parámetros tróficos se puedan elaborar estacionalmente y con excepción de la temporada de verano que al menos se haga 2 veces debido al aumento en las concentraciones de clorofila a y la estratificación que se produce en esta estación.

En las tablas 15 y 16 se resume de mejor manera el programa de monitoreo.

Tabla 15: Programa de Monitoreo para los variables tróficas y fisicoquímicas.

| A. Vigilancia | Periodo | Profundidad |
|----------------------|------------------|---------------------------------------|
| Litorales | Verano (2 veces) | 0 – 3 m / 5 – 9 m/ sedimentos |
| | Otoño | 2 – 9 m Sedimentos |
| | Invierno | |
| | Primavera | |
| Pelágicas | Verano (2 veces) | 0 – 3 m / 5 – 9 m/ >10m sedimentos |
| | Otoño | 5 – 10 m Sedimentos |
| | Invierno | |
| | Primavera | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Programa de Monitoreo para las variables inorgánicas, orgánicas, metales y biológicas.

| Variable | A. Vigilancia* | Profundidad | Periodicidad |
|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Inorgánicos | Litorales | Verano: 5 – 9m/ Sedimentos Otoño – Invierno – Primavera: 2 – 9 m/ Sedimentos | Estacionalmente |
| | Pelágicas | Verano: 5 – 9m/ Sedimentos Otoño – Invierno – Primavera: 5 – 10 m/ Sedimentos | |
| Orgánicos | Litorales | Verano: | Estacionalmente |
| | Pelágicas | 0 – 5m | |

| | | | |
|------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| | | Otoño – Invierno – Primavera: 0 – 5 m | |
| Metales | Litorales | Verano: 5 – 9m/ Sedimentos Otoño – Invierno – Primavera: 5 – 10 m/ Sedimentos | 3 veces al año |
| | Pelágicas | | |
| Biológicas | Litorales | 0 – 5 m | Estacionalmente |
| | Pelágicas | | |

*= Sólo para las áreas de vigilancia que se les asigno dicho parámetro.

Fuente: Elaboración propia.

El muestreo de agua, la preservación y manejo de las muestras en la columna de agua, se pueden realizar según las normas indicadas en la tabla 17:

Tabla 17: Normativa para el muestreo.

| Identificación | Título de la Norma |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NCh411/1. Of96 | Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo. |
| NCh411/2. Of96 | Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo. |
| NCh411/3. Of96 | Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras. |
| NCh411/4. Of96 | Calidad del agua – Muestreo – Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales. |
| Collection and preservation of samples | Descritas en el número 1060 del “Standard Methods” for examination of wáter and wastewater |

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la metodología analítica para medir las variables, se proponen variados métodos a elegir (Tabla N°18). Para los nutrientes, NT y PT son los métodos de absorción molecular (colorimetría) y, además, cromatografía de aniones. Esto permite a la DGA o a los entes fiscalizadores elegir según sus posibilidades el método más conveniente, teniendo en cuenta los límites de

detección de los instrumentos. Esto incluye también la posibilidad de incluir métodos automáticos como Flow Injection Method o Segmented Flow Analysis.

Tabla 18: Metodología propuesta para el análisis de las variables normadas.

| Variable | Metodología |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Transparencia | Disco Secchi |
| Conductividad | Celda de conductividad |
| Temperatura | Termométrica |
| pH | Electrodo específico |
| Oxígeno Disuelto | 4500-O G. Membrane Electrode Method |
| Fosforo total (PT) | 4500-P H. Manual Digestion and Flow Injection Analysis for total phosphorus 4500-P I. In-line UV/Persulfate Digestion and Flow Injection Analysis for total phosphorus 4500-P J. Persulfate Method for simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus |
| Amonio | 4500- NH3 F. Phenate Method 4500- NH3 G. Automated Phenate Methods 4500- NH3 H. Flow Injection Analysis |
| Nitrito | 4500- NO2 B. Colorimetric Method 4110 Determination of Anions by Ion Chromatography |
| Nitrato | 4500- NO3 E. Cadmium Reduction Method 4500- NO3 F. Automated Cadmium Reduction Method 4500- NO3 I. Cadmium Reduction Flow injection Method 4110 Determination of Anions by Ion Chromatography |
| Nitrogeno Total | 4500- N C. Persulfate Method 4500- P J. Persulfate Method for simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus |
| Clorofila a | 10200 H. Chlorophyll |
| DQO | 5220 D. Closed Reflux, Colorimetric Method |
| Fitoplancton | 100200 B. Sample Collection 100200 F. Phytoplankton Counting techniques |
| Macrofitas | 100400 C. Vegetation Mapping Methods 100400 D. Population estimates |
| Zoobentos | 100500 B. Sample Collection 100500 C. Sample Processing and Analysis |

5.7 Cumplimiento de la Norma

Se establece que, para el cumplimiento de la norma, se debe calcular el percentil 85 de los valores medidos durante un periodo de dos años y tres años en el caso de los metales, de esta forma cumplir con el mínimo de 8 datos. Si el percentil 85 o 15 (En el caso de la transparencia y OD) cumple con el umbral de la norma, esta variable cumple para ese periodo de medición. En el caso contrario que el percentil 85 o 15 no cumpla con el umbral y lo sobrepase, el cuerpo de agua se declara en estado de saturación para esta variable y, en el último caso que el percentil 85 o 15 este entre el 80% y el 100% del umbral, es decir, sin sobrepasarlo, el cuerpo de agua se declara en un estado de latencia para esta variable. Un ejemplo de aquello está en la figura 29 donde en el caso a se cumple con la norma, en el caso b no se cumple y en el caso c se encuentra latente.

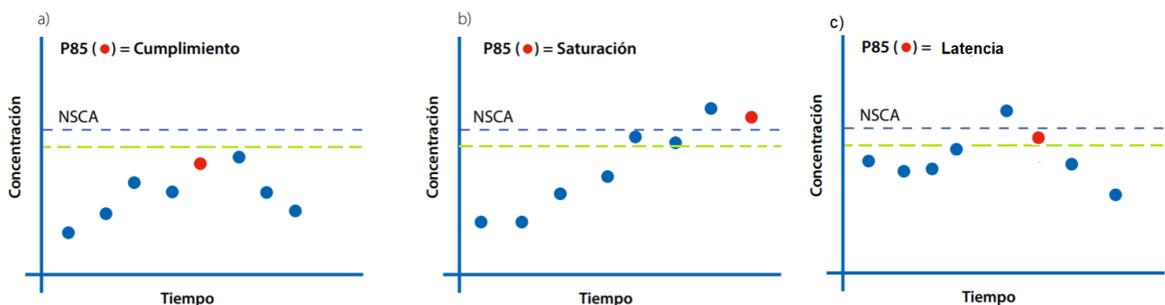


Figura 29: Ejemplos del cumplimiento normativo con percentiles.

Es importante mencionar que durante el año 2015, 2016 y 2017, tras mediciones elaboradas en el humedal los batros, en diferentes estaciones del año se constató que los parámetros como el cobre, aluminio, coliformes fecales, conductividad, O. Disuelto, DBO₅, manganeso, Amonio, aceites y grasas y Hierro tuvieron

valores que se encontraban en al menos una estación del año en clase 3 y 4 según las tablas de calidad presentadas anteriormente, por otro lado en este mismo trabajo que detallo la calidad del ecosistema acuático se concluyó que su calidad de agua se encontraba dentro de un rango de calidad mala.

Por otro lado, la Laguna Grande y Laguna Chica han fluctuado por valores tróficos que las han catalogado como oligotróficas, sin embargo, durante la última década estos valores se mantenían en rangos mesotróficos y eutróficos.

5.8 Partes interesadas



Una de las principales medidas para llevar cabo esta NSCA es la participación de todas las entidades públicas y privadas. La coordinación entre estos organismos es la base para implementar medidas que permitan realizar las acciones de manejo de la cuenca y cumplir con los objetivos propuestos. Así mismo, la colaboración entre todas las partes interesadas puede resultar como un catalizador de nuevas colaboraciones.

Para ello, se deben identificar las instituciones privadas, organizaciones y JJ.VV. que se encuentren territorialmente en la cuenca y que presenten interés en participar de la vigilancia y de un comité operativo. De esta manera formar un grupo consolidado para trabajar a favor del cuidado y conservación de las Laguna Grande, Chica y Humedal los Batros.

En base a esto es importante que se generen grupo donde se encuentren:

- Entidades Municipales
- Dirección General de Agua (DGA)
- Directamar
- Seremi de Medio Ambiente
- Seremi de Salud
- Instituciones de investigación y académicas
- Comunidad y/o JJ.VV.
- ONG's Ambientales
- Superintendencia de Medio Ambiente (SMA)
- Dirección de Obras Hidráulicas
- Privados: Forestales, Inmobiliarias, Sanitarias
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

En la Tabla N°19, 20 y 21 se identifican a los principales actores privados, públicos y comunitarios respectivamente.

Tabla 19: Actores privados claves.

| Actor | Actividad que desarrolla | Influencia en la Cuenca |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CMPC: Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones | Producción y comercialización de madera, celulosa, productos de embalaje, productos sanitarios, de fuera del hogar y de papel tissue. | Empresas dueñas de grandes paños de terreno dedicados a la explotación forestal, muy demandados además por las empresas inmobiliarias debido a la expansión urbana del sector. |
| Forestal Mininco. CMPC | Gestiona el desarrollo de la forestación, conservación e incremento del patrimonio forestal de CMPC, generando desde sus bosques plantados, el abastecimiento estratégico de las plantas de celulosa y papel. | |

| | | |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Comercializadora Forestal Pacific Forest | Importación y exportación de madera chilena. | |
| Grupo Patio | Desarrollo, diseño, construcción y administración de proyectos inmobiliarios. | |
| Papelera BO Paper Bio Bío, ex Norske Skog: | Productor de Papeles con Fibras Termomecánicas de Alto Rendimiento. | |
| Inmobiliaria Aitúé | Desarrollador inmobiliario con proyectos en el área aledaña al Santuario de la Naturaleza Laguna Grande- Humedal Los Batros. | Empresas inmobiliarias y del área de la construcción, con domicilio o avocindadas en la comuna de San Pedro de la Paz, actualmente son los principales demandantes de terrenos vecinos al Santuario de la Naturaleza. |
| EBCO | Constructora con proyectos en San Pedro de la Paz. | |
| Inmobiliaria RPA | Compra, venta y administración de Inmuebles. Se vincula con el área como actor territorial. | |
| Constructora BIO BIO | Ejecución de Obras Públicas y Privadas. Se vincula con el área como actor territorial. | |
| Corralco Inversiones SA | Sociedades de inversión y rentistas de capitales mobiliarios en general. Se vincula con el área como actor territorial. | |
| Los Robles Inversiones Limitada | Intermediación financiera. Se vincula con el área como actor territorial. | |
| Inmobiliaria San Pedro SA | Compra, venta y alquiler (excepto amoblados) de inmuebles propios o arrendados. Se vincula con el área como actor territorial. | |
| Inmobiliaria Los Cisnes | Compra, venta y alquiler (excepto amoblados) de inmuebles propios o arrendados. Se vincula con el área como actor territorial. | |
| Inmobiliaria y Constructora San Roque | Arriendo de inmuebles amoblados o con equipos y maquinarias. Se vincula con el área como actor territorial. | |

| | | |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UDEC: Universidad de Concepción | Universidad. Desarrollo de investigación e innovación vinculada a temáticas territoriales y nacionales, en diversas áreas. | Actores del área académica se presentan como potenciales aliados a la hora de generar información sobre el ecosistema del Santuario de la Naturaleza. |
| EULA- UDEC | Centro de investigación, difusión, educación permanente y asesorías ambientales integrales para el sector público y privado contribuyendo con ello, al desarrollo sustentable de la región y el país. | |
| UCSC: Universidad Católica de la Santísima Concepción | Universidad. Desarrollo de investigación e innovación vinculada a temáticas territoriales y nacionales, en diversas áreas. | |
| Corporación C.E.A.T. | Establecimiento educacional técnico- profesional de San Pedro de la Paz. | |
| ESSBIO S.A. | Servicios de en el ciclo integral del agua (agua potable, alcantarillado y descontaminación de aguas servidas) y en la gestión integral de residuos. | |
| Aguas San Pedro | Servicios de en el ciclo integral del agua (agua potable, alcantarillado y descontaminación de aguas servidas) y en la gestión integral de residuos. | |

Tabla 20: Actores Públicos claves.

| Actor | Actividad que desarrolla | Influencia en la Cuenca |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CMN: Consejo de Monumentos Nacionales | Organismo técnico del Estado que depende del Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio, se encarga de la protección y tuición del patrimonio monumental. | Dentro de sus funciones se encuentra ejercer la protección y tuición del patrimonio cultural y natural de carácter monumental, como los Santuarios de la Naturaleza, velando por su identificación, protección oficial, supervisión, conservación y puesta en valor. |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>DOM: Dirección de Obras Municipales</p> | <p>Unidad de cada Municipio encargada de velar por el cumplimiento de las normas que regulan la planificación urbana y la edificación en el territorio comunal. Quienes quieran llevar a cabo un proyecto de construcción o urbanización en una comuna, deben obtener una autorización de la DOM respectiva.</p> | <p>Como garante del cumplimiento de la Ley General de Urbanismo y Construcción y otros instrumentos de planificación territorial, la Dirección cumple como rol la fiscalización de las normas sobre construcción y urbanización de los terrenos aledaños a la Cuenca.</p> |
| <p>SECPLA: Secretaría Comunal de Planificación</p> | <p>La Secretaría Comunal de Planificación desempeña funciones de asesoría del Alcalde y del Concejo, en materias de estudios y evaluación, propias de las competencias de ambos órganos municipales.</p> | <p>Organismo que vela por el cumplimiento, análisis y desarrollo del Plan comunal de desarrollo.</p> |
| <p>Dirección Medio Ambiente Municipalidad de San Pedro de la Paz (D.M.A.M.)</p> | <p>Velar por el cumplimiento de la legislación ambiental. Desarrollar estrategias de conservación y protección de la biodiversidad que existen en el territorio comunal. Implementar convenio de cooperación para la ejecución de estudios, proyectos y programa relacionados con la gestión ambiental, en alianza con instituciones públicas y privadas.</p> | <p>La Dirección es el principal organismo a nivel municipal a cargo de llevar los procesos de gestión ambiental en la Cuenca.</p> |
| <p>DAEM: Dirección de Administración de Educación Municipal</p> | <p>Garantizar el acceso a un servicio educativo de calidad para todos los estudiantes de la comuna de San Pedro de la Paz.</p> | <p>Como organismo municipal a cargo del sistema de educación, es un importante articulador del componente educativo y la posterior transmisión del contenido educativo a la población.</p> |

| | | |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ministerio del Medio Ambiente (MMA).</p> | <p>Organismo encargado de liderar el desarrollo sustentable del país, a través de la generación de políticas públicas y regulaciones eficientes, promoviendo buenas prácticas y mejorando la educación ambiental ciudadana.</p> | <p>Organismo de nivel gubernamental a cargo de elaborar políticas como las NSCA.</p> |
| <p>Gobernación Marítima</p> | <p>Fiscalizar que las embarcaciones menores que naveguen en su jurisdicción estén matriculadas en la respectiva Capitanía de Puerto; vigilar que las dotaciones y los trabajadores de ribera tengan sus matrículas o permisos vigentes, entre otras.</p> | <p>A través de la Capitanía de Puerto de Talcahuano, la Gobernación marítima es el organismo encargado de fiscalizar a embarcaciones presentes en Laguna Grande.</p> |
| <p>Gobierno Regional (GORE)</p> | <p>Transferencia de atribuciones y responsabilidades en el ámbito político, económico y administrativo desde el Gobierno central a los gobiernos regionales.</p> | <p>El Gobierno Regional a través su programa de saneamiento sanitario es el órgano estatal encargado de habilitar y financiar la infraestructura para implementar los servicios básicos de agua potable y alcantarillado sanitario, de algunos sectores aledaños a la cuenca.</p> |

| | | |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Concejo Municipal | <p>Dictar ordenanzas municipales y el reglamento que establecen la organización interna del municipio.</p> <p>Aprobar el plan comunal de desarrollo, el presupuesto municipal y los de salud y educación, los programas de inversión, entre otras</p> <p>Resolver: materias en que las leyes exigen acuerdo del concejo.</p> <p>Fiscalizar: La gestión del alcalde. El cumplimiento de los planes y programas de inversión municipal y la ejecución del presupuesto.</p> | El Concejo es el principal ente fiscalizador a nivel comunal. |
| Dirección de Seguridad y Protección Civil (DSPC). | <p>La Municipalidad de San Pedro de la Paz crea esta unidad que busca no sólo mejorar la coordinación interna del municipio para prevenir y enfrentar emergencia, sino que también generar una cultura de la prevención en todos los habitantes de la ciudad, a través de su departamento de Riesgos.</p> | La DSPC apoyará en labores de capacitación, control y fiscalización de emergencias e instancias de prevención de estas. |
| ONEMI | <p>organismo a cargo de planificar y coordinar los recursos públicos y privados destinados a la prevención y atención de emergencias y desastres de origen natural o provocados por la acción humana, proporcionando modelos y planes de gestión permanente para la prevención y manejo de emergencias, desastres y catástrofes.</p> | Su potencial rol es el apoyo a los actores vinculados a la Cuenca y el cumplimiento de la normativa ligada a la prevención de emergencias y desastres propios dentro de la cuenca. |

| | | |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.</p> | <p>Encargado de apoyar el desarrollo de la agricultura, los bosques y la ganadería, a través de la protección y mejoramiento de la salud de los animales y vegetales.</p> | <p>El Servicio se plantea como un importante apoyo en temas de desarrollo, protección y resguardo de las actividades productivas agrícolas y ganaderas que se desarrollan dentro de la cuenca. Además, su área de recursos naturales lleva a cabo labores de control y fiscalización de caza animal y extracción de algunas especies vegetales protegidas.</p> |
| <p>SERNAPESCA: Servicio Nacional de Pesca.</p> | <p>Entidad dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Resguarda la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente, a través de una fiscalización integral y gestión sanitaria.</p> | <p>Objetivos de protección de la fauna íctica de las Lagunas.</p> |
| <p>CONAF/GEPRIF: Corporación Nacional Forestal.</p> | <p>Entidad dependiente del Ministerio de Agricultura, cuya principal tarea es administrar la política forestal de Chile y fomentar el desarrollo del sector. La GEPRIF es la Gerencia de protección contra incendios forestales de CONAF, la cual promueve el desarrollo en temáticas de prevención de incendios forestales.</p> | <p>La CONAF y especialmente el GEPRIF cumplen con el apoyo en la prevención y el combate de incendios forestales en la Cuenca, por otro lado, poder hacer el catastro vegetacional de la zona.</p> |
| <p>Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)</p> | <p>Responsable de la construcción de ciudades socialmente integradas, conectadas, recuperando entornos para transformarlos en espacios amables e inclusivos; y propiciar el acceso a viviendas adecuadas.</p> | <p>Los Ministerios a través de sus departamentos regionales tienen el rol de generar políticas de desarrollo y gestión de los recursos naturales, culturales y materiales de la cuenca, teniendo influencia en la limitación de construcción y protección de la cuenca.</p> |
| <p>SERVIU: Servicio de Vivienda y Urbanismo.</p> | <p>A cargo de materializar en el territorio, políticas, planes y normativas definidos por la Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo, para posibilitar el acceso a soluciones</p> | |

| | | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>habitacionales de calidad, generando barrios y ciudades equitativas, integradas y sustentables. En el caso específico de este servicio, existe un área del S.N cuyos terrenos pertenecen a SERVIU y fueron entregados en comodato al Municipio de San Pedro de la Paz.</p> | |
| <p>Ministerio de Obras Públicas (MOP)</p> | <p>Planear, estudiar, proyectar, construir, ampliar, reparar, conservar y explotar la infraestructura pública de carácter fiscal, que esté bajo su tuición, a lo largo del país. También considera lo referido a la nueva edificación pública y la puesta en valor de las construcciones ya existentes que tienen un carácter patrimonial. Dentro de sus facultades legales, el MOP es responsable de la aplicación de la Ley de Concesiones y del Código de Aguas.</p> | |
| <p>DOH: Dirección de Obras Hidráulicas</p> | <p>Provee de servicios de Infraestructura Hidráulica que permitan el óptimo aprovechamiento del agua y la protección del territorio y de las personas.</p> | <p>Su rol como proveedor de infraestructura hidráulica lo vincula con la Cuenca debido a que tanto la Laguna Chica como la Laguna Grande y el Humedal y Estero Los Batros son evacuadores de los sistemas de aguas lluvias de San Pedro de la Paz.</p> |
| <p>DGA: Dirección General de Aguas</p> | <p>Organismo que se encarga de gestionar, verificar y difundir la información hídrica del país, en especial respecto a su cantidad y calidad, las personas naturales y jurídicas que están autorizadas a utilizarlas, las obras hidráulicas existentes y la seguridad de las mismas.</p> | <p>Organismo a cargo de la gestión de los cuerpos de agua. Monitorea periódicamente el estado general y trófico de los cuerpos de agua.</p> |

Tabla 21: Actores Comunitarios Claves.

| Actor | Actividad que desarrolla | Influencia en la Cuenca |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ORGANIZACIONES CULTURALES | | |
| Asociación Indígena Newen Leufu | Desarrollo de actividades de Pueblos originarios y comunidades indígenas, sector La Candelaria | Las organizaciones culturales de la sociedad civil tienen el rol de gestionar las inquietudes históricas, culturales y artísticas en todos los ámbitos de los vecinos en torno a los Cuerpos de Agua vistas desde su espiritualidad, cosmología y patrimonio. |
| Centro Cultural Mapuche Lafken Palife | Rescate de la cultura mapuche en San Pedro de la Paz. | |
| Corporación Cultural San Pedro de la Paz | Desarrollo y promoción de acciones artísticas, culturales y educativas de calidad, con participación de diversos sectores sociales de San Pedro de la Paz. | |
| ORGANIZACIONES AMBIENTALES | | |
| CODEFF: Comité pro Defensa de Flora y Fauna | Comité pro Defensa de la Fauna y Flora, CODEFF, organización no gubernamental, ciudadana, nacional, participativa y sin fines de lucro; cuyo objetivo es incentivar la conservación de la naturaleza, el medioambiente y el desarrollo sustentable. | Las organizaciones de carácter ambiental de la comuna están directamente relacionadas con los objetivos de protección del ecosistema de la Cuenca, por lo que tienen un importante rol en la transmisión de estos objetivos a sus miembros y al resto de los habitantes de la comuna, así como de fiscalizar y proponer estrategias a los organismos públicos y privados. |
| Red de Humedales Biobío | Organizaciones y agrupaciones vinculadas a la puesta en valor, conservación, protección, defensa e investigación con humedales del Biobío. | |
| Agrupación San Pedro Sustentable | | |
| Club de Jardines Dedal de Oro San Pedro de la Paz | | |
| Comité Ambiental Comunal | | |

| | | |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Asamblea Ambiental Biobío (A.A.B.B) | Organización que agrupa a diversos actores ambientales para la defensa de los ecosistemas que se encuentran amenazados. | |
| ONG Defensa Ambiental | Organización encargada de velar por los problemas socioambientales que afectan a la región. | |
| ORGANIZACIONES SOCIALES | | |
| Hermandad de la Costa | Estimular y divulgar los estudios y conocimientos sobre el mar, en sus aspectos deportivos, científicos técnicos, ecológicos, históricos, literarios y artísticos, para que especialmente la juventud, conozca y aprecie el mar. | Las organizaciones sociales son potenciales transmisores y responsables de los objetivos de la NSCA. |
| Comité de adelanto Península | Promover el desarrollo habitacional y social de sus integrantes. | |
| Comité de adelanto y seguridad Los Pensamientos | | |

| | | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>JJVV de la comuna</p> | <p>constituyen las JJVV: Ballona Residencial Laguna Grande Laguna Llacolen N° 5 Laguna Grande Portal San Pedro San Pedro del Valle N° 6 Villa San Pedro Los Acacios N6Villa Evangelista 2 Villa Evangelista 3 Palomares Villa Venus 2 Villa Venus 8-R 28 de Mayo Las Araucarias Boca Sur Viejo Villa Evangelista Pedro de Valdivia Sur Villa El Recodo Sueño Urbano Nueva Candelaria Sector 3 Villa Padre Hurtado Newen Co Villa la Paz N12 Nueva Candelaria Villa Candelaria Sur Riviera del Bio-bio Los Héroes Capitán Pastene La Marina 10R lomas Coloradas Nueva Lomas Coloradas Villa Cardenal Villa Los Escritores La Arboleda de San Pedro Los Colonizadores Horizonte 9R Michaihue Pacífico del Sol San Pedro de la Costa I San Pedro de la Costa II San Pedro de la Costa III San Pedro de la Costa IV Pacífico del Sol Edificios Nuevos de Michaihue Villa Ruka Pehuen Progreso Villa Victoria Bellavista de San Pedro Viejo.</p> | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Una vez realizada la identificación, se deben generar invitaciones a todas las instituciones y organizaciones, donde estas puedan decidir su voluntad de participación en el avance por el cuidado y conservación de la cuenca, solo de esta forma se lograrán mejores acuerdos e información respecto a la cuenca, generando lazos y compromisos con una misma finalidad de conservar y proteger el patrimonio de la comuna de San Pedro de la Paz.

6 CONCLUSIONES

1. El expediente del Santuario no considera a los tres cuerpos de agua sin entregar justificación de la ausencia de la Laguna Chica en él, por otro lado, se hace necesario revisar el Plan de Manejo para el S.N., específicamente en el indicador 2 del objeto de conservación Laguna Grande, donde se califica con una calidad pobre a valores sobre 13 mg/L de Oxígeno Disuelto.
2. La NSCA y cualquier otro instrumento de protección, debe considerar a todos los cuerpos de agua que están conectados al Santuario de la Naturaleza, es decir, tanto al Humedal Los Batros y la Laguna Grande, como a la Laguna Chica y los afluentes que alimentan a cada uno de estos cuerpos de agua, esto, debido a su interdependencia y efectos que puedan causar un cuerpo sobre el otro.
3. Se hace una propuesta de las Áreas de Vigilancia en las cuales se debería monitorear la calidad de agua. ante esta propuesta, los diferentes actores claves deberán decidir si son suficientes o se requiere homogeneizar algunas de las áreas de vigilancia propuestas.
4. Se identifican las principales presiones que actúan sobre la calidad del agua: inmobiliarias y forestales (en cuanto a la cantidad indiscriminada de esta y la arquitectura que no acompaña al comportamiento ecológico de los cuerpos de agua), también se identifican las presiones de la agricultura, turismo y recreación donde anualmente son alrededor de un millón quienes visitan estos cuerpos de agua.
5. Todos los instrumentos de planificación territorial deben considerar estas presiones para evitar aumentar la contaminación de las lagunas, frente a estos de hace importante el empoderamiento ciudadano a la hora de participar de las consultas y exigir que se cumplan las demandas.
6. Con el objetivo de seguir manteniendo el turismo, es importante generar iniciativas sustentables que regulen de mejor manera esta actividad e incentiven el cuidado de estas a través de actividades educativas guiadas por organismos ambientales y públicas que entreguen información a las organizaciones comunitarias.

7. Finalmente, se encuentra que hay suficiente información para crear la norma y es importante implementarla para evitar que estos cuerpos de agua se encuentren más degradados frente a las presiones constantes que sufren.
8. Una vez implementada esta norma, se podrán generar mayores datos a través de los monitoreos correspondientes que se hagan en la cuenca, estos datos ayudarán a tomar mejores medidas para el cuidado de los cuerpos de agua, estas medidas deben ir de acuerdo a un Manejo Integrado de Cuencas como por ejemplo el ILBM.
9. Es necesario elaborar un estudio respecto al estado actual de los cuerpos de agua para ver su presente y ver si cumple con los Valores Umbrales propuestos, de esta manera se pueden tomar decisiones como la necesidad de rehabilitación de estos los cuerpos de agua mejorando su estado trófico y calidad de agua.
10. Las lagunas deben ser vista como recurso hídrico único para la comuna, que puede ser utilizado en situaciones de emergencias como una fuente de abastecimiento de agua para la población al asegurar una calidad de agua óptima para su consumo.
11. Se sugiere generar estudios en los Cuerpos de Agua respecto a los: Pesticidas debido a la actividad agrícola que se desarrolla alrededor de las Lagunas y humedal, Balance de Nutrientes y Capacidad de Carga de las lagunas, contaminantes emergentes y Evaluación de Riesgo Ecológico con especies sensibles pertenecientes a la fauna de la Cuenca.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agencia Nacional de Aguas (ANA) (2002). La evolución de la gestión de los recursos hídricos de Brasil.
- Aguirre, M. 2011. La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Redesma*. 2011. 5(1):10-20.
- Almanza, V., Pedreros, P., Laughinghouse, H. D., Félez, J., Parra, O., Azócar, M., & Urrutia, R. (2019). Limnological Association between trophic state, watershed use, and blooms of cyanobacteria in south-central Chile. *Limnologia*, 75(November 2018), 30–41. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2018.11.004>
- Allan j. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 35:257-284.
- Anderson N., rippey B., & Gibson C., (1993). A comparison of sedimentary and diatom-inferred phosphorus profile: implications for defining pre-disturbance nutrient conditions. *Hydrobiologia* 253: 357-366.
- Añon, d. (1991). Distribución del bentos del lago escondido (río negro, argentina) con especial énfasis en los quironómidos (diptera, chironomidae). *Studies on neotropical fauna and environment*. 26: 149-157.
- Australian Government; New Zealand government. (2000) Obtenido de: <https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default>
- Barra, R; Pozo, K.; Urrutia, R.; Cisternas, M.; Pacheco, P.; & Focardi, S. (2001). Plaguicidas organoclorados persistentes en sedimentos de tres lagos costeros y un lago andino de chile central. *Boletín de la sociedad chilena de química*, 46(2), 149-159.
- Brinkhurst, r. 1974. The benthos of lakes. first edition. the macmillan press ltd, great britain. 190 pp.
- Campos H., Steffens W., Agüero G., Parra O. & Zuñiga I. (1992). Limnology of lake Ranco (chile). *Limnológica* 22: 337-353
- Carpenter, S., Christensen, D., Cole, J., Cottingham, K., He, X., Hodgson, J., Pace, M. (1995). Biological control of eutrophication in lakes. *Environmental science & technology* 29(3):784-786.
- Carpenter, S., Lathrop, R. 1999. Lake restoration: capabilities and needs. *The Ecological Bases for Lake and Reservoir Management*. *Hydrobiology* 136: 19-28.

- Carrasco-Lagos, P., Moreno, R.A., Ibarra-Vidal, H. & Tala, Ch. (2012). Vertebrados en peligro de extinción de la región del Biobío, Chile. Seremi de Medio Ambiente Región del Biobío, Universidad Santo Tomás y exp. ediciones al conocimiento. 84 pp.
- CEPAL, Comisión Económica Para América Latina Y El Caribe. 2018. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. 91 pp.
- Chidammodzi, C., Muhandiki, V. (2015). Determination of the status of stakeholder participation in the management of the lake Malawi basin through application of integrated lake basin management lakes and reservoirs: Research and management 2015. 20: 166-181.
- Chirinos L., Rose L., Urrutia R., Muñoz P., Torrejón F., Torres L., Cruces F., Araneda A., Zaror C., (2006). Environmental evidence of fossil fuel pollution in Laguna Chica de San Pedro lake sediments (central Chile). Environmental Pollution vol. 141 pags. 247-256.
- Cisternas, M., & Araneda, A. (1997). Variaciones históricas en las tasas de erosión-sedimentación de un cuerpo lacustre antropizado: Utilización de geocronología radioisotópica. *Revista de Geografía Norte Grande*, 24, 151–156.
- Cisternas M., Torres I., Urrutia R., Araneda A., & Parra O.; (2000). Comparación ambiental, mediante registros sedimentarios, entre las condiciones prehispánicas y actuales de un sistema lacustre. *Revista chilena de historia natural*, 73(1), 151-162.
- Cisternas, M. A. A. (2001). Variaciones isotópicas (Pb, Cs) antropogénicas en el registro estratigráfico de lago de la Cordillera de Nahuelbuta, Chile. https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/RGCH2001_v28N1pp105_115.pdf
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). (2003). Estrategia regional y plan de acción para la biodiversidad región del Biobío. Chile. 44 pp.
- CONAMA, Comisión Nacional de Medio Ambiente. 2004. Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales y superficiales y marinas. Gobierno de Chile. 18pp
- Costanza, R., Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.

- Cruces, F., Urrutia, R., Araneda, A., Torres, L., Cisternas, M., & Vyverman, W. (2001). Evolución trófica de laguna grande de san pedro (VIII Región, Chile) durante el último siglo, mediante el análisis de registros sedimentarios. *Revista chilena de Historia Natural*, 74(2), 407-418
- Daily, G. C. 1997. *Nature's services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. (Vol. 19971). Island Press, Washington, DC
- Decreto 19. Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile, 16 de octubre de 2010
- Decreto 38. Aprueba reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile, 22 de septiembre de 2013.
- Decreto 122. Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Santiago, Chile, 04 de junio de 2010.
- Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de agosto de 2013 , por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas Texto pertinente a efectos del EEE *OJ L 226, 24.8.2013, p. 1-17 obtenido de:* <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/39/oj>
- Echarri, I. (2007). *Población, ecología y ambiente*. España: Universidad de Navarra.
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. División de recursos naturales e infraestructura. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Essus, C., & Matus, P. (2019). ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL “PROYECTO CONSTRUCCIÓN NUEVO PUENTE FERROVIARIO BIOBÍO.” https://seia.sea.gob.cl/archivos/2019/06/18/CAPITULO_3_LINEA_BASE_Rev0_-_13062019.pdf#page=180&zoom=100,90,470
- Eula-Chile, C. (2000). condiciones prehispanicas y actuales de un sistema lacustre. 151–162. Obtenido de: http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/2000/1/Cisternas_et_al_2000.pdf
- EULA-Chile. (2011). *Diagnóstico y Propuesta para la Conservación y Uso Sustentable de los Humedales Lacustres y Urbanos Principales de la Región del Biobío: Propuesta Metodológica para el Manejo y Gestión para Humedales de la Región del*

Biobío. Informe Final. Concepción: Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción, 140pp.

Fernández, N; Messuti, M.; Fontenla, S. (2012). Occurrence of arbuscular mycorrhizae and dark septate endophytes in pteridophytes from a patagonian rainforest, Argentina. *Journal of basic microbiology*, 52, 1–11.

Granados D., Hernández M., López G., (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 12(1): 55-69.

González, L. (2004). Planificación ecológica de Humedal Los Batros, orientada a proteger, reparar y desarrollar las funciones ecológicas o ambientales del territorio. Seminario de título, facultad de ciencias naturales y oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile. 101 pp.

Hauenstein, E. (2004). Antecedentes sobre *Egeria densa* (Luchecillo), Hidrófita importante en la alimentación del cisne de cuello negro. 95, 89–95.

Hughes, R., Dunham S., Maas-Hebner K., Hebner, k., Schreck, C., Harte, M., Molina, N., Shock, C., Kaczynski V., Schaeffer, J. (2014). A review of urban water body challenges and approaches: rehabilitation and remediation. *Fisheries*, 39(1):18-29.

Iami A., Ruggiu D., Guilizzoni P., & Panzani P., (1986) Paleolimnology of the eutrophic lake varesse (northern italy). I subfossil diatoms remains in a short sediment core. *Memorie dell' istituto italiano di idrobiologia* 44: 1-14.

IDEAM. (2014). Batimetrías. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/batimetrías>

International Lake Environment Committee. (ILEC) (2007). Integrated lake basin management: an introduction. International lake environment committee foundation: Kusatsu, Japan. 85pp

Invasive species specialist group (ISSG) (2015). The global invasive species database. Version 2015.1. obtenido de: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=103> 2015

Johnson, R., T. Wieclerholm & M. Rosemberg. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates, 40 _ 158. In: D. Rosenberg and V. Resh (Eds.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. 448. Chapman & Hall, New York.

- Laderasur (2019). Expediente para la solicitud de declaración de Santuario de la Naturaleza Laguna Grande - Humedal Los Batros Comuna de San Pedro de la Paz, Provincia de Concepción, Región del Biobío
- Ley N° 19.300. CHILE. Aprueba Ley sobre Bases Generales de Medio Ambiente. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Santiago, Chile, 09 de marzo de 1994. Modificada por la Ley 20.417.
- Margalef R. (1995) Ecología. Ediciones Omega, Barcelona, España. 951 pp.
- Marr, S., Marchetti, M., Olden, J., García-Berthou, E., Morgan, D., Arismendi, I., Day, J., Griffiths, C. & Skelton, P. (2010). Freshwater fish introductions in Mediterranean-climate regions: ¿Are there commonalities in the conservation problem? *Diversity and Distributions*, 16(4), 606-619.
- Martínez, C., Rojas, C., Rojas, O., Quezada, J., Lopez, P., & Ruiz, Y. V. (2016). Crecimiento urbano sobre geoformas costeras de la llanura de san pedro, área metropolitana de concepción. En *Las Costas Del Neoliberalismo*, January, 287–312. https://www.researchgate.net/profile/Carolina_Rojas13/publication/303984464_Crecimiento_Urbano_sobre_geoformas_costeras_de_la_llanura_de_San_Pedro_Area_Metropolitana_de_Concepcion/links/5761643c08ae5c6f86da788e.pdf
- M., Bobadilla., Edell, A., Edson, Y., & Edwin, P. (2013). A phytoremediation approach using *Calamagrostis ligulata* and *Juncus imbricatus* in Andean wetlands of Peru. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(1), 323–334. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2552-x>
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington. 2003. 49-70.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2018). “Segundo informe de calidad del Lago Villarrica”. 1–19. Obtenido de: [http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=f4446ab5-ec1a-4643-a486-493642fac204&fname=2do Informe de Calidad Villarrica.pdf&access=public](http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=f4446ab5-ec1a-4643-a486-493642fac204&fname=2do%20Informe%20de%20Calidad%20Villarrica.pdf&access=public)
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). (2017). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017 – 2030*.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). (2017) *Guía para la elaboración de normas secundarias de calidad ambiental en aguas continentales y marinas*. División de recursos naturales y biodiversidad. Departamento de conservación de ecosistemas acuáticos. 104 pp.

- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2018). Plan nacional de protección de humedales 2018 - 2022.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2019). *Percillia irwini*. 1–8. http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_indepen.aspx?EspecieId=191&Version=1
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2020). Los grandes desafíos del reglamento de la ley de humedales. recuperado de: <https://mma.gob.cl/los-grandes-desafios-del-reglamento-de-la-ley-de-humedales-urbanos/>
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2 de Febrero de 2015). Medio Ambiente dice que en Chile hay 30 mil Humedales. Recuperado el 4 de Diciembre de 2015, de Ministerio del Medio Ambiente: <http://www.eldinamo.cl/ambiente/2015/02/02/diagrama-mundial-de-loshumedades-en-chile-hay-30-000/?rel=abajorelacionados>
- Moreno, D., Quintero, J., López, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. Universidad Autónoma Metropolitana. La Unidad Iztapalapa. Contactos 78:25-33.
- Municipalidad de San Pedro de la Paz. (2020). Plan de Manejo S.N Laguna Grande - Humedal Los Batros.
- Municipalidad de San Pedro de la Paz, Centro EULA / Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción (2018). Atlas de Riesgos Naturales y Antrópicos Comuna San Pedro de la Paz. Obtenido de:
- Muñoz E., Mendoza G., & Valdovinos C. (2001). Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lenticos de Chile central: Macroinvertebrados bentónicos. *Gayana (concepción)*, 65(2), 173-180. Obtenido de: <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-65382001000200009>
- Naiman R, Décamps H., Pollock M. (1993). The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological applications* 3(2): 209-212.
- Ortiz, J.C. Quintana, V. & Ibarra-Vidal, H. (1994) Vertebrados terrestres con problemas de conservación en la cuenca del Bío-Bío y mar adyacente. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Oyarzo, R. H. (1987). Lista de aves de la VIII Región y su estado reproductivo en el área. *Comunicaciones del Museo Regional de Concepción*, 1, 21-29.

- Parra O., Jara C. & Guzmán L. (1989). Las lagunas interurbanas de concepción: estado actual y perspectivas de recuperación y uso. Cipma, Tercer Encuentro Científico del Medio Ambiente, Concepción, Chile.
- Parra O. (1989). La eutrofización de la Laguna Grande de San Pedro, Concepción, Chile: Un caso de estudio. *Ambiente y Desarrollo* 1: 117-136.
- Parra, O., Valdovinos, C., Urrutia, R., Cisternas, M., Habit, E., & Mardones, M. (2003). Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile Central. *Limnetica*, 22(1-2), 51-83. http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne22/L22a051_Lagos_costeros_chilenos.pdf
- PLADECO, Plan de Desarrollo Comunal de San Pedro de la Paz 2018-2021. 2012. Plan de Desarrollo Comunal 2018-2021. Ilustre Municipalidad de San Pedro de la Paz, elaborado por Universidad del Biobío. 88 pp
- Quirós, R. (2007). Manejo y recuperación de lagos urbanos. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 16 pp.
- RCSE & ILEC. (2014). Development of ILBM platform process: evolving guidelines through participatory improvement. 2nd edition. 85 pp.
- Read, D., (1999). The ecophysiology of mycorrhizal symbiosis with special reference to impacts upon plant fitness. in: press, m.c., scholes, j.d., barker, m.g. (eds.), *Physiological plant ecology*. blackwell science, great britain, pp. 133-152.
- Rivera P. (1974) Diatomeas de agua dulce de concepción y alrededores (chile). *Gayana* 28 (chile): 1-134
- Rojas, A. (2018). Evaluación de los efectos del cambio de uso de suelo sobre las tasas de sedimentación en Laguna Grande de San Pedro de la Paz (Chile) durante los últimos 30 años. Tesis de Pregrado, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Rojas, J. y Parra, O. (2003). Conceptos básicos sobre medio ambiente y desarrollo sustentable.
- Rojas, C., de la Fuente, H., Martínez, M., & Rueda, I. (2017). Urbanización en Humedal Los Batros. Obtenido de: <http://www.urbancost.cl/wp-content/uploads/2017/01/Libro-Urbanización-Humedal-Los-Batros.pdf>
- Rojas, J., Azocar, G., Dolores, M., Vega, C., Kindler, A., & Kabisch, S. (2006). Atlas Social y Ambiental del Área Metropolitana de Concepción, Región del Bío-Bío, Chile. *Journal of Visual Languages & Computing*. Obtenido de:

https://www.mculture.go.th/mculture_th/download/king9/Glossary_about_HM_King_Bhumibol_Adulyadej's_Funeral.pdf

- Rosenberg, D. & Resh V., (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall (Eds.). 488 pp.
- Rozzi, R., D. Martinez, M.F. Willson & C. Sabag. (1997). Avifauna de los bosques templados de Sudamérica. En: Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago. Páginas 135-152.
- Ruiz v. & Marchant M., (2004) Ictiofauna de aguas continentales chilenas. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Ryding, S. O., Rast, W. 1992. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. UNESCO. Madrid, España. Editorial Pirámide.
- Scarsbrook M., Quinn J., Halliday J., Morse R. (2001). Factors controlling litter input dynamics in streams draining pasture, pine, and native forest catchments. New Zealand journal of marine and freshwater research 35: 751-762.
- Scasso, F., & Campos, H. (2000). Pelagic fish communities and eutrophication in lakes of an andean basin of central Chile. *Journal of Freshwater Ecology*, 15(1), 71–82. <https://doi.org/10.1080/02705060.2000.9663723>
- Schallenberg, M., De Winton, M., Verburg, P., Kelly, D., Hamill, K., Hamilton, D., 2013. Ecosystem Services of Lake. Ecosystem Services in New Zealand – Conditions and Trends. 15:203-225.
- Schindler D. (1987). Detecting ecosystem response to anthropogenic stress. Canadian journal fisheries aquatic science 44 (supplement) 1: 6-25.
- Sharip, Z., Jusoh, J. (2010). Integrated lake basin management and its importance for lake chini and other lakes in malaysia. Lakes & reservoirs: Research and management. 15: 41-51
- Sirombra, M. Mesa, L. 2010. composición florística y distribución de los bosques ribereños subtropicales andinos del Río Lules, Tucumán, Argentina. Revista de biología tropical 58(1): 499-510.
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Planes y Normas.
- Smith, S. Read, D. (2008). Mycorrhizal symbiosis, 3rd. ed. Academic press, London

- Smith, V., Tilman, G., Nekola, J. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*. 100:179-196.
- Smol J. (1995). Paleolimnological approaches to the evaluation and monitoring of ecosystem health: providing a history for environmental damage and recovery. *Evaluating and monitoring the health of large-scale ecosystems*: 301-318. Springer-verlag, Berlin, Germany.
- Soto D., Arismendi, Gonzalez J., Guzman E., Sanzana J., Jara F., Jara C. & Lara A. (2006). Southern Chile, trout and salmon country: Conditions for invasion success and challenges for biodiversity conservation. *Revista chilena de historia natural* 79: 97-117. 2006
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). Introducción a la ley de agua de limpia. Watershed Academy Web.
- Valdovinos, C., & Figueroa, R. (2000). Benthic community metabolism and trophic conditions of four South American lakes. *Hydrobiologia*, 429(1-3), 151-156. <https://doi.org/10.1023/A:1004071032617>
- Valdovinos, C. (2006). Humedales dulceacuícolas y biodiversidad. En: Atlas social y ambiental del Área Metropolitana de Concepción. Región del Bío-Bío, Chile. Editores: J. Rojas, G. Azócar, M.D. Muñoz, C. Vega, A. Kindler & S. Kabisch, pp. 104-124. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Van der heijden, M. Klironomos, J. Ursic, M. Moutoglis, P. et al., (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396, 69-72
- Vila, I. Veloso, A. Schlatter, R. & Ramírez, C. (2006). Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria. Primera edición. Pp: 146-150.
- Villagrán-Mella, R., Aguayo, M., Parra, L. E., & González, A. (2006). Relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79(2), 195-211. Obtenido de: <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2006000200006>
- Whitmore T. (1989). Florida diatoms assemblages as indicators of trophic state and ph. *Limnology and oceanography* 34: 882-895.
- Zamorano, María Elisa. (2016). Percepción Social de los Servicios Ecosistémicos del Humedal Costero Tubul-Raqui, Región del Bío-Bío. Tesis Universidad de Concepción, 143 pp.

8 ANEXOS

Anexo 1:

Tabla 22: Contaminantes Prioritarios para la Unión Europea Según la directiva Marco sobre el Agua 2013/39/UE.

| Sustancia | Nº CAS | Media Anual [ug/L] | Concentración máx. admisible [ug/L] | Biota [ug/kg] |
|------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| Alacloro | 240-110-8 | 0,3 | 0,7 | |
| Atrazina | 1912-24-9 | 0,6 | 2,0 | |
| Difeniléteres bromados | No aplica | | 0,14 | 0,0085 |
| Cloroalcanos, C ₁₀₋₁₃ | 85535-84-8 | 0,4 | 1,4 | |
| Clorpirifós – etilo | 2921-88-2 | 0,03 | 0,1 | |
| Diclorometano | 75-09-2 | 20 | | |
| Diurón | 330-54-1 | 0,2 | 1,8 | |
| Fluoranteno | 206-44-0 | 0,0063 | 0,12 | 30 |
| Hexaclorobutadieno | 87-68-3 | | 0,6 | |
| Isoproturón | 34123-59-6 | 0,3 | 1,0 | |
| Mercurio y sus compuestos | 7439-97-6 | | 0,07 | 20 |
| Níquel y sus compuestos | 7440-02-0 | 4 | 34 | |
| Antraceno | 120-12-7 | 0,1 | 0,1 | |
| Benceno | 71-43-2 | 10 | 50 | |
| Cadmio y sus compuestos (en función de la dureza del agua) | 7440-43-9 | ≤0,08 -- 0,08 0,09 – 0,15 0,25 | ≤0,45 – 0,45 – 0,6 – 0,9 – 1,5 | |
| Clorfenvinfós | 470-90-6 | 0,1 | 0,3 | |
| 1,2.dicloroetano | 107-06-2 | 10 | | |
| Ftalato de di(2-etilhexilo) (DEHP) | 117-81-7 | 1,3 | | |
| Endosulfán | 115-29-7 | 0,005 | 0,01 | |
| Hexaclorobenceno | 118-74-1 | | 0,05 | 10 |
| Hexaclorociclohexano | 608-73-1 | 0,02 | 0,04 | |
| Plomo y sus compuestos | 7439-92-1 | 1,2 | 14 | |
| Naftaleno | 91-20-3 | 2 | 130 | |
| Nonilfenoles | No aplica | 0,3 | 2,0 | |
| Octifenoles | No aplica | 0,1 | | |
| Pentaclorofenol | 87-86-5 | 0,4 | 1 | |
| Simazina | 122-34-9 | 1 | 4 | |
| Triclorobencenos | 120002-48-1 | 0,4 | | |

| | | | | |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Trifluralina | 1582-09-8 | 0,03 | | |
| Ácido perfluoro-octano-sulfónico y sus derivados (PFOS) (P) | 1763-23-1 | $6,5 \times 10^{-4}$ | 36 | 9,1 |
| Dioxinas y compuestos similares | No aplica | | | |
| Bifenox | 42576-02-3 | 0,012 | 0,04 | |
| Cipermetrina | 52315-07-8 | 8×10^{-5} | 6×10^{-4} | |
| Hexabromociclododecanos(HBCDD) | No aplica | 0,0016 | 0,5 | 167 |
| Terbutrina | 886-50-0 | 0,065 | 0,34 | |
| Pentaclorobenceno | 608-93-5 | 0,007 | | |
| Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) | No aplicable | | | |
| Compuestos de tributil estaño | No aplica | 0,0002 | 0,0015 | |
| Triclorometano (Cloroformo) | 67-66-3 | 2,5 | | |
| Dicofol | 115-32-2 | $1,3 \times 10^{-3}$ | | 33 |
| Quinoxifeno | 124495-18-7 | 0,15 | 2,7 | |
| Aclonifeno | 74070-46-5 | 0,12 | 0,12 | |
| Cibutrina | 28159-98-0 | 0,0025 | 0,016 | |
| Diclorvós | 62-73-7 | 6×10^{-4} | 7×10^{-4} | |
| Heptacloro y epóxido de heptacloro | 76-44-8 / 1024-57-3 | 2×10^{-7} | 3×10^{-4} | $6,7 \times 10^{-3}$ |

Anexo 2:

Tabla 23: Aves registradas para la cuenca en estudio.

| Orden | Familia | Nombre científico | Nombre común | Origen |
|-----------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|--------|
| Accipitriformes | Accipitridae | <i>Buteo albigula</i> | Aguilucho chico | Nativo |
| Accipitriformes | Accipitridae | <i>Accipiter chilensis</i> | Gavilan, pichi kokoriñ, Ñañque | Nativo |
| Passeriformes | Emberizidae | <i>Agelasticus thilius</i> | Trile | Nativo |
| Passeriformes | Tyrannidae | <i>Anairetes parulus</i> | Cachudito | Nativo |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Anas bahamensis</i> | Pato gargantillo | Nativo |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Anas flavirostris</i> | Pato jergón chico | Nativo |

| | | | | |
|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| Anseriformes | Anatidae | <i>Anas georgica</i> | Pato jergón grande | Nativo |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Anas platalea</i> | Pato cuchara | nativo |
| Passeriformes | Furnariidae | <i>Aphrastura spinicauda</i> | Rayadito, yiqui – yiqui | Endemico |
| Ciconiiformes | Ardeidae | <i>Ardea alba</i> | Garza Grande | Nativo |
| Ciconiiformes | Ardeidae | <i>Ardea cocoi</i> | Garza cuca | Nativo |
| Strigiformes | Strigidae | <i>Athene cunicularia</i> | Pequén | Nativo |
| Strigiformes | Strigidae | <i>Bubo magellanicus</i> | Ñacurutu | Nativo |
| Ciconiiformes | Ardeidae | <i>Bubulcus ibis</i> | Garza boyera | Nativo |
| Galliformes | Odontophoridae | <i>Callipepla californica</i> | Codornizo | Introducido |
| Passeriformes | Fringillidae | <i>Carduelis barbata</i> | Jilguero | Nativo |
| Falconiformes | Cathartidae | <i>Cathartes aura</i> | Jote cabeza colorada | Nativo |
| Charadriiformes | Charadriidae | <i>Charadrius modestus</i> | Chirlo Chileno | Nativo |
| Passeriformes | Furnariidae | <i>Cinclodes fuscus</i> | Churrete acanelado | Nativo |
| Passeriformes | Troglodytidae | <i>Cistothorus platensis</i> | Chercan de las vegas | Nativo |
| Piciformes | Picidae | <i>Colaptes pitiu</i> | Pitio, Pütriu | Nativo |
| Columbiformes | Columbidae | <i>Columba livia</i> | Paloma domestica | Introducido |
| Columbiformes | Columbidae | <i>Columbina picui</i> | Tórtola cuyana | Nativo |
| Falconiformes | Cathartidae | <i>Coragyps atratus</i> | Jote cabeza negra | Nativo |
| Passeriformes | Icteridae | <i>Curaeus curaeus</i> | Tordo | Nativo |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Cygnus melanocoryphus</i> | Cisne de cuello negro | Nativo |
| Ciconiiformes | Ardeidae | <i>Egretta thula</i> | Garza Chica | Nativo |
| Passeriformes | Tyrannidae | <i>Elaenia albiceps</i> | Fío – Fio | Nativo |
| Falconiformes | Accipitridae | <i>Elanus leucurus</i> | Bailarín | Nativo |
| Falconiformes | Falconidae | <i>Falco sparverius</i> | Cernicalo | Nativo |
| Gruiformes | Rallidae | <i>Fulica armillata</i> | Tagua | Nativo |
| Gruiformes | Rallidae | <i>Fulica leucoptera</i> | Tagua Chica | Nativo |
| Gruiformes | Rallidae | <i>Fulica rufifrons</i> | Tagua de frente roja | Nativo |

| | | | | |
|-----------------|------------------|------------------------------------|------------------------|-------------|
| Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Gallinago paraguayae</i> | Becacina | Nativo |
| Gruiformes | Rallidae | <i>Gallinula melanops</i> | Taguita | Nativo |
| Falconiformes | Accipitridae | <i>Geranoaetus melanoleucus</i> | Aguila | Nativo |
| Falconiformes | Accipitridae | <i>Geranoaetus polyosoma</i> | Aguilucho común, Ñancu | Nativo |
| Charadriiformes | Recurvirostridae | <i>Himantopus melanurus</i> | Perrito | Nativo |
| Passeriformes | Tyrannidae | <i>Hymenops perspicillatus</i> | Run – run | Nativo |
| Ciconiiformes | Ardeidae | <i>Ixobrychus involucris</i> | Huairavillo | Nativo |
| Charadriiformes | Laridae | <i>Larus dominicanus</i> | Gaviota dominicana | Nativo |
| Charadriiformes | Laridae | <i>Larus pipixcan</i> | Gaviota de Franklin | Nativo |
| Passeriformes | Furnariidae | <i>Leptasthenura aegithaloides</i> | Tijeral | Nativo |
| Passeriformes | Tyrannidae | <i>Lessonia rufa</i> | Colegial | Nativo |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Mareca sibilatrix</i> | Pato real | Nativo |
| Passeriformes | Mimidae | <i>Mimus thenca</i> | Tenca | Nativo |
| Passeriformes | Emberizidae | <i>Molothrus bonariensis</i> | Mirlo | Introducido |
| Passeriformes | Tyrannidae | <i>Muscisaxicola maclovianus</i> | Dormilona tontita | Nativo |
| Charadriiformes | Scolopacidae | <i>Numenius phaeopus</i> | Zarapito | nativo |
| Ciconiiformes | Ardeidae | <i>Nycticorax nycticorax</i> | Huairavo | Nativo |
| Falconiformes | Accipitridae | <i>Parabuteo unicinctus</i> | Peuco | Nativo |
| Gruiformes | Rallidae | <i>Pardirallus sanguinolentus</i> | Piden | Nativo |
| Passeriformes | Passeridae | <i>Passer domesticus</i> | Gorrión | Introducido |
| Columbiformes | Columbidae | <i>Patagioenas araucana</i> | Torcaza | Nativo |
| Falconiformes | Falconidae | <i>Phalcoboenus chimango</i> | Tiuque, Triuki | Nativo |
| Passeriformes | Furnariidae | <i>Phleocryptes melanops</i> | Trabajador | Nativo |
| Passeriformes | Fringillidae | <i>Phrygilus gayi</i> | Cometocinos de gay | Nativo |
| Passeriformes | Phytotomidae | <i>Phytotoma rara</i> | Rara | Nativo |

| | | | | |
|------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|
| Ciconiiformes | Threskiornithidae | <i>Plegadis chihi</i> | Cuervo de Pantano | Nativo |
| Podicipediformes | Podicipedidae | <i>Podilymbus podiceps</i> | Picurio | Nativo |
| Passeriformes | Tyrannidae | <i>Pseudocolaptes citreola</i> | Doradito común | Nativo |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | <i>Pteroptochos tarnii</i> | Hued – Hued del sur | Endémico |
| Podicipediformes | Podicipedidae | <i>Rollandia rolland</i> | Pimpollo | Nativo |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | <i>Scelorchilus rubecula</i> | Chucao | Endémico |
| Apodiformes | Trochilidae | <i>Sephanoides sephanoides</i> | Picaflor Chico | Nativo |
| Passeriformes | Emberizidae | <i>Sicalis luteola</i> | Chirihue | Nativo |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Spatula cyanoptera</i> | Pato colorado | Nativo |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Spatula versicolor</i> | Pato capuchino | nativo |
| | | <i>Strix rufipes</i> | Chonchon, coho, búho de bosque | |
| Passeriformes | Emberizidae | <i>Sturnella loyca</i> | Loica | Nativo |
| Passeriformes | Tyrannidae | <i>Tachuris rubrigastra</i> | Siete colores | Nativo |
| Passeriformes | Hirundinidae | <i>Tachycineta meyeni</i> | Golondrina Chilena | Nativo |
| Passeriformes | Troglodytidae | <i>Troglodytes aedon</i> | Chercan | Nativo |
| Passeriformes | Turdidae | <i>Turdus falcklandii</i> | Zorzal | Nativo |
| Charadriiformes | Charadriidae | <i>Vanellus chilensis</i> | Queltehue | Nativo |
| Passeriformes | Tyrannidae | <i>Xolmis pyrope</i> | Urco, Diucón | Nativo |
| Columbiformes | Columbidae | <i>Zenaida auriculata</i> | Tortola | Nativo |
| Passeriformes | Emberizidae | <i>Zonotrichia capensis</i> | Chincol | Nativo |