



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA

**ANÁLISIS DOCUMENTADO BIOQUÍMICO Y FÍSICO PARA LA
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES EN LA LAGUNA GRANDE
DE SAN PEDRO DE LA PAZ**

Trabajo de titulación para optar al Título de Ing. de

Ejecución en Gestión Control ambiental

Alumno:

Franco Luciano Martínez González

Profesor Guía:

Cristian Pereira

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dedicar unas palabras de profundo agradecimiento a aquellos que han sido pilares fundamentales en la realización de esta tesis.

En primer lugar, mi gratitud se dirige hacia mi familia, les agradezco por su amor incondicional y por ser mi fuente de motivación constante. Cada logro en esta tesis lleva impreso su respaldo y aliento, A mis amigos y compañeros de clase, quienes han compartido risas, desafíos y momentos de inspiración a lo largo de este trayecto, les doy las gracias.

A cada autor, a cada fuente y persona que ha contribuido a la construcción de este trabajo, mi reconocimiento. Que han tejido la riqueza de esta tesis, este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo, y quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos los que han sido parte de este viaje.

RESUMEN

En Chile, se encuentra una amplia diversidad de recursos naturales, siendo el recurso hídrico uno de los más esenciales para la vida de los seres vivos. Entre estos recursos destacan las lagunas, las cuales no solo constituyen un hábitat natural para diversas especies, sino que también han sido objeto de diferentes usos por parte de la sociedad, ya sea con fines recreativos, deportivos u otros.

El propósito central de este estudio es realizar un análisis del estado actual de la laguna grande de San Pedro de la Paz. Este análisis se llevará a cabo mediante la revisión de documentos actualizados con el objetivo de evaluar los riesgos ambientales asociados con la laguna. Para lograr este propósito, se emplea una matriz que considera tanto los aspectos como los impactos ambientales, permitiendo clasificar los riesgos según su grado de amenaza.

El primer capítulo de esta investigación se centra en abordar las problemáticas ambientales específicas que afectan a la laguna. Se busca identificar los contaminantes más prevalentes y recopilar datos relevantes sobre las condiciones actuales de la laguna.

En el segundo capítulo, la atención se dirige hacia la evaluación de los riesgos, examinando tanto las fuentes de contaminación como los posibles impactos ambientales en la calidad del agua del cuerpo de agua, además se presenta una matriz de riesgo de evaluación ambiental que contribuirá a una comprensión más detallada de la situación.

El tercer capítulo se dedica a la proporción de estrategias destinadas a prevenir y mitigar los impactos identificados en el cuerpo de agua. Este enfoque proactivo busca ofrecer soluciones y prácticas sostenibles para mejorar y preservar la integridad ambiental de la laguna.

En última instancia, se espera que esta tesis sirva como base a investigaciones futuras y que la información recopilada sea de utilidad para diversas organizaciones que utilizan este cuerpo de agua con diversos propósitos. Se busca contribuir a la protección de la biodiversidad que habita en este entorno, fomentando así la gestión sostenible de este valioso recurso natural.

ABSTRACT

In Chile, there is a wide diversity of natural resources, with water resources being one of the most essential for the life of living beings. Among these resources, the lagoons stand out, which not only constitute a natural habitat for various species, but have also been subject to different uses by society, whether for recreational, sports or other purposes.

The central purpose of this study is to carry out an analysis of the current state of the large lagoon of San Pedro de la Paz. This analysis will be carried out by reviewing updated documents with the objective of evaluating the environmental risks associated with the lagoon. To achieve this purpose, a matrix is used that considers both environmental aspects and impacts, allowing risks to be classified according to their degree of threat.

The first chapter of this research focuses on addressing the specific environmental problems that affect the lagoon. The aim is to identify the most prevalent contaminants and collect relevant data on the current conditions of the lagoon.

In the second chapter, attention turns to risk assessment, examining both the sources of contamination and the possible environmental impacts on the water quality of the water body. An environmental assessment risk matrix is presented that would contribute to a more detailed understanding of the situation.

The third chapter is dedicated to the proposition of strategies aimed at preventing and mitigating the identified impacts on the body of water. This proactive approach seeks to offer sustainable solutions and practices to improve and preserve the environmental integrity of the lagoon.

Ultimately, it is hoped that this thesis will serve as a basis for future research and that the information collected will be useful to various organizations that use this body of water for various purposes. It seeks to contribute to the protection of the biodiversity that inhabits this environment, thus promoting the sustainable management of this valuable natural resource.

INDICE

AGRADECIMIENTOS 2

RESUMEN 3

ABSTRACT..... 4

INDICE 5

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVO GENERAL..... 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

ALCANCE 4

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO..... 5

 1.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS..... 6

 1.2. DATOS DE LA LAGUNA 8

 1.2.3. Área 9

 1.2.4. Geografía..... 10

 1.2.5. Población..... 10

 1.2.6. Flora y Fauna 10

 1.2.7. Deportes..... 11

 1.3. METODOLOGÍA 12

 1.3.1. Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales 12

 1.3.2. Matriz de Aspecto e Impacto Ambiental 13

 1.3.3. Recopilación de Documentos e Informes 14

 1.3.4. Comparación con Normativas Vigentes..... 14

 1.3.5. Análisis de Alteraciones en Parámetros de la Laguna 14

 1.4. CONTAMINANTES MÁS COMUNES PRESENTES EN LA LAGUNA..... 15

CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN DE RIESGOS..... 19

 2.1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN 20

 2.2. RIESGOS AMBIENTALES..... 21

 2.2.1. Incendios Forestales..... 21

 2.2.2. Acumulación de sedimentos y materia orgánica 21

 2.2.3. Urbanización y expansión urbana 22

 2.2.4. Carga nutricional excesiva (Eutrofización) 23

 2.2.5. Aguas servidas..... 24

 2.2.6. Escorrentía por aguas de lluvia 24

 2.2.7. Contaminación acústica 24

 2.2.8. Turismo no regulado 24

 2.2.9. Falta de conocimiento y educación ambiental 25

 2.2.10. Floración algas 25

2.3. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES	26
2.4. CALIDAD DE CUERPO DE AGUA.....	28
2.4.1 Definición operacional	28
2.4.1.1. PH	29
2.4.1.2. Temperatura	29
2.4.1.3. Conductividad	29
2.4.1.4. Oxígeno disuelto (OD).....	30
2.4.1.5. Coliformes fecales.....	30
2.4.1.6. Nitrato	30
2.4.1.7. Nitrógeno total.....	30
2.4.1.8. Fósforo total.....	31
2.4.1.9. Hidrocarburos totales	31
2.4.1.10. Sólidos suspendidos totales	31
2.4.3. Interpretación de resultados	33
2.4.3.1. La conductividad como Parámetro alterado.....	42
CAPÍTULO 3: MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	44
3.1. FITORREMEDIACIÓN	45
3.2. AUTODEPURACIÓN DE LA LAGUNA	46
3.2.1. Autodepuración con totora	47
3.2.2. Manejo de la totora en los humedales	48
3.3. EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	49
3.3.1. Concientización Comunitaria	49
3.3.2. Cambios en Comportamientos	50
3.3.3. Participación Activa.....	50
3.3.4. Promoción de Buenas Prácticas Agrícolas	50
3.3.5. Involucramiento Escolar	51
3.3.6. Creación de Conciencia sobre Especies Nativas	51
3.3.7. Generación de Líderes Ambientales	51
3.3.8. Desarrollo de Políticas Sostenibles	51
3.4. MONITOREO DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA LAGUNA.....	52
3.4.1. Calidad del Agua.....	53
3.4.2. Detección de Contaminantes.....	54
3.4.3. Evaluación de la Eutrofización	54
3.4.4. Seguimiento de Cambios Estacionales.....	54
3.4.5. Identificación de Fuentes de Contaminación	54
3.4.6. Desarrollo de Estrategias de Mitigación	55
3.4.7. Cumplimiento Normativo	55
CONCLUSIÓN.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Datos Climáticos Del Año En San Pedro De La Paz. (Extraído De Cuandovisitar.Cl) 9

Tabla 2:Matriz De Evaluación De Riesgos Ambientales. (Elaboración Propia) 27

Tabla 3:Calidad De Agua Laguna Grande San Pedro De Paz. (Extraído De Informe Estudio EULA) 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia) 11

Figura 2:Agua Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia) 16

Figura 3:Basura En Alcantarillado. (Elaboración Propia) 16

Figura 4:Imagen Tapa Alcantarillado. 16

Figura 5:Tubo Aguas Servidas. (Elaboración Propia) 18

Figura 6:Aguas Servidas. (Elaboración Propia)..... 21

Figura 7:Urbanización Aledaña Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)..... 22

Figura 8:Laguna Eutrofización Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia) 23

Figura 9:Desechos De Turistas. (Elaboración Propia 25

Figura 10:.. Imagen Satelital De La Laguna Grande. La Demarcación Indica El Lugar Seleccionado Para La Toma De Muestras (Extraído De Centro EULA-Chile 2023). 33

Figura 11:Imagen Totorá En La Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)..... 45

Figura 12: Imagen Laguna Grande San Pedro De La Paz 46

Figura 13:Imagen Totorá En La Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)..... 46

Figura 14:Imagen Letrero Educación Ambiental. (Elaboración Propia) 51

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1:Temperatura Media Máxima Y Mínima De San Pedro De La Paz. (Extraído De Cuandovisitar.Cl)..... 9

Grafico 2:. Parámetro Indicador PH Laguna Grande (Elaboración Propia) 34

Grafico 3:Parámetro Indicador Temperatura Laguna Grande (Elaboración Propia) .. 35

Grafico 4:Parámetro Indicador Conductividad Laguna Grande (Elaboración Propia)..... 35

Grafico 5:Parámetro Indicador Oxígeno Disuelto Laguna Grande (Elaboración Propia) 36

Grafico 6:. Parámetro Indicador Coliformes Fecales Laguna Grande (Elaboración Propia)..... 37

Grafico 7:Parámetro Indicador Nitrato Laguna Grande (Elaboración Propia) 38

Grafico 8:Parámetro Indicador Nitrógeno Total Laguna Grande (Elaboración Propia)..... 39

Grafico 9:Parámetro Indicador Fósforo Total Laguna Grande (Elaboración Propia). 40

Grafico 10:Parámetro Indicador Hidrocarburos Totales Laguna Grande (Elaboración Propia)..... 41

Grafico 11:Parámetro Indicador Sólidos Suspendidos Totales Laguna Grande (Elaboración Propia) 42

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

PH : Potencial Hidrógeno

SISS : Superintendencia de servicios sanitarios

PMCA : Programa de Monitoreo de Calidad de Agua

UV : Ultravioleta

EULA : Centro Interuniversitario de Ciencias Ambientales, Europa-Latinoamérica

RCE : Clasificación de Especies Silvestres

MOP : Ministerio de Obras Públicas

NCH : Norma chilena

OD : Oxígeno disuelto

Nº : Número

OIA : Organización internacional agropecuaria

EPA : Agencia de protección ambiental

H⁺ : Iones hidrógeno

OH⁻ : Iones hidróxido

O₂ : Oxígeno molecular

SIMBOLOGÍA

Km : Kilómetro

Mm : Milímetros

°C : Grados Celsius

Cm : Centímetros

L : Litros

NMP : Número más probable

Mg : Miligramos

Ml : Mililitros

% : Porcentaje

uS : Microsiemens

INTRODUCCIÓN

Chile, conocido por sus privilegios naturales, destaca por su abundancia de ríos, lagunas y lagos con aguas de alta calidad, desempeñando un papel crucial como regulador en las cuencas. Estos recursos hídricos han sido utilizados de diversas maneras para satisfacer las necesidades humanas, desde la agricultura hasta el suministro de agua potable, la industria, la generación de energía hidroeléctrica, la minería, el turismo, entre otros.

Las lagunas, similares a los lagos, pero menos profundas, son lugares donde se aprovecha especialmente este recurso. Su característica distintiva incluye la escasez de gases como oxígeno y dióxido de carbono, lo que resulta en una menor generación de oleaje en estas masas de agua.

El presente estudio se centra en la Laguna Grande de San Pedro, hábitat de una gran variedad de flora y fauna, este cuerpo lacustre se encuentra rodeada por zona urbana lo que la hace ser unos de los principales atractivos turísticos de la ciudad de San Pedro de la Paz. Entre sus actividades recreativas de diversa índole en este cuerpo de agua se encuentran deportes acuáticos como kayak, vela y remo, y eventos masivos con asiento en el anfiteatro de San Pedro de la Paz en las faldas de los cerros pertenecientes a la laguna.

Es por esto, que las diversas actividades antrópicas que se desarrollan en la laguna conllevan a consecuencia de problemas de contaminación como la basura desechada de los turistas al momento de visitar el cuerpo de agua.

Este estudio se propone como guía conductor en la comprensión y abordaje de los desafíos ambientales que enfrenta este vital ecosistema acuático. Con el objetivo general de evaluar los riesgos ambientales que gravitan en torno a la Laguna Grande, esta investigación se rige como un esfuerzo integral para establecer estrategias ambientales destinadas a mitigar y prevenir los impactos clasificados meticulosamente por grado de amenaza.

Los objetivos específicos trazan una hoja de ruta detallada para alcanzar este propósito. En primer lugar, se busca identificar los aspectos e impactos que ejercen sobre su influencia. Un segundo frente de investigación se enfoca en la revisión minuciosa de

parámetros documentados, empleando análisis respaldados por la normativa chilena vigente para indicar con precisión el grado de contaminación que afecta a la laguna.

El estudio no se limita a la observación pasiva, sino que emplea una herramienta fundamental: la matriz de aspectos e impactos ambientales. Esta matriz se erige como un instrumento clave para determinar y clasificar los riesgos que acechan en la Laguna Grande, proporcionando una visión de los desafíos que enfrenta este ecosistema.

Con el conocimiento adquirido, la investigación se propone ir más allá de la mera identificación de problemas y riesgos. Se embarca en la tarea de recomendar métodos de mitigación y prevención, brindando soluciones prácticas y sostenibles para contrarrestar los efectos nocivos de la contaminación en la Laguna Grande de San Pedro. Esta aproximación proactiva busca no solo entender el entorno, sino también contribuir activamente a su preservación y restauración, guiando futuras acciones hacia la gestión responsable de este preciado recurso natural.

OBJETIVO GENERAL

Llevar a cabo una evaluación de los riesgos ambientales originados en la Laguna San Pedro de Paz, con el fin de establecer estrategias ambientales para reducir sus riesgos por su grado de amenaza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y reconocer los factores ambientales que afectan tanto el agua como los entornos circundantes de la laguna grande san pedro de la paz).
- Determinar el riesgo mediante matriz de aspectos e impactos ambientales en la laguna grande de San Pedro de la Paz. y dar a conocer estudios actuales en base a los parámetros bioquímicos y físico de la laguna.
- Recomendar métodos de mitigación y/o prevención de efectos producidos por la contaminación en la laguna grande de San Pedro de la Paz.

ALCANCE

El presente trabajo está orientado para las organizaciones que llevan a cabo labores dentro de las instalaciones de la laguna con el fin de evaluar los riesgos e impactos que se generan tanto en la laguna como en su entorno de este cuerpo de agua.

Identificar mediante parámetros indicados en las normas de calidad de agua, con el propósito de lograr registros de su condición, como a la vez evidenciar las características del estado de este cuerpo de agua y proponer medidas para preservar y conservar mediante las sugerencias de alternativas de mitigación de contaminantes. dando paso a mejorar y proteger el valor paisajístico que entregan tanto la laguna como sus alrededores.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS

Los cambios inducidos por las actividades humanas en el planeta representan una perturbación de los delicados equilibrios entre la geósfera y la biosfera que sustentan la vida en la tierra y la evolución colectiva de los sistemas ambientales y humanos. El agua, como elemento fundamental para el ecosistema y la vida de los seres vivos, ha adquirido particular relevancia en años recientes, marcados por un aumento constante de la escasez hídrica, atribuible al crecimiento de la contaminación que afecta este recurso. El incremento poblacional, la presencia de microorganismos patógenos y residuos químicos subrayan la importancia crítica del agua, no solo para las diversas especies, sino también para la salud humana.

La contaminación del agua ha experimentado un notable aumento a lo largo del tiempo, impulsada por la descarga indiscriminada de una variedad de contaminantes que comprometen la vida acuática, nutrientes, microbios, materia orgánica, sedimentos, pesticidas, entre otros, combinados con el aumento de la temperatura, contribuyen a la disminución de la eficacia de este recurso esencial. En consecuencia, las personas expuestas a aguas contaminadas enfrentan mayores riesgos de padecer diversas enfermedades, como la fiebre tifoidea causada por la *Salmonella* sp. La gravedad de estas enfermedades ha motivado la implementación de mecanismos para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano.

En el contexto de Chile, diversas entidades, como la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) y el Programa de Monitoreo de Calidad de Agua (PMCA), regulan los niveles de contaminación en aguas, ya sea potables o presentes en lagos y lagunas, educando a la ciudadanía sobre la importancia de preservar estos ecosistemas acuáticos.

Centrándonos en la Laguna Grande de San Pedro de la Paz, la contaminación tiene sus raíces en la sustitución de la vegetación nativa en la cuenca y la descarga de aguas servidas del sistema de alcantarillado urbano. Este fenómeno se remonta al inicio del siglo XX y se intensificó en la década de los sesenta con el desarrollo poblacional y la construcción de la Villa San Pedro. Esta alteración del sistema incluyó el vertido directo de aguas pluviales y aguas servidas, aumentando la entrada de nutrientes al cuerpo de agua. La actividad forestal, la urbanización y la falta de medidas de protección contribuyeron a la alteración de la composición natural de la Laguna Grande.

En este contexto, la contaminación antropogénica en la Laguna Grande ha desencadenado la alteración de las redes tróficas, manifestada en procesos como la eutrofización. La liberación inconsciente de nutrientes provenientes de detergentes y productos antrópicos ha propiciado la proliferación de algas, dando al agua un tono verdoso debido al fósforo presente en estos materiales. La presencia elevada de algas y partículas suspendidas ha ocasionado una disminución en la calidad y transparencia del agua, utilizándose estos parámetros como indicadores de la calidad del agua.

Frente a la eutrofización, se han implementado medidas para eliminar nutrientes, como la instalación de islas flotantes con plantas acuáticas que, mediante sus raíces, absorben los nutrientes y contribuyen a la depuración del agua. Estas islas también reducen la temperatura del agua, actúan como barrera contra los rayos UV y, en consecuencia, disminuyen el desarrollo de algas.

Investigaciones recientes sobre las condiciones ecológicas de la Laguna Grande han proporcionado datos cruciales para comprender y abordar la problemática de la contaminación en este cuerpo de agua. La caracterización de esta problemática se basa en datos históricos de impacto ambiental, antecedentes generales de la contaminación en cuerpos de agua en Chile y la información sobre la alteración en la composición del sistema hídrico.

1.1.1. Impactos de la contaminación en el ecosistema

Uno de los principales impactos se ve derivado a la presencia de altos niveles de DBO en la laguna es el riesgo de desencadenar un proceso de eutrofización, una forma de contaminación química que afecta a cuerpos de agua contaminados. El elevado consumo de oxígeno asociado extinguirá gradualmente diversas especies acuáticas en la laguna, incluyendo peces, artrópodos y otras formas de vida. Además, se alteraría la cadena trófica del ecosistema.

La eutrofización conlleva efectos más específicos, como la desecación de la laguna debido a la acumulación prolongada de sedimentos y restos orgánicos, transformándola en un pantano y eventualmente en bosque o pradera. Este proceso, conocido como colmatación, se desarrolla durante períodos extensos, a menudo de manera natural.

A medida que avanza la eutrofización, junto con la pérdida de especies y la disminución del oxígeno en el agua, se generaría un olor desagradable en la laguna,

dificultando aún más su tratamiento y contribuyendo a la desaparición del atractivo turístico actualmente reconocido. Además, podrían surgir problemas respiratorios.

El pH del agua es crucial, ya que cambios bruscos pueden provocar la muerte gradual de las especies acuáticas. La alta conductividad del agua, con un elevado contenido de sales nutritivas, favorece el crecimiento de algas. Cuando la masa de algas muere, la descomposición aerobia agota el oxígeno del agua, desencadenando la descomposición anaerobia y la producción de biogases, lo que resulta en la muerte de los peces. El aumento de la temperatura del agua, que afecta la concentración de oxígeno, también tiene impactos negativos tanto en la vida animal como vegetal de la laguna. Los cambios de temperatura pueden atraer nuevas especies, poniendo en peligro a las especies nativas, y la baja concentración de oxígeno debido a las temperaturas elevadas puede disminuir la diversidad de peces o contribuir a la liberación de gases peligrosos como metano o sulfuro de hidrógeno.

1.2. DATOS DE LA LAGUNA

1.2.1. Ubicación

La Laguna Grande de San Pedro es un lago urbano de aguas someras situado en la porción noroccidental de la cordillera de Nahuelbuta (36° 51' S, 73° 06' O), al sur del río Biobío, y a una distancia aproximada de 5 km al sureste de la ciudad de Concepción. Su entorno oriental está enmarcado por un cordón montañoso que alcanza alturas de hasta 350 m, caracterizado por la presencia de pequeños valles y quebradas. La región norte de la cuenca ha experimentado un notable desarrollo urbano y en la actualidad alberga la villa San Pedro. - (EULA), Universidad de Concepción.

1.2.2. Clima La Comuna de San Pedro de la Paz

Se distingue por un clima templado cálido de tipo mediterráneo, que transiciona hacia

un templado húmedo conforme nos desplazamos hacia latitudes más australes. Este patrón climático se caracteriza por estaciones secas y húmedas similares, influenciadas por el comportamiento del sistema anticlinal del Pacífico y subantártico. La escasa amplitud térmica refleja la marcada influencia marítima de los diversos cuerpos de agua presentes en la región. Los parámetros climáticos primordiales de temperatura para este año son:

Temperatura máxima	entre 12°C y 23°C
Mes más cálido	23°C en enero
Mes más frío	12°C en julio
Temperatura nocturna	7°C y 14°C
Días seco	267 días
Días con lluvia	98 días
Día con nieve	0 días
Lluvia total	497 mm
Número de horas de sol	3152 hrs

Tabla 1: Datos Climáticos Del Año En San Pedro De La Paz. (Extraído De Cuandovisitar.Cl)

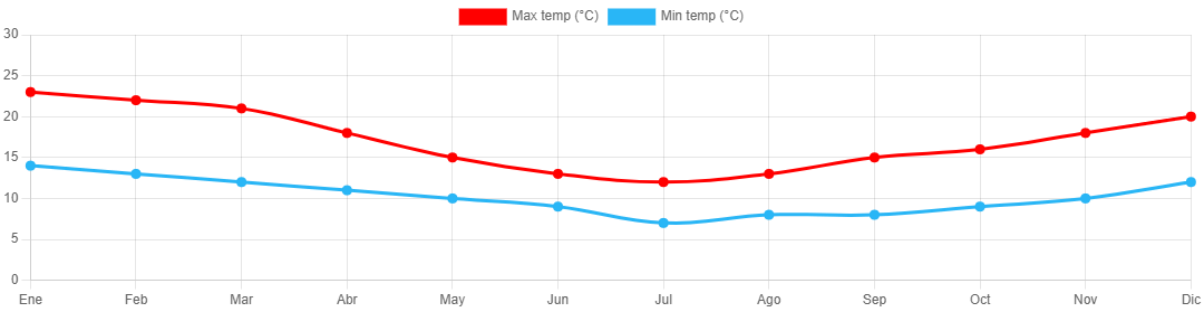


Grafico 1: Temperatura Media Máxima Y Mínima De San Pedro De La Paz. (Extraído De Cuandovisitar.Cl)

1.2.3. Área

Con un perímetro que se extiende a lo largo de 9,800 metros, la Laguna Grande exhibe dimensiones notables, con una longitud máxima que alcanza los 2,675 metros y su sección más ancha abarcando 1,375 metros. En términos de extensión, ocupa una

superficie total de poco más de 155 hectáreas, equivalentes a 1,557,725 metros cuadrados. Su profundidad máxima se sitúa en 13.5 metros, mientras que la profundidad promedio se establece en 8.1 metros.

1.2.4. Geografía

En su flanco oriental, la laguna se encuentra enmarcada por la Cordillera Nahuelbuta, una cadena montañosa de baja altitud. Esta región se distingue por la presencia predominante de plantaciones forestales, mayormente compuestas por pinos y eucaliptos.

1.2.5. Población

Según los datos entregados por el CENSO 2017 alcanza una población de 131.808 personas, con una tasa de crecimiento anual de 1,7% y 3,3% entre los años 1992- 2002 y 2002- 2017 respectivamente. (censo 2017).

1.2.6. Flora y Fauna

Respecto de la fauna, se han registrado aproximadamente 98 especies de vertebrados, divididas en 6 especies de peces, 4 de anfibios, 6 de reptiles, 8 de mamíferos y 74 de aves, constituyendo este último, el grupo más diverso. De igual modo, del total de las especies, 89 poseen un origen nativo o endémico, asimismo, 27 de estas especies se encuentran en alguna categoría de conservación vigente establecida por el RCE, siendo las especies más amenazadas las correspondientes a *Cygnus nelanocoryphus* (Cisne de cuello negro), *Plegadis chihi* (Cuervo de pantano) y *Percilia irwini* (Carmelita de Concepción), todas clasificadas en Peligro, a las que se agregan, en categoría Vulnerable, las especies *Cheirodon galusdae* (Pocha de los lagos), *Calyptocephalella gayi* (Rana chilena) y *Eupsophus roseus* (Sapo rosado).

En cuanto a la flora, se han identificado alrededor de 169 especies en el área, tanto terrestres como acuáticas. De estas, 52 son especies nativas y 23 son endémicas. Ocho especies han sido categorizadas por el Reglamento para la Clasificación de Especies

Silvestres (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente. Siete de ellas, como *Adiantum chilense* (Palito negro), *Blechnum chilense* (Costilla de vaca), *B. hastatum* (Quilquil), *Equisetum giganteum* (Cola de caballo), *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Persea lingue* (Lingue) y *Drimys winteri* (Canelo), han sido clasificadas como de Preocupación Menor. Además, *Citronella mucronata* (Huillipatagua) ha sido catalogada como especie vulnerable.

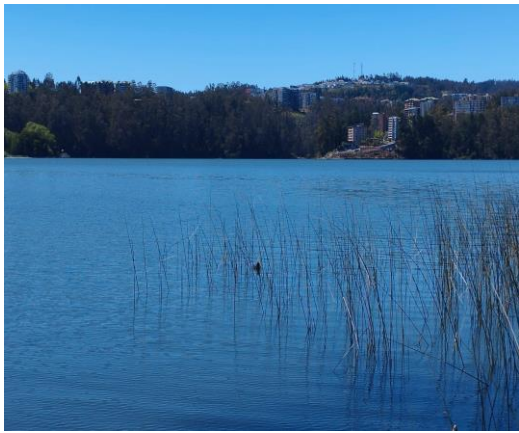


Figura 1:Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)

1.2.7. Deportes

La laguna no es adecuada para el baño, y se prohíbe la navegación a motor, lo que la convierte en un lugar idóneo para la práctica de deportes acuáticos como kayak, vela y remo. De hecho, cuenta con un club de remo que ha alcanzado destacados éxitos a nivel nacional e internacional en un periodo relativamente corto. A lo largo de la costa, se ofrecen servicios de alquiler de botes para explorar la laguna, además de opciones de senderismo que permiten disfrutar de paseos en los bosques circundantes.

1.3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para llevar a cabo la evaluación de la Laguna Grande de San Pedro de la Paz se centró en recopilar información actualizada de documentos e informes de los últimos años. El objetivo principal fue analizar los parámetros físicos, químicos y biológicos que influyen en la calidad del agua de la laguna, evaluando su estado en relación con las leyes ambientales vigentes.

1.3.1. Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales

Se realizaron evaluaciones detalladas para identificar los aspectos e impactos ambientales presentes en la Laguna Grande.

La identificación de aspectos e impactos ambientales es un proceso que implica examinar en detalle cómo las actividades de una organización interactúan con el entorno. En términos simples, se trata de identificar qué aspectos de las operaciones podrían tener consecuencias en el medio ambiente y qué impactos podrían derivarse de esos aspectos.

Los aspectos ambientales son elementos específicos de las operaciones que pueden afectar al medio ambiente, como el uso de recursos naturales, emisiones de sustancias, consumo de energía, etc. Una vez identificados estos aspectos, se evalúan los impactos ambientales, que son las consecuencias que podrían surgir, como la contaminación del aire o del agua, la idea es comprender completamente cómo estas actividades afectan al medio ambiente para luego poder tomar medidas para reducir cualquier impacto negativo y mejorar los aspectos positivos.

En relación a las transformaciones experimentadas en la Laguna Grande, se han registrado eventos específicos que provocaron variaciones en los indicadores del estado trófico a lo largo de diferentes años. Según Parra en 1989, durante las décadas de 1980 y 1990, las aguas de la Laguna Grande mostraron un deterioro debido al desarrollo urbano de la Villa San Pedro, generando un fenómeno de eutrofización. Este crecimiento urbano habría contribuido al aporte de nutrientes a través de drenajes de aguas servidas, evacuaciones de aguas pluviales con residuos naturales y antropogénicos al cuerpo de agua, vertimientos de basura a orillas o dentro del lago, y

posibles conexiones clandestinas de alcantarillado en el emisario de Laguna Chica, que luego desembocó en Laguna Grande. Esto estaría asociado a las altas concentraciones promedio de nitrógeno total y, sobre todo, de fósforo total registradas en ese período, lo que llevó a que Laguna Grande exhibiera un estado eutrófico. Sin embargo, hacia el año 2000, estos parámetros experimentaron una marcada reducción.

Parra, O. (1989). La eutrofización de la Laguna Grande de San Pedro, Concepción, Chile: un caso de estudio. *Amb. Y Des.*, 5(1), 117–136.

La Laguna Grande recoge las aguas pluviales de una sección de la Villa San Pedro y la totalidad de Andalué mediante siete colectores. Además, se suma el flujo proveniente de Laguna Chica y el desagüe de los canales Apolonio Benítez (que transporta las aguas pluviales del lote Parque Residencial Miramar) y Michimalonco (que recibe el escurrimiento de la cuenca de Laguna Chica), a compartir así una superficie total de contribución de 11,4 km².

Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2002). Plan Maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias Talcahuano, San Pedro de la Paz, Chiguayante, VIII Región.

1.3.2. Matriz de Aspecto e Impacto Ambiental

Se desarrolló una matriz que clasifica los aspectos e impactos identificados en función de su probabilidad de ocurrencia y grado de daño potencial.

Esta herramienta proporciona una visión estructurada de los posibles efectos adversos en la laguna, permitiendo una priorización de acciones.

En su forma más profunda, la elaboración de la matriz implica asignar valores a cada aspecto e impacto identificado, considerando la magnitud de su influencia en el medio ambiente y la frecuencia con la que ocurren. Estos valores pueden ser cuantitativos o cualitativos, y se utilizan para calcular un "índice de significancia ambiental". Este índice permite clasificar y priorizar los aspectos e impactos en función de su importancia relativa.

La matriz se estructura en forma de tabla, donde los aspectos ambientales se enumeran en una columna y los impactos asociados se enumeran en otra. Las celdas de la matriz contienen los valores asignados a cada combinación de aspecto e impacto, y la suma de estos valores que proporciona la gravedad el cual el resultado se multiplica con la probabilidad dando a conocer el índice de significancia ambiental.

Además, la matriz puede incluir información adicional, como las medidas actuales de control o mitigación para cada aspecto, las regulaciones ambientales aplicables y las acciones propuestas para reducir los impactos negativos.

Esta herramienta proporciona una visión más detallada y estructurada de los aspectos e impactos ambientales, lo que facilita la toma de decisiones informadas sobre la gestión ambiental. Al identificar y priorizar los elementos más relevantes, las organizaciones pueden concentrar sus recursos en áreas clave, implementando medidas efectivas para minimizar impactos negativos y mejorar su desempeño ambiental.

1.3.3. Recopilación de Documentos e Informes

Se llevó a cabo una revisión de documentos e informes disponibles por el Centro EULA-Chile Universidad de Concepción, recopilando información actualizada sobre la calidad del agua de la Laguna Grande de San Pedro de la Paz.

La selección se basó en documentos de los años 2020, 2021 y 2023 que proporcionan datos precisos y relevantes sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos.

1.3.4. Comparación con Normativas Vigentes

Se compararon los datos recopilados con las leyes ambientales vigentes como el Ds 90, nch 1.333 y nch 409 evaluando cómo se alinea la condición de la laguna con los estándares establecidos por la normativa ambiental chilena.

1.3.5. Análisis de Alteraciones en Parámetros de la Laguna

Se examinaron las posibles alteraciones en los parámetros físicos, químicos y

biológicos donde a través de estos análisis documentados permite por medio de propuestas de prevención y mitigación de la laguna derivadas de los aspectos e impactos identificados.

Este análisis permitió comprender cómo los factores evaluados podrían afectar la salud general del ecosistema acuático.

1.4. CONTAMINANTES MÁS COMUNES PRESENTES EN LA LAGUNA

Al transcurso de este año se han observado varias preocupaciones entre los habitantes de la comuna de san pedro de la paz como de ciertas comunas adyacentes ya que la laguna está en una condición preocupante por ciertos tipos de eventos y actividades que terminan perjudicando y alterando la condición de esta. Se ha observado el aumento desmesurado de nutrientes en la laguna dando paso a falta de oxigenación y en la descomposición de la materia orgánica por culpa de la eutrofización este efecto puede ser desencadenado por varios factores.

Otro factor preocupante es el intenso color verde opaco de la laguna donde este color está asociado a la gran cantidad de materia orgánica (micro algas) esta densidad de algas disminuye el paso de la luz solar en la laguna lo cual afecta a la actividad fotosintética dando paso a afectar ciertas plantas acuáticas como el luchecillo, planta acuática que sirve como alimento de cisnes de cuello negro y taguas. Esta preocupación es grande ya que se ha evidenciado al transcurso de los años varios cisnes de cuello negro muertos en la laguna, también se ha evidenciado disminución en la población de las taguas.



Figura 2: Agua Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)

En otro caso se ha generado preocupación por la cantidad excesiva de acopios de basura de manera ilegal hasta en los mismos sistemas de alcantarillado que decantan en la laguna generando contaminación de sustancias orgánicas como inorgánica, ya sea por el turismo y las actividades que se generan. dando paso a empobrecer la belleza de esta y disminuyendo su valor paisajístico por medio de contaminación visual.



Figura 3: Basura En Alcantarillado. (Elaboración Propia)



Figura 4: Imagen Tapa Alcantarillado.

A la vez al no ser una laguna apta para el baño de igual manera se realizar actividades tanto en la laguna como a sus alrededores como por ejemplo los juegos panamericanos año 2023, aun siendo informado que la laguna está en un estado enfermo por su condición lo cual puede perjudicar a la salud humana. Un estudio realizado por el Centro de Ciencias Ambientales (EULA Chile) confirmó que la Laguna Grande de San Pedro de la Paz registra alta presencia de algas nocivas que pueden afectar la salud humana.

Se trata de cianobacterias que podrían causar complicaciones a la salud en caso de contacto con el agua. Irritación ocular, vómitos, diarrea, signos de resfrío, úlceras en la boca y fiebre son parte de los síntomas que podrían experimentar quienes se expongan a una gran cantidad de estos organismos, durante más de una hora.

Algunos de los contaminantes más comunes que afectan estos cuerpos de agua son:

Basuras, Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).

escorrentía de contaminantes (aguas lluvias), eutrofización, urbanización actividades recreativas no sostenibles, acumulación de sedimentos de materia orgánica.

Agentes infecciosos, nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.

Productos químicos, las sustancias tensas activas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.

Vertimiento de aguas servidas. La mayor parte de los centros urbanos vierten directamente los desagües (aguas negras o servidas) a los ríos, a los lagos y al mar. Los desagües contienen excrementos, detergentes, residuos industriales, petróleo, aceites y otras sustancias que son tóxicas para las plantas y los animales acuáticos. Con el vertimiento de desagües, sin previo tratamiento, se dispersan agentes productores de enfermedades (bacterias, virus, hongos, huevos de parásitos, amebas, etc.).



Figura 5: Tubo Aguas Servidas. (Elaboración Propia)

CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN DE RIESGOS

2.1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Los antecedentes específicos de la contaminación en la Laguna Grande de San Pedro de la Paz están intrínsecamente ligados a la sustitución de la vegetación autóctona en la cuenca y a la llegada de aguas residuales procedentes del sistema de alcantarillado del núcleo urbano. Este problema se remonta al inicio del siglo XX, coincidiendo con el crecimiento poblacional en la comuna de San Pedro, un fenómeno que se intensificó en la década de los sesenta con la construcción de la Villa San Pedro (Cisternas et al. 2000). Esta situación ha generado un impacto significativo en el sistema, ya que las aguas pluviales fueron permitidas directamente en el lago, y las aguas residuales urbanas llegaron, introduciendo una mayor carga de nutrientes al cuerpo de agua. La utilización de maquinaria pesada y técnicas convencionales de tala y arrastre de troncos, asociadas a actividades forestales y urbanización, han contribuido a la falta de protección de la Laguna Grande, lo que ha resultado en la alteración de su composición natural.

Esta transformación ha dificultado la preservación de la pureza del agua y ha dado lugar al proceso conocido como eutrofización, caracterizado por el aumento sostenido de la concentración de nutrientes, como fósforo y nitrógeno, que favorecen el florecimiento de organismos fotosintéticos, incluyendo fitoplancton y plantas acuáticas. Esta proliferación gradual ha conducido a la opacidad creciente de las aguas.

La urbanización de gran parte de la Laguna Grande a partir de 1962, con la construcción de la Villa San Pedro, ha sido identificada como un factor clave en el proceso de eutrofización, con aportes significativos de nutrientes provenientes de desagües de aguas servidas de la villa.

Además, se han identificado múltiples causas generadoras de contaminación, como la evacuación de aguas pluviales que arrastran desechos naturales y detergentes, posibles conexiones clandestinas de alcantarillado al canal de desagüe de la Laguna Chica, el vertido de basura en la laguna y la construcción negligente en áreas de fuerte pendiente, como la población Miramar, que resultó en el deslizamiento de grandes cantidades de sedimento al cuerpo de agua. Se han observado puntos de red de alcantarillado en los alrededores de la Laguna Grande que desembocan directamente en la laguna, contribuyendo al arrastre de materia orgánica e inorgánica que altera su condición.



Figura 6: Aguas Servidas. (Elaboración Propia)

2.2. RIESGOS AMBIENTALES

2.2.1. Incendios Forestales

Los incendios forestales pueden tener diversos impactos negativos en la laguna y sus alrededores. Estos eventos pueden alterar el ciclo de nutrientes y la composición química del agua, provocar cambios en la vegetación circundante y afectar procesos hidrológicos, geomorfológicos y la calidad del agua. La exposición del suelo luego de un incendio aumenta el riesgo de erosión, contribuyendo a la sedimentación en la laguna. Además, la entrada de cenizas y sedimentos puede afectar la fauna acuática, disminuir la visibilidad y alterar la temperatura del agua. La contaminación por sustancias químicas liberadas durante el incendio y el riesgo de contaminación por cenizas son preocupaciones adicionales. Es importante destacar que los impactos específicos pueden variar según la magnitud del incendio, la topografía del área circundante y las medidas de mitigación aplicadas después del evento.

2.2.2. Acumulación de sedimentos y materia orgánica

La acumulación de sedimentos y materia orgánica en la laguna puede tener varios impactos negativos en su salud y funcionalidad. Este fenómeno conlleva la reducción

de la profundidad de la laguna, cambios en la morfología del lecho acuático y la disminución de la transparencia del agua. Además, afecta la composición química del agua, influenciando negativamente a la fauna bentónica y comprometiendo la reproducción de peces. La turbidez resultante puede complicar la alimentación de peces y otras especies que dependen de la visibilidad. La acumulación de materia orgánica también puede contribuir a la eutrofización, promoviendo el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas. La gestión adecuada, que incluya prácticas de conservación del suelo y técnicas de remoción de sedimentos, es esencial para preservar la integridad de la laguna.

2.2.3. Urbanización y expansión urbana

La urbanización y expansión urbana ejercen varios impactos ambientales en lagunas. La pérdida de hábitat y la fragmentación resultantes afectan la biodiversidad, mientras que cambios en los patrones hidrológicos y la escorrentía urbana pueden llevar a la contaminación del agua y la sedimentación. Actividades urbanas como la eliminación de residuos y el uso de químicos alteran la composición química del agua, impactando negativamente la fauna y flora acuáticas. Además, la introducción de especies exóticas y la perturbación sonora son preocupaciones adicionales. La planificación urbana sostenible y medidas para reducir la contaminación son clave para mitigar estos efectos y preservar la salud de las lagunas.



Figura 7:Urbanización Aledaña Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)

2.2.4. Carga nutricional excesiva (Eutrofización)

La eutrofización, un proceso causado por el exceso de nutrientes en el agua, tiene varios impactos ambientales en las lagunas. Esto incluye el crecimiento descontrolado de algas, reducción de la transparencia del agua, consumo excesivo de oxígeno durante la descomposición de algas muertas, cambios en la composición de especies y producción de toxinas. Además, puede provocar la pérdida de hábitats de aguas claras, afectar la estética de la laguna y generar olores desagradables. La gestión efectiva implica reducir la entrada de nutrientes, restaurar hábitats acuáticos y promover prácticas agrícolas sostenibles en las cuencas hidrográficas circundantes para preservar la salud y la funcionalidad de estos ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, la pérdida de especies se manifiesta visualmente en el intenso color verde opaco que adquiere la superficie de la columna de agua en toda la extensión de la laguna. Este tono está relacionado con la abundancia de material orgánico presente. La densidad de algas resultante reduce la penetración de la luz solar en la columna de agua, afectando la actividad fotosintética de plantas acuáticas como el luchecillo. Esta planta, a su vez, constituye el alimento principal de aves como cisnes y taguas, cuya disponibilidad de alimento ha disminuido notablemente debido a la falta de luz solar que alcanza el fondo de la columna de agua.

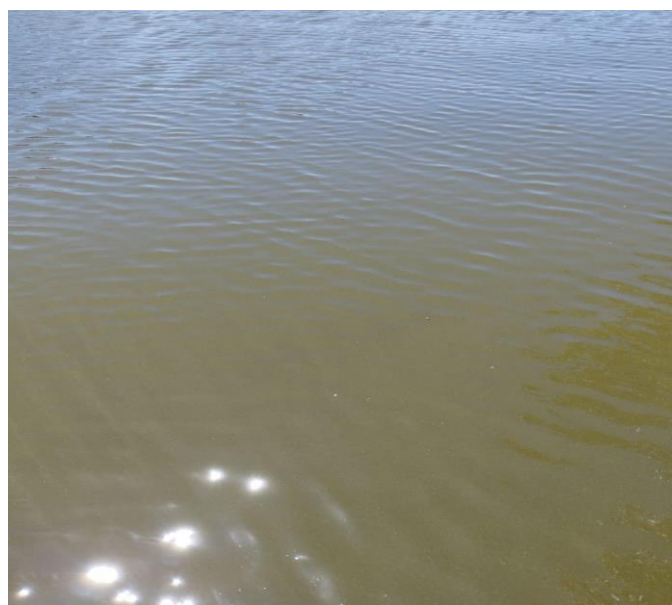


Figura 8: Laguna Eutrofización Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)

2.2.5. Aguas servidas

La descarga de aguas servidas en una laguna puede tener impactos ambientales significativos. Estos incluyen la contaminación del agua con diversos contaminantes, la posibilidad de eutrofización debido al exceso de nutrientes, impactos adversos en la fauna acuática, problemas de oxigenación por descomposición de materia orgánica, riesgos para la salud humana debido a patógenos, alteración de la biodiversidad y efectos estéticos y de olor desfavorables.

2.2.6. Escorrentía por aguas de lluvia

La escorrentía de aguas de lluvia puede tener impactos ambientales significativos en una laguna. Este fenómeno arrastra contaminantes como fertilizantes y pesticidas hacia el cuerpo de agua, contribuyendo a la eutrofización y afectando la calidad del agua. Además, transporta sedimentos que pueden sedimentar en la laguna, alterando su transparencia y afectando la vida acuática. En entornos urbanos, la escorrentía puede llevar consigo residuos sólidos, generando problemas estéticos y riesgos para la fauna. También puede influir en la temperatura del agua y aumentar el riesgo de inundaciones, afectando los hábitats terrestres y la biodiversidad asociada.

2.2.7. Contaminación acústica

La contaminación acústica en una laguna puede tener impactos significativos en la fauna acuática y los procesos ecológicos. El ruido generado por actividades humanas puede alterar el comportamiento de las especies, generar estrés, interferir con la comunicación acústica esencial para la vida acuática y afectar la reproducción. Además, la contaminación acústica puede provocar cambios en la distribución de especies, afectar la composición de la comunidad acuática y desplazar a especies sensibles.

2.2.8. Turismo no regulado

El turismo no regulado puede generar impactos ambientales considerables en la laguna. La afluencia masiva de turistas puede perturbar la fauna acuática, degradar hábitats sensibles, contribuir a la contaminación del agua y generar erosión en riberas y senderos. La falta de regulación también puede introducir especies exóticas, ejercer presión sobre los recursos locales y afectar negativamente la calidad del agua y la biodiversidad.



Figura 9: Desechos De Turistas. (Elaboración Propia)

2.2.9. Falta de conocimiento y educación ambiental

La falta de conocimiento y educación ambiental en torno a una laguna puede acarrear diversos impactos negativos. Desde prácticas inadecuadas, como la contaminación por vertido irresponsable de desechos y el uso indiscriminado de productos químicos, hasta la introducción accidental de especies no nativas que afectan la biodiversidad local. Además, la ausencia de comprensión sobre los hábitats acuáticos y la calidad del agua puede resultar en perturbaciones en la fauna y flora, comprometiendo la salud a largo plazo del ecosistema. La falta de conciencia sobre prácticas sostenibles también puede dar lugar a la sobreexplotación de recursos, la deforestación ribereña y la acumulación de basura, afectando la estética y la funcionalidad de la laguna.

2.2.10. Floración algas

La floración algal en una laguna puede generar diversos impactos ambientales. La

proliferación rápida de algas puede reducir la transparencia del agua, limitar la penetración de la luz solar y alterar los procesos biológicos. Además, la descomposición de algas muertas puede agotar el oxígeno en el agua, creando zonas perjudiciales para la fauna acuática. Este fenómeno también puede cambiar la composición de especies, producir toxinas nocivas, generar malos olores y afectar la estética de la laguna. Además, puede impactar actividades recreativas y afectar negativamente a la fauna acuática.

Un estudio realizado por el Centro de Ciencias Ambientales (EULA Chile) de la Universidad de Concepción confirmó que la Laguna Grande de San Pedro de la Paz registra alta presencia de algas nocivas que pueden afectar la salud humana. Esto, de cara a las competencias de los Juegos Panamericanos Santiago 2023 que tendrán sede en este cuerpo de agua de la región del Biobío, para las categorías de remo y canotaje de velocidad.

Se trata de cianobacterias que podrían causar complicaciones a la salud en caso de contacto con el agua. Irritación ocular, vómitos, diarrea, signos de resfrío, úlceras en la boca y fiebre son parte de los síntomas que podrían experimentar quienes se expongan a una gran cantidad de estos organismos, durante más de una hora.

2.3. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

La laguna, como ecosistema frágil y vital, se encuentra sometida a diversos riesgos e impactos ambientales que demandan una evaluación cuidadosa y estrategias efectivas de mitigación y prevención. En este contexto, la presente investigación propone analizar y comprender en detalle los riesgos ambientales que afectan a la Laguna Grande de San Pedro de la Paz, en la Región del Biobío, Chile. Este análisis se llevará a cabo mediante el empleo de una matriz de riesgos e impactos ambientales, una herramienta integral que permitirá identificar y clasificar los factores de amenaza que inciden en la salud de este cuerpo de agua.

MATRIZ DE ASPECTO E IMPACTO AMBIENTAL - LAGUNA GRANDE SAN PEDRO DE LA PAZ											
TIPO DE ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTOS AMBIENTALES QUE GENERA EL ASPECTO AMBIENTAL		Probabilidad	Gravedad			Significancia	CLASIFICACIÓN SIGNIFICANCIA	ACCIONES DE CONTROL	
ASPECTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN	IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN	P	A	B	C	A+B+C PxG			
INCENDIO FORESTALES	- Actividades humanas irresponsables. - Falta de medidas preventivas. - Condiciones climáticas extremas.	Alteración del ciclo de nutrientes y composición química del agua. - Cambios en la vegetación circundante. - Riesgo de erosión y sedimentación. - Contaminación por sustancias químicas.	Cambios en nutrientes y compuestos químicos en las cercanías de la laguna afectan la calidad del agua y la ecología. Alteraciones en plantas y desplazamiento de suelo pueden perjudicar el ecosistema acuático. Además, la introducción de químicos tóxicos, como metales pesados e industriales, agrava la situación.	4	6	4	6	16	64	significancia Media	Plan De Emergencia Corta Fuego Restricción De Quemas
ACUMULACIÓN DE DESHECHOS Y MATERIA ORGÁNICA	- Deforestación y prácticas agrícolas no sostenibles. - Vertido de residuos sólidos. - Actividades constructivas cerca de la laguna.	Reducción de profundidad y cambios en morfología. - Disminución de transparencia y afectación química del agua. - Compromiso de reproducción de peces. - Contribución a la eutrofización.	Una de las consecuencias es la disminución en la profundidad del cuerpo de agua y a las modificaciones en su forma y estructura física, pérdida de claridad del agua y a los cambios en su composición química, situación en la que los peces enfrentan dificultades para reproducirse con éxito, aporte excesivo de nutrientes principalmente nitrógeno y fósforo, que provoca un crecimiento descontrolado de algas y plantas acuáticas	6	4	2	4	10	60	significancia Media	Programa Anual De
URBANIZACIÓN Y EXPANSIÓN URBANA	- Eliminación inadecuada de residuos. - Uso indiscriminado de químicos.	Pérdida de hábitat y fragmentación. Cambios en patrones hidrológicos y contaminación. y contaminación sonora.	Reducción y fragmentación de los hábitats naturales que rodean y sustentan el ecosistema acuático de la laguna, modificaciones en el ciclo natural del agua y la introducción de sustancias nocivas en el cuerpo de agua.	1	6	2	6	14	14	No significancia	Control De Contaminación Planificación Urbana Sostenible
CARGA NUTRICIONAL EXCESIVA (Eutrofización)	- Vertido de aguas residuales. - Uso excesivo de fertilizantes en áreas circundantes	Crecimiento descontrolado de algas y pérdida de transparencia. - Consumo excesivo de oxígeno y cambios en composición de especies. - Pérdida de hábitats de aguas claras y generación de olores.	Exceso de nutrientes, las algas proliferan rápidamente y forman lo que se conoce como "florecimientos de algas". Estos florecimientos pueden ser perjudiciales porque pueden reducir la transparencia del agua al bloquear la luz solar que llega a las capas inferiores, lo que limita la capacidad de las plantas acuáticas para realizar la fotosíntesis, baja los niveles de oxígeno lo que dificulta el mantener la vida acuática.	6	4	4	4	12	72	significancia Media	Monitoreo Continuo(Anual) Control De Vertidos De Aguas
AGUAS SERVIDAS	- Vertido directo de aguas residuales. - Falta de tratamiento adecuado	Contaminación con diversos contaminantes y riesgo de eutrofización. - Impacto adverso en fauna acuática y problemas de oxigenación.	Contaminación del cuerpo de agua con contaminantes como metales pesados, productos químicos tóxicos, nutrientes como nitrógeno y fósforo, y microorganismos patógenos. La eutrofización, por otro lado, aumenta el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo	6	4	4	6	14	94	significancia Alta	Monitoreo Continuo Anual Educación y Concientización
ESCORRENTÍA POR AGUAS DE LLUVIA	- Escorrentía de áreas urbanas e industriales. - Uso excesivo de pesticidas y fertilizantes.	- Arrastre de contaminantes y riesgo de eutrofización. - Sedimentación en la laguna y afectación de la vida acuática.	Debido a la escorrentía de aguas pluviales que transportan sedimentos, nutrientes, productos químicos y otros contaminantes hacia la laguna puede provocar un aumento en la concentración de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo en el agua, lo que puede estimular el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, aumentando así el riesgo de eutrofización.	6	4	4	6	14	94	significancia Alta	implementación De
CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	- Actividades recreativas ruidosas. - Construcciones cercanas con maquinaria ruidosa.	Alteración del comportamiento y estrés en fauna acuática. - Interferencia con comunicación acústica y cambios en distribución de especies.	Puede aumentar su nivel de estrés. El aumento del nivel de ruido en el entorno acústico debido a actividades humanas como, la construcción y la recreación, puede interferir con la comunicación acústica de los organismos acuáticos esto puede dificultar la búsqueda de pareja, la detección de depredadores y presas, y otras interacciones sociales y ecológicas que dependen del sonido.	6	2	2	4	8	48	significancia Baja	Mediciones De Ruid
TURISMO NO REGULADO	- Afluencia masiva sin regulación. - Eliminación irresponsable de residuos por turistas.	- Perturbación de fauna acuática y degradación de hábitats. - Contaminación del agua y erosión en riberas y senderos.	Actividades humanas que afectan el comportamiento, la reproducción y la supervivencia de los organismos acuáticos, estas perturbaciones pueden tener efectos negativos en la biodiversidad y la salud del ecosistema acuático. Las Actividades humanas contribuyen a eliminar la vegetación natural y exponen el suelo a la erosión	6	4	2	4	10	60	significancia Media	Monitoreo Y Vigilancia Puntos Verdes
FALTA DE CONOCIMIENTO Y EDUCACIÓN AMBIENTAL	-Vertido irresponsable De desechos y uso indiscriminado De químicos. - Introducción accidental De especies no nativas.	- Prácticas inadecuadas y perturbaciones en fauna y flora. - Sobreexplotación de recursos y acumulación de basura.	Las prácticas inadecuadas, pueden tener efectos adversos en la fauna y flora de una laguna estas prácticas pueden alterar los hábitats acuáticos y terrestres, reducir la biodiversidad, introducir especies invasoras y aumentar la contaminación del agua y el suelo. La acumulación de basura en la laguna, como plásticos, vidrio, metales y otros desechos sólidos, puede contaminar el agua y afectar la vida acuática	6	4	2	4	10	60	significancia Media	Programas De Educación Ambiental Señalización Informativa

Tabla 2:Matriz De Evaluación De Riegos Ambientales. (Elaboración Prop

2.4. CALIDAD DE CUERPO DE AGUA

La complejidad del término "calidad del agua" radica en su capacidad para satisfacer usos beneficiosos, abarcando diversos modos de utilización del agua. Este concepto se refiere a las características físicas, químicas y biológicas del agua, las cuales varían según su aplicación específica.

La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo a través de parámetros distintos, incluyendo los fisicoquímicos, que permiten determinar y evidenciar posibles alteraciones en el recurso hídrico debido a la presencia de contaminantes de origen orgánico, industrial, urbano, entre otros. En cuanto al parámetro biológico, destaca la importancia de las características biológicas de las aguas residuales en el control de enfermedades generadas por organismos patógenos de origen antropogénico. Bacterias y otros organismos desempeñan un papel clave en la descomposición y estabilización de la materia orgánica presente, requiriendo nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, manganeso, hierro y cloro para su desarrollo. La ausencia de estos nutrientes podría afectar su crecimiento y alterar su funcionamiento normal.

La presente investigación se basa en registros de estudios documentados realizado por el centro EULA-Chile de la Universidad de Concepción desarrollado durante los años 2020, 2021 y 2023, dicho estudio se basa sobre parámetros físicos y bioquímicos que indican el grado de contaminación de la laguna Grande de San Pedro, este trabajo se enfoca en la contabilización de las cantidades de coliformes fecales, pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, nitrato, nitrógeno total, fósforo total, hidrocarburos total y sólidos suspendidos totales, para luego proponer posibles acciones de mitigación de efectos contaminantes.

2.4.1 Definición operacional

2.4.1.1. PH

Indicador de la acidez de una sustancia, está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una sustancia, el resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7. El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida. Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución.

2.4.1.2. Temperatura

Magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general, medida por un termómetro, Dicha energía interna se expresa en términos de calor y frío, siendo el primero asociado con una temperatura más alta, mientras que el frío se asocia con una temperatura más baja.

2.4.1.3. Conductividad

Capacidad de un líquido para conducir la corriente eléctrica. En términos más simples, es la medida de la capacidad del agua para transmitir la electricidad. Esta propiedad está relacionada con la presencia de iones disueltos en el agua, como sales minerales, ácidos y bases. El agua pura no es un buen conductor eléctrico, ya que contiene pocos iones. Sin embargo, el agua que contiene sales disueltas, minerales u otras sustancias iónicas puede conducir electricidad de manera más eficiente. Por lo tanto, la conductividad eléctrica del agua puede utilizarse como indicador de la cantidad y tipo de iones presentes. En el contexto ambiental, la medición de la conductividad del agua es una herramienta comúnmente utilizada para evaluar la calidad del agua y la presencia de contaminantes.

2.4.1.4. Oxígeno disuelto (OD)

Cantidad de oxígeno molecular (O_2) que se encuentra disuelto en el agua. Este parámetro es crucial para la salud de los ecosistemas acuáticos, ya que muchos organismos acuáticos, como peces y otros organismos acuáticos, dependen del oxígeno disuelto para llevar a cabo sus procesos metabólicos y mantener su respiración en un entorno acuático como una laguna, el oxígeno disuelto es esencial para el equilibrio del ecosistema.

2.4.1.5. Coliformes fecales

Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y están presentes en el tracto intestinal de mamíferos de sangre caliente, incluidos los humanos. La presencia de coliformes fecales en el agua es un indicador combinado utilizado para evaluar la contaminación fecal y, por lo tanto, la posible presencia de patógenos asociados con las heces humanas y animales, cuando se detectan coliformes fecales en un cuerpo de agua, como una laguna, se supone que puede haber contaminación fecal reciente.

2.4.1.6. Nitrato

El nitrato es un químico que se encuentra en la mayoría de los fertilizantes, estiércol, y residuos líquidos que se liberan de los tanques sépticos, las bacterias naturales del suelo pueden convertir nitrógeno en nitrato, la lluvia o agua de irrigación puede llevar el nitrato a través del suelo hasta las aguas subterráneas.

2.4.1.7. Nitrógeno total

Indica la cantidad total de nitrógeno disponible en el sistema acuático, lo cual puede tener implicaciones para la salud del ecosistema, la presencia de nitrógeno en el agua puede provenir de diversas fuentes, como la revisión de materia orgánica, la escorrentía de fertilizantes agrícolas, desechos urbanos e industriales, entre otros.

2.4.1.8. Fósforo total

Suma de todas las formas de fósforo presentes en el agua en un momento determinado el fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas y organismos acuáticos, pero su presencia en exceso puede tener consecuencias negativas para la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático.

El fósforo en el agua puede existir en varias formas, incluyendo fosfatos solubles, fósforo orgánico y partículas suspendidas. Estos compuestos pueden ingresar al agua a través de diversas fuentes, como la corriente de fertilizantes agrícolas, desechos urbanos e industriales, y el procesamiento de materia orgánica.

2.4.1.9. Hidrocarburos totales

Suma de todos los compuestos orgánicos formados exclusivamente por átomos de carbono e hidrógeno que se encuentran en el agua, estos compuestos incluyen una amplia variedad de sustancias, desde hidrocarburos más simples, como los alcanos, hasta compuestos más complejos, como los hidrocarburos aromáticos.

La presencia de hidrocarburos totales en una laguna puede deberse a diversas fuentes, como derrames de petróleo, descargas industriales, actividades humanas relacionadas con el transporte y la combustión de combustibles fósiles.

2.4.1.10. Sólidos suspendidos totales

Cantidad total de partículas sólidas que están suspendidas en el agua en un momento dado estos sólidos pueden incluir partículas orgánicas e inorgánicas, como arcilla, sedimentos, materia orgánica en procesamiento y otros materiales suspendidos en el medio acuático.

La presencia de sólidos suspendidos totales en el agua puede tener múltiples fuentes, como la erosión del suelo, escorrentía superficial, actividades de construcción, desechos industriales y desechos urbanos.

Indicador	Unidad	Estudio 2020	Estudio 2021	Estudio 2023	Requisito	Norma chilena	Descripción norma
		Resultado	Resultado	Resultado			
Ph	-	7,4	7,6	7,41	6,5-8,5	1,333	Calidad del agua de acuerdo a uso recreacional
Temperatura	°C	17,4	11,1	20,3	>30	1,333	Calidad del agua de acuerdo a uso recreacional
Conductividad	µS/cm	92,3	95,0	117,8	0,75-7,5	1,333	Calidad del agua de acuerdo a uso de riego
Oxígeno disuelto	mg/L	8,6	9,0	7,6	≤ 5	1,333	Calidad del agua de acuerdo a uso vida acuática
Coliformes fecales	nmp/100ml	1,9	1,8	2,8	>1000	1,333	Calidad del agua de acuerdo a uso recreacional
Nitrato	mg/l	0,015	0,521	-	≥50	409	Calidad que debe cumplir el agua potable
Nitrógeno total	mg/l	0,231	0,468	0,34	≥10	90	Máxima descarga residuos líquidos en cuerpos lacustres
Fósforo total	mg/l	0,041	0,023	0,29	≥10	90	Máxima descarga residuos líquidos en cuerpos lacustres
Hidrocarburos totales	mg/	10	10	10,0	≥50	90	Máxima descarga residuos líquidos en cuerpos lacustres
Sólidos suspendidos totales	mg/l	1,4	2,8	1,5	≥80	90	Máxima descarga residuos líquidos en cuerpos lacustres

Tabla 3:Calidad De Agua Laguna Grande San Pedro De Paz. (Extraído De Informe Estudio EULA)

2.4.2. Técnica de recolección de datos

La investigación se basa en 10 indicadores de contaminación en cuerpos de agua realizada por EULA-CHILE, durante los años 2020, 2021, 2023 las cuales son PH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitrato, nitrógeno total, fósforo total, hidrocarburos totales y sólidos suspendidos totales. El área de recolección de muestras se presenta en la siguiente imagen satelital.



Figura 10: Imagen Satelital De La Laguna Grande, La Demarcación Indica El Lugar Seleccionado Para La Toma De Muestras (Extraído De Centro EULA-Chile 2023).

2.4.3. Interpretación de resultados

Norma Chilena 1.333:

Esta norma establece los requisitos de calidad del agua de acuerdo a su uso.

Esta norma se debe aplicar a las aguas destinadas a los usos siguientes:

- a) agua para consumo humano
- b) agua para la bebida de animales
- c) riego
- d) recreación y estética;
 - d.1) estética;
 - d.2) recreación con contacto directo
 - d.3) recreación sin contacto directo;
- e) vida acuática.

Los parámetros utilizados en el estudio del EULA son los siguientes:

- PH

El agua para sin contacto directo debe tener comprendido entre 6,5 y 8,3.

Tras los resultados de PH, el centro EULA-Chile, obtuvieron que los niveles, durante los años 2020, 2021 y 2023 se mantuvieron constantes sin una gran diferencia, cuyo valor aproximado fue de 7,4 lo que indica que el cuerpo de agua se encuentra en niveles de PH dentro de la norma chilena 1.333 para uso recreativo.

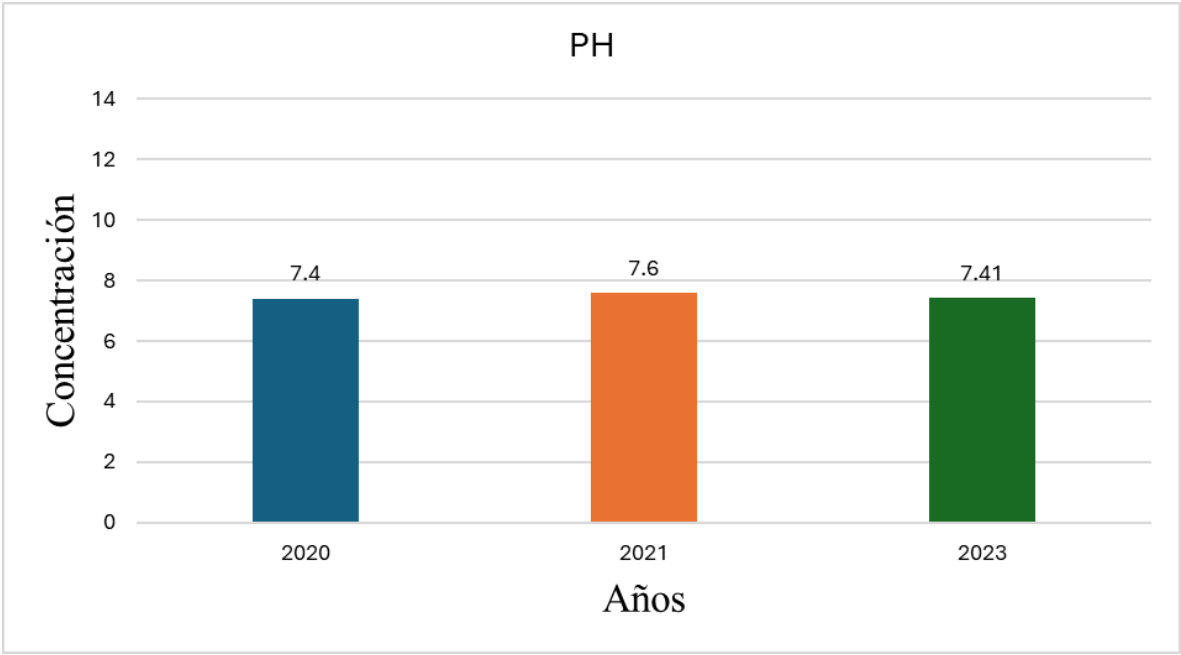


Grafico 2: Parámetro Indicador PH Laguna Grande (Elaboración Propia)

- Temperatura

El agua para sin contacto directo debe contener como límite máximo de 30 °C

Tras los resultados de temperatura el centro EULA-Chile, obtuvieron una variación de temperatura durante el transcurso de los años donde la primera medición correspondiente al 2020 se obtuvo 17,4°C, posteriormente el 2021 se obtuvo una disminución correspondiendo a 11,1°C, el aumento de temperatura se indicó en el año 2023 con un resultado de 20,3°C, cabe destacar que las temperaturas obtenidas se mantienen dentro de la norma chilena 1.333 para uso recreativo.

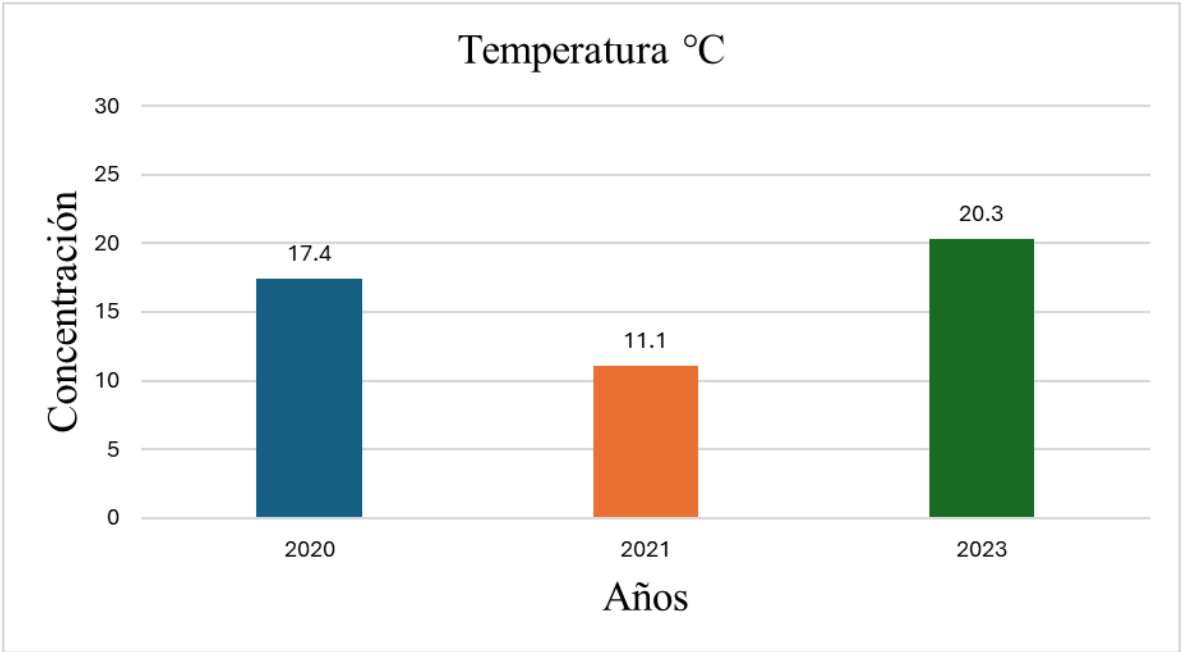


Grafico 3:Parámetro Indicador Temperatura Laguna Grande (Elaboración Propia)

- Conductividad

El agua debe tener comprendido para uso de riego entre 0,75 - 7,5 us/cm2.

Tras los resultados de conductividad el centro EULA-Chile, obtuvo que los niveles fueron en alza durante el transcurso de los años, cabe destacar que todos los resultados presentaron concentraciones mayores a las permitidas por la normativa chilena 1.333 para uso de riego.

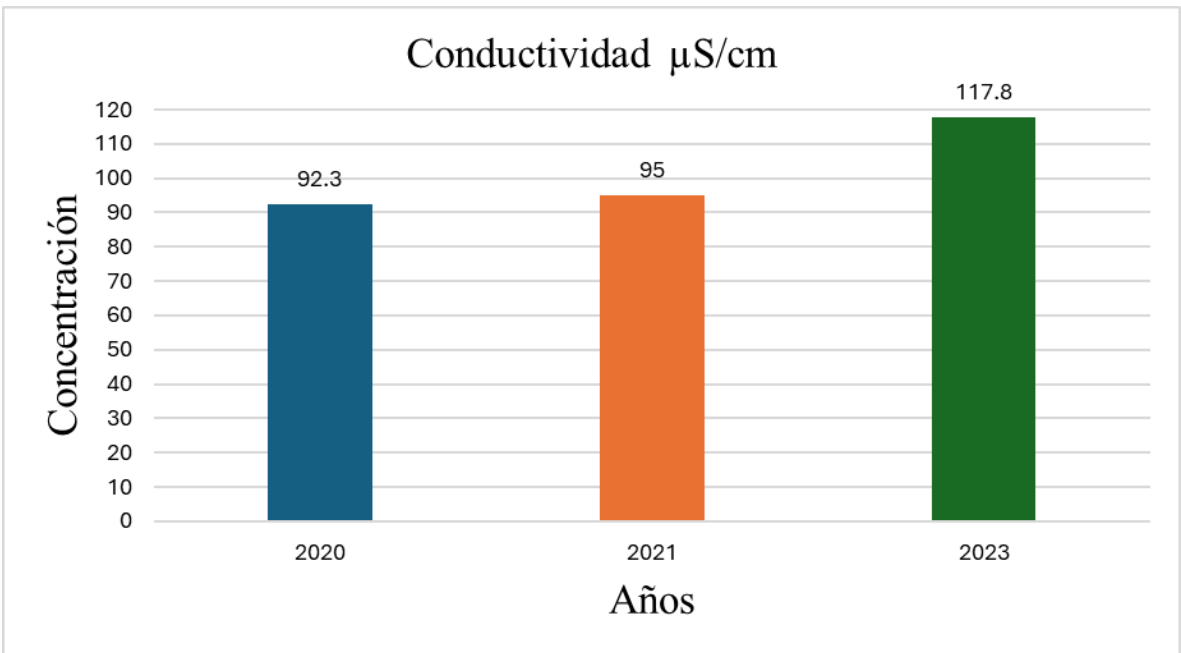


Grafico 4:Parámetro Indicador Conductividad Laguna Grande (Elaboración Propia)

- Oxígeno disuelto

El agua para vida acuática debe contener como límite mínimo de 5 mg/L.

Tras los resultados de conductividad el centro EULA-Chile, obtuvo una variación de los niveles donde la primera medición correspondiente al 2020 se obtuvo 8,6 mg/l posteriormente el 2021 se obtuvo un aumento correspondiendo a 9 mg/l, el resultado más bajo se indicó en el año 2023 con 7,6 mg/l, cabe destacar que las concentraciones obtenidas se mantienen dentro de la norma chilena 1.333 para vida acuática.

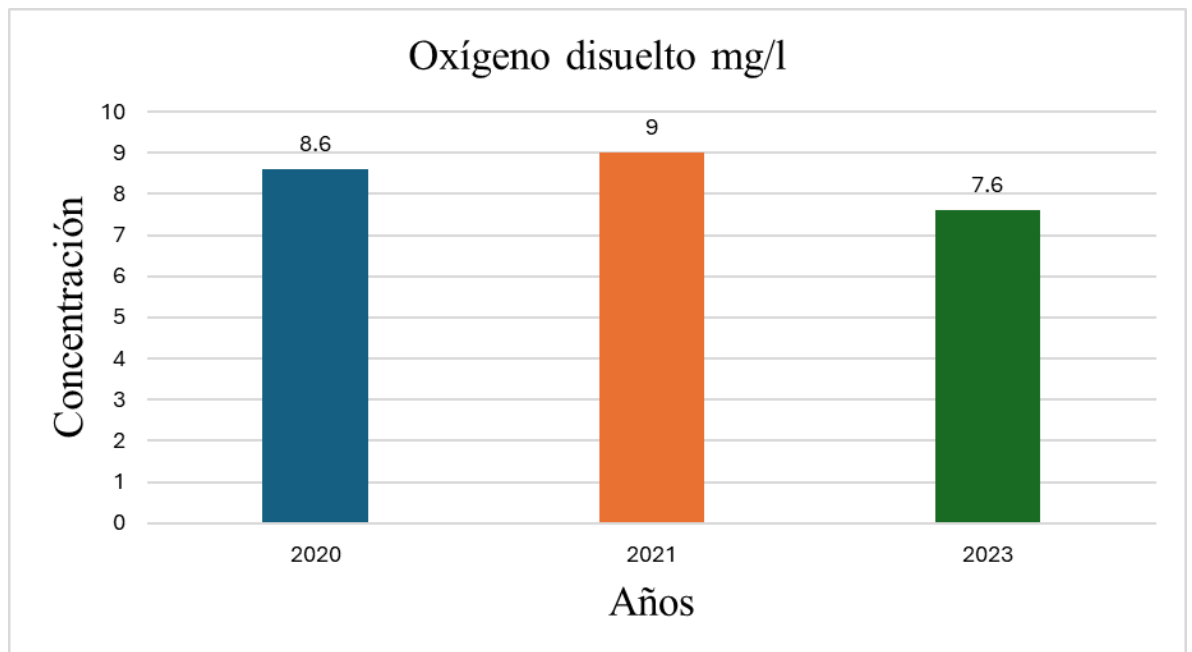


Grafico 5:Parámetro Indicador Oxígeno Disuelto Laguna Grande (Elaboración Propia)

- Coliformes fecales

El agua para sin contacto directo debe contener como límite máximo es de 1000 NMP/100 ml.

El análisis de datos se arrojó que el año con mayor cantidad de coliforme fecales es del año 2023 puente con 2,8 NMP/100 ml, seguido por el año 2020 correspondiendo un número de 1,9 NMP/100 ml, en el año 2021, resultó con un valor similar al anterior con 1,8 NMP/100 ml, cabe destacar que las concentraciones obtenidas se mantienen dentro de la norma chilena 1.333 para uso recreativo.

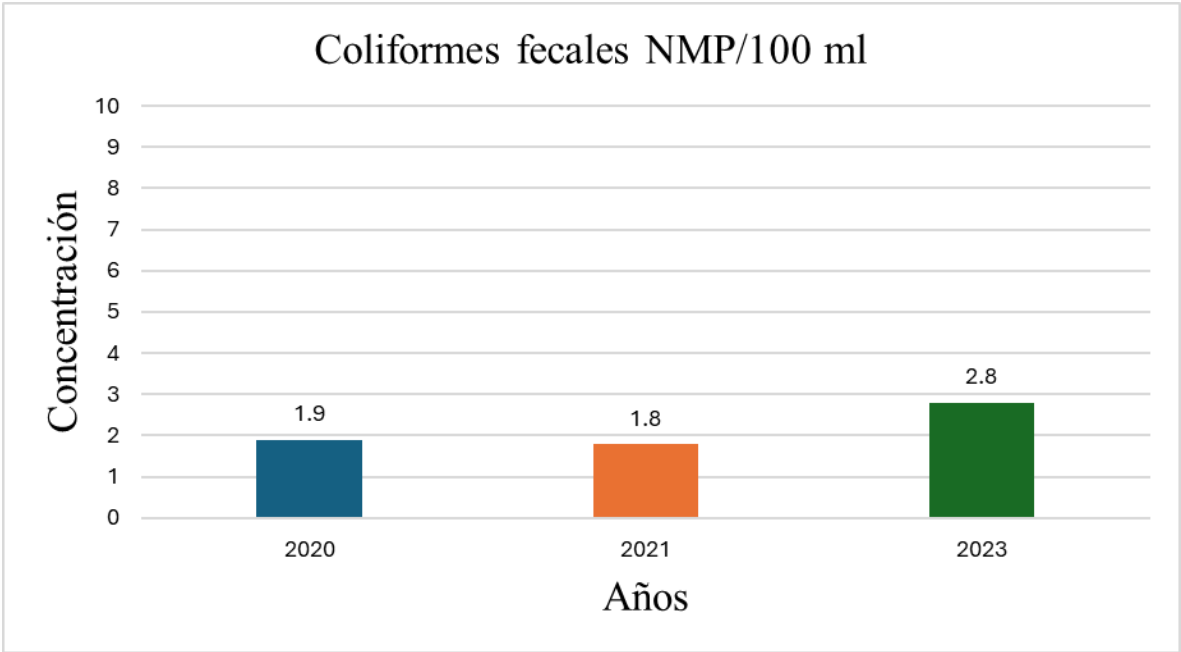


Grafico 6.: Parámetro Indicador Coliformes Fecales Laguna Grande (Elaboración Propia)

Norma Chilena 409:
Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional
El parámetro utilizado en el estudio del EULA es el siguiente:

Nitrato
El agua potable debe contener como límite máximo de 50 mg/l.

Tras los resultados del nitrato, el centro EULA-Chile, obtuvo que los niveles resultaron tener una gran diferencia en las concentraciones durante el transcurso de los años, cabe destacar que todos los resultados presentaron concentraciones que se encuentran dentro de la norma chilena 409.

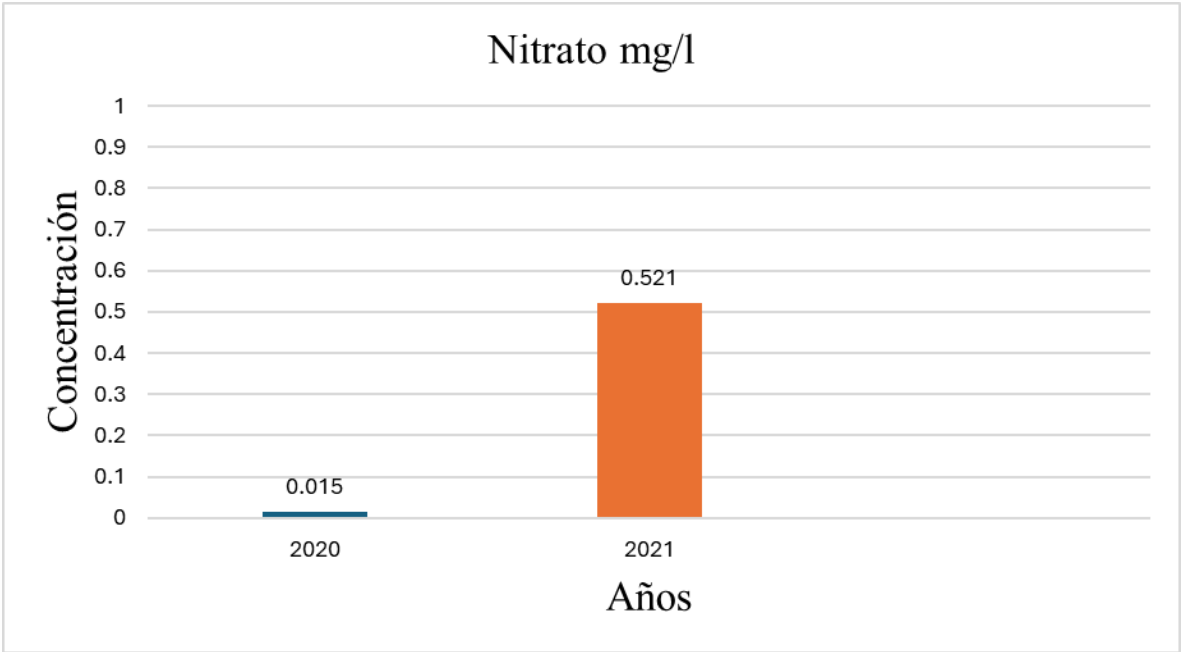


Grafico 7:Parámetro Indicador Nitrato Laguna Grande (Elaboración Propia)

Decreto Supremo N° 90

La norma de emisión establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile. La norma se aplicará en todo el territorio nacional.

Los parámetros utilizados en el estudio del EULA son los siguientes:

Nitrógeno total

El agua para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres como límite máximo de 10 mg/l.

Tras los resultados de nitrógeno total el centro EULA-Chile, obtuvo una variación de los niveles donde la primera medición correspondiente al 2020 se obtuvo 0.231 mg/l, indicando ser la concentración más baja, posteriormente el 2021 se obtuvo un aumento correspondiendo a 0,468 mg/l, y en el año 2023 disminuyó a 0,34 mg/l, cabe destacar que las concentraciones obtenidas se mantienen dentro del decreto supremo N°90.

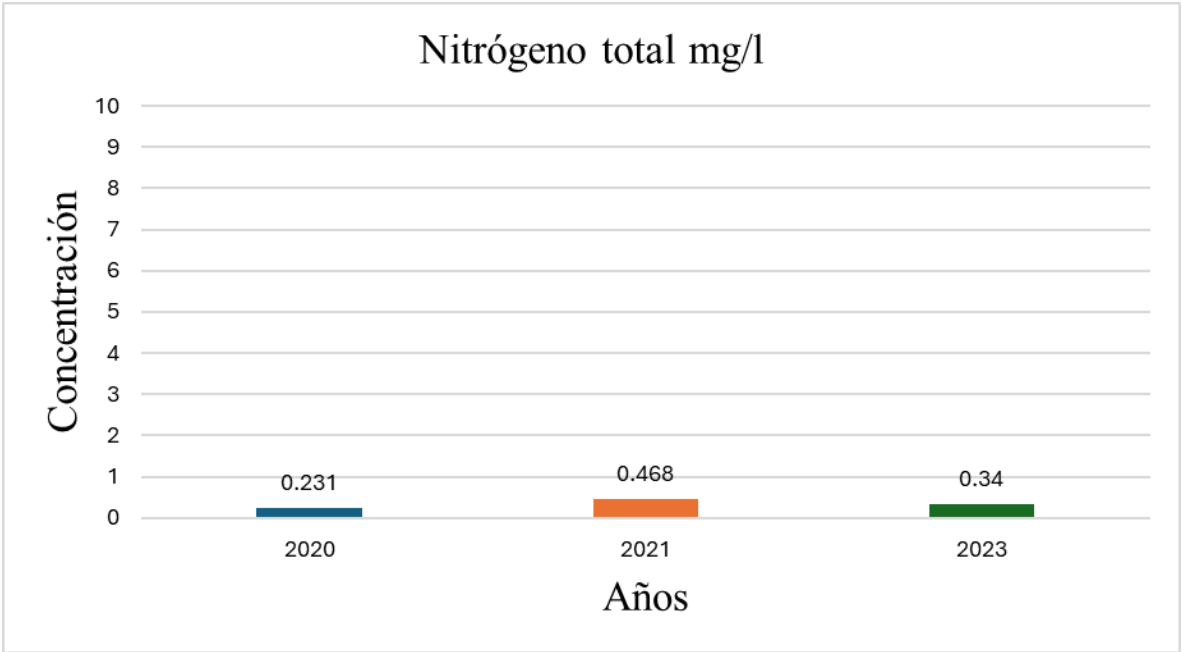


Grafico 8:Parámetro Indicador Nitrógeno Total Laguna Grande (Elaboración Propia)

Fósforo total

El agua para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres como límite máximo de 10 mg/l.

Tras los resultados de fósforo total el centro EULA-Chile, obtuvo una variación de los niveles donde la primera medición correspondiente al 2020 se obtuvo 0,041 mg/l, posteriormente el 2021 se obtuvo una disminución correspondiendo a 0,023 mg/l indicando ser la concentración más baja, y en el año 2023 aumentó a 0,29 mg/l cuyo valor fue el más alto cabe destacar que las concentraciones obtenidas se mantienen dentro del decreto supremo N°90.

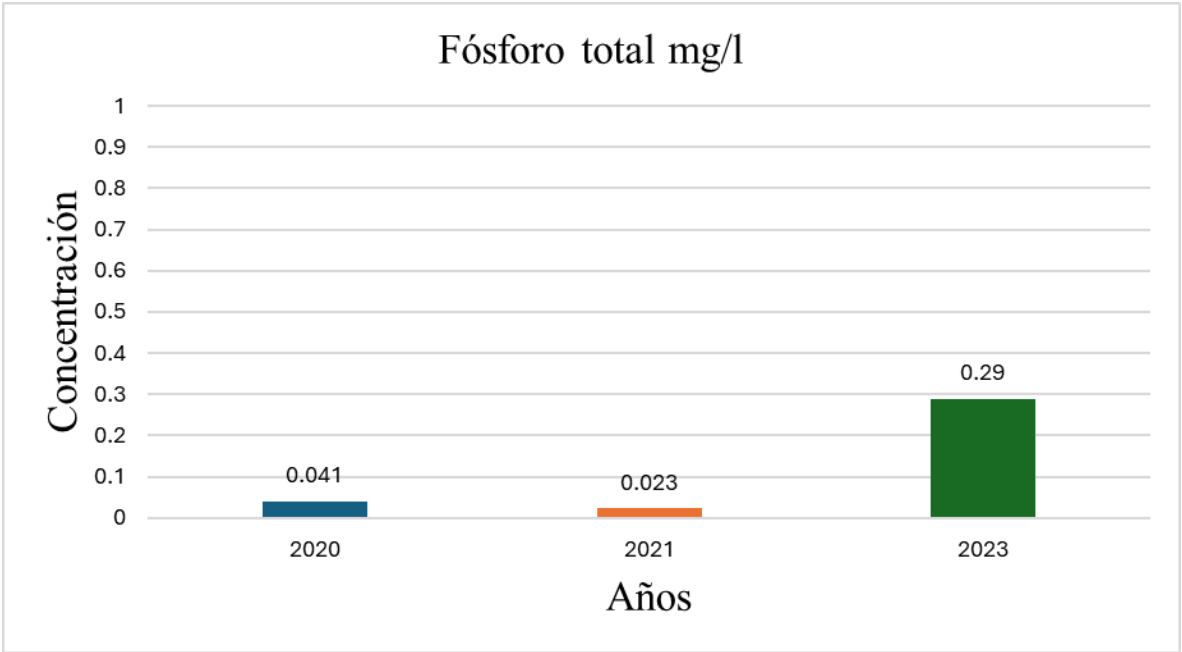


Grafico 9:Parámetro Indicador Fósforo Total Laguna Grande (Elaboración Propia)

Hidrocarburo totales

El agua para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres como límite máximo de 50 mg/l.

Tras los resultados de hidrocarburos totales, el centro EULA-Chile, obtuvieron que los niveles, durante los años 2020, 2021 y 2023 se mantuvieron constantes sin diferencia, cuyo valor fue de 10 mg/l lo que indica que el cuerpo de agua se encuentra en concentraciones dentro del decreto supremo N°90.

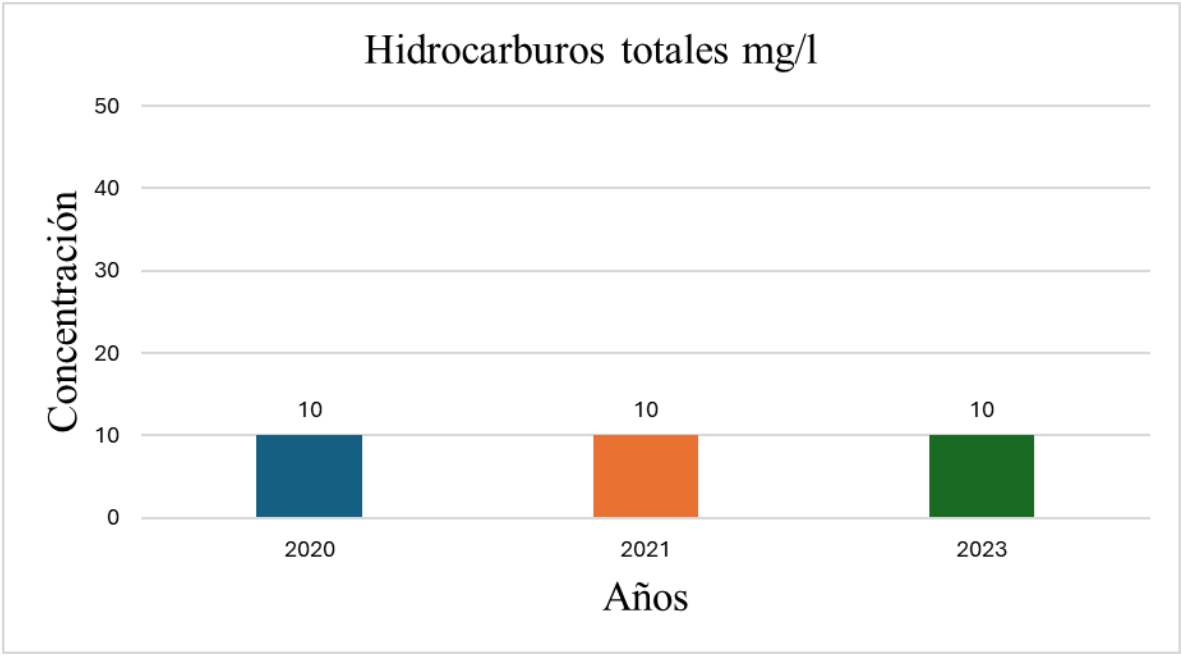


Grafico 10:Parámetro Indicador Hidrocarburos Totales Laguna Grande (Elaboración Propia)

Sólidos suspendidos totales

El agua para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres como límite máximo de 80 mg/l.

Tras los resultados de sólidos suspendidos totales el centro EULA-Chile, obtuvo una variación de los niveles donde la primera medición correspondiente al 2020 se obtuvo 1,4 mg/l, posteriormente el 2021 se obtuvo un aumento correspondiendo a 2,8 mg/l indicando ser la concentración más alta, y en el año 2023 disminuyó a 1,5 mg/l, cabe destacar que las concentraciones obtenidas se mantienen dentro del decreto supremo N°90.

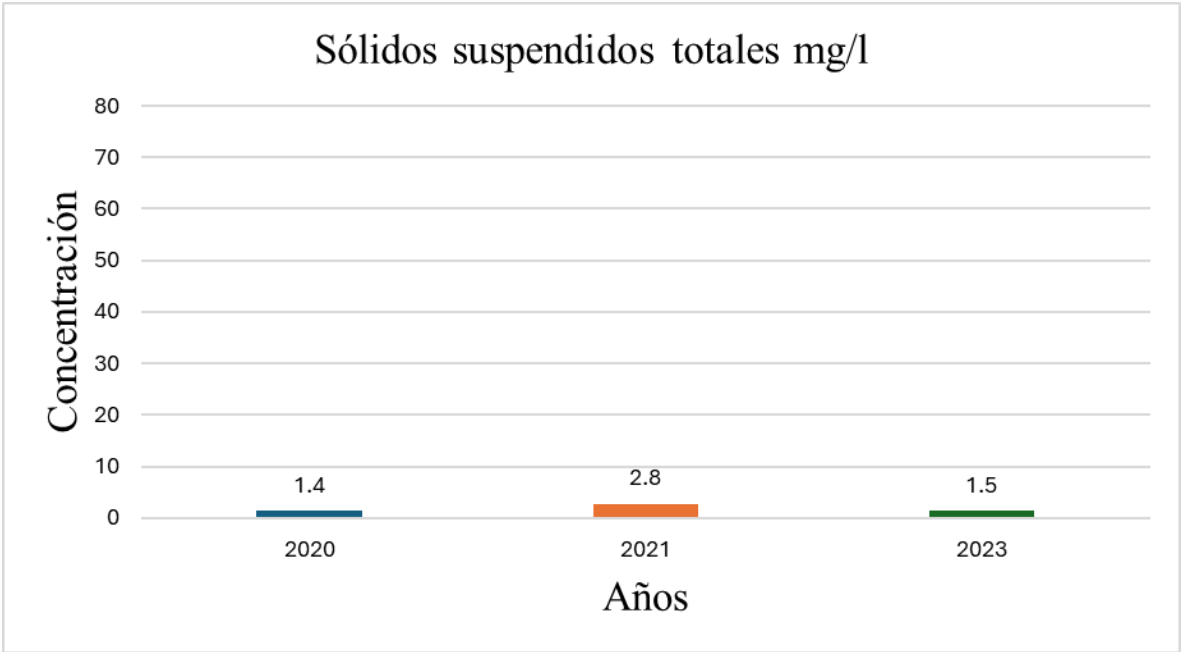


Grafico 11:Parámetro Indicador Sólidos Suspendidos Totales Laguna Grande (Elaboración Propia)

2.4.3.1. La conductividad como Parámetro alterado

Si el parámetro de conductividad del agua está por encima de la normativa 1.333 para uso de riego, puede indicar la presencia de una mayor concentración de iones en el agua, posiblemente derivada de la presencia de contaminantes. Esto puede tener varias implicaciones y efectos en el medio ambiente y la calidad del agua, y generalmente se considera un indicador de la salud del cuerpo de agua. A continuación, se mencionan algunos posibles impactos negativos:

1. Efectos en la vida acuática: Niveles elevados de conductividad pueden afectar la vida acuática, especialmente las especies que son sensibles a cambios en la composición química del agua. Algunos organismos acuáticos pueden experimentar estrés o incluso la muerte cuando se exponen a concentraciones elevadas de sales.
2. Eutrofización: Altos niveles de conductividad pueden estar asociados con un mayor contenido de nutrientes en el agua, lo que puede contribuir a la eutrofización. Este fenómeno implica un aumento excesivo de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, que puede estimular el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, afectando negativamente el equilibrio del ecosistema.
3. Impactos en la calidad del agua potable: Altos niveles de conductividad pueden influir en la calidad del agua destinada al consumo humano. Aguas con alta conductividad pueden tener un sabor desagradable y pueden requerir

tratamientos adicionales para hacerlas adecuadas para el consumo.

4. Cambios en la biodiversidad: Las alteraciones de las condiciones químicas del agua debido a la alta conductividad pueden tener un impacto negativo en la biodiversidad de un cuerpo de agua, afectando a diversas especies de plantas y animales acuáticos.

Ante la detección de niveles elevados de conductividad, es fundamental realizar una investigación adicional para identificar las fuentes específicas de contaminación y tomar medidas correctivas. Además, es esencial cumplir con las normativas ambientales para garantizar la protección del medio ambiente y la salud humana.

Si el parámetro de conductividad del agua está por debajo de la normativa 1.333 para uso de riego, generalmente se considera positivo, ya que indica que la concentración de iones disueltos, como sales y contaminantes, en el agua se encuentra dentro de los límites aceptables. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los efectos específicos pueden depender del contexto y del tipo de cuerpo de agua. Aquí hay algunas consideraciones:

1. Menor riesgo para la vida acuática: Los niveles de conductividad dentro de los límites normativos suelen ser menos estresantes para la vida acuática, especialmente para las especies que son sensibles a cambios en la composición química del agua. Esto puede contribuir a mantener la diversidad biológica y la salud del ecosistema acuático.
2. Prevención de la eutrofización: Bajos niveles de conductividad también pueden ayudar a prevenir la eutrofización, ya que indican que la concentración de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, está controlada y no está contribuyendo al crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas.

Es importante destacar que, aunque la baja conductividad dentro de los límites normativos generalmente se considera positiva, es esencial evaluar el agua en su conjunto y considerar otros parámetros y factores ambientales para obtener una imagen completa de la calidad del agua y su impacto en el ecosistema.

CAPÍTULO 3: MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

3.1. FITORREMEDIACIÓN

La fitorremediación es una alternativa de tratamiento económica para aguas residuales en cuanto a operación y mantenimiento, ya que no requiere de energía, es amigable con el ambiente y eficiente para reducir la carga contaminante de las aguas residuales a niveles bajos, para así cumplir con las exigencias de las normas ambientales.

Además, es un tratamiento donde se aprovechan los procesos biológicos de las plantas acuáticas y microorganismos (adsorción, absorción, degradación, reacciones redox, acumulación, etc.) para tratar el agua residual. Una de las plantas acuáticas más utilizadas en estos sistemas de tratamiento biológico es el Jacinto de agua (*Pontederia crassipes*), las sumergidas como la Cola de zorro acuática (*Myriophyllum aquaticum*) y las emergentes como el Junco (*Schoenoplectus californicus*)., debido a su capacidad de eliminar una gran variedad de contaminantes (nutrientes, metales pesados, sustancias orgánicas, metales radiactivos, derivados del petróleo, otros), que por su naturaleza pueden provocar problemas ambientales.



Figura 11: Imagen Totoro En La Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)

3.2. AUTODEPURACIÓN DE LA LAGUNA

La autodepuración, proceso químico que tiene lugar en las aguas naturales, que consta de mecanismos de sedimentación de partículas presentes en ellas y de procesos químicos y biológicos que producirán la degradación de la materia orgánica contenida para su próxima conversión en materia inorgánica, la que será de utilidad para las algas como nutrientes, de esa manera aumentará la actividad fotosintética, enriqueciendo al cuerpo de agua de oxígeno y eliminando la materia extraña del agua restableciendo el equilibrio natural. Al estar basada en procesos biológicos naturales, los rendimientos de depuración que se logran alcanzar están muy relacionados con las condiciones climáticas imperantes. Estos procesos biológicos se ven afectados de gran manera por la presencia en el agua de sustancias anómalas procedentes de vertidos industriales que pueden llegar a hacer inviable su tratamiento.

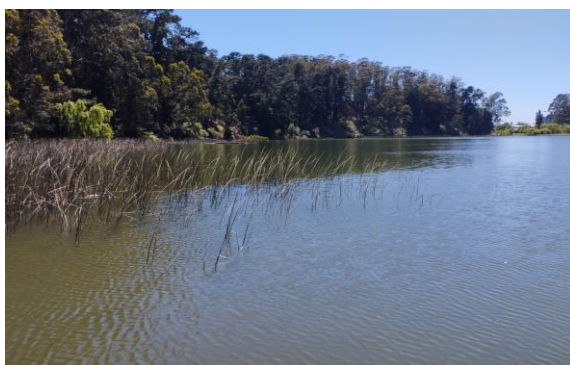


Figura 12: Imagen Laguna Grande San Pedro De La Paz

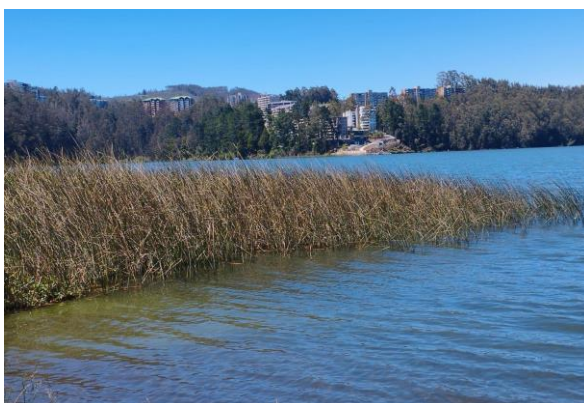


Figura 13: Imagen Totora En La Laguna Grande San Pedro De La Paz. (Elaboración Propia)

3.2.1. Autodepuración con totora

La totora (*Schoenoplectus californicus*), también conocida como espadaña o junco, es una planta acuática que puede tener un impacto significativo en la autodepuración de lagunas y cuerpos de agua. Aquí hay algunas maneras en las que la totora puede influir en este proceso:

- **Filtración de Contaminantes:**

Las raíces de la totora pueden actuar como un filtro natural, atrapando y absorbiendo contaminantes del agua. Esto incluye nutrientes en exceso como nitratos y fosfatos, así como metales pesados y otros compuestos.

- **Estabilización de Orillas:**

La totora juega un papel importante en la estabilización de las orillas de la laguna. Sus raíces ayudan a prevenir la erosión de las orillas, lo que contribuye a mantener la calidad del agua al evitar la entrada de sedimentos al cuerpo de agua.

- **Proporciona Hábitat:**

La densidad de la totora crea hábitats acuáticos complejos y proporciona refugio y alimentación para diversas especies acuáticas. La presencia de una variedad de organismos en la totora puede contribuir a procesos biológicos que mejoran la calidad del agua.

- **Estímulo a Procesos Biogeoquímicos:**

La descomposición de los residuos de la totora, como las hojas y los tallos muertos, puede estimular procesos biogeoquímicos beneficiosos. La descomposición bacteriana de la materia orgánica puede contribuir a la remineralización de nutrientes esenciales para el ciclo del agua.

- **Reducción de la Turbidez:**

La totora puede ayudar a reducir la turbidez del agua al actuar como una barrera física que atrapa sedimentos y partículas en suspensión.

- **Oxigenación del Agua:**

En ciertos contextos, la totora puede facilitar la oxigenación del agua al generar

movimiento y circulación, especialmente cuando es agitada por el viento.

Es importante tener en cuenta que, aunque la totora puede tener efectos positivos en la autodepuración de lagunas, su gestión y control son esenciales para evitar problemas como el exceso de densidad que podría limitar la circulación del agua o el riesgo de convertirse en una especie invasiva. En la gestión de cuerpos de agua, se busca un equilibrio para aprovechar los beneficios naturales de la vegetación acuática sin comprometer la funcionalidad del ecosistema.

3.2.2. Manejo de la totora en los humedales

El manejo en los humedales se puede centrar en tres aspectos centrales: implantación, operación y control de plagas y enfermedades.

- Implantación:

Las plantas se desarraigan del sustrato, se fraccionan de modo que cada porción lleve en su parte subterránea rizomas. Se implantan individualmente en el sustrato o fango del humedal en primavera o épocas calurosas, porque el frío puede matarlas (Hazelip, 2004). El tamaño de los rizomas debe ser de 10 cm de largo y tener brotes en el extremo del corte. La raíz debe colocarse a 5 cm por debajo de la superficie del medio. Los tallos de las plantas pueden ser recortados antes del trasplante. Posteriormente, el lecho debe inundarse con agua hasta la superficie o rociarse con frecuencia, pero siempre se debe tener el cuidado de que el nivel del agua no sobrepase la altura de las plantas cortadas. Si las plantas se cubren de agua antes que desarrollen las raíces, se pudrirán (Hazelip, 2004). Es importante que las raíces se desarrollen dentro del medio. Las profundidades características a las que las plantas echan raíces van de 18 a 36 cm. Después de la implantación inicial, el nivel de agua debe descender, de manera que las raíces se extiendan hacia el fondo del medio (Fernández et al. 2004). La densidad de siembra óptima es cada 0,5 m. En cualquier caso, se debe permitir que la vegetación crezca de 3 a 6 meses antes de que empiecen las aplicaciones regulares de agua residual (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- Operación

La operación básicamente consiste en la cosecha y el deshierbe, una vez que las plantas están establecidas, esta operación deja de ser necesaria. En otoño de cada año se debe segar y evacuar la parte aérea de las plantas. La evacuación permite evitar su

acumulación en la superficie de los filtros (OIA, 2001).

Sin embargo, en caso de que las especies superen su capacidad de retención de contaminantes, se procederá al corte de la parte aérea y eliminación del humedal. Se debe tener en cuenta que la época en la que los rizomas tienen menos reservas es hacia finales del verano, por lo que si se efectúa la siega, el vigor de las plantas se verá afectado. En épocas más tardías, (de marzo en adelante, y antes de la brotación) ya no es probable que el corte comprometa el crecimiento de la planta (EPA, 2000).

- Plagas y enfermedades

Fernández et al., (2004) indica que son plantas muy rústicas de las que no se tiene referencias de plagas y enfermedades en su aplicación en humedales artificiales.

3.3. EDUCACIÓN AMBIENTAL

Es una rama de las asignaturas de ciencias naturales y biología es implementada con el fin de generar conciencia ambiental en la comunidad teniendo en cuenta que el cuidado del medio ambiente ayuda a controlar los efectos negativos que pueden generar problemas en los ecosistemas, para el efecto de la laguna es necesario ante todo, mediante la ley 19.300 aprueba ley sobre bases generales del medioambiente, como se define educación ambiental, “proceso permanente de carácter interdisciplinario, destinado a la formación de una ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante”.

Mediante esta definición la educación ambiental desempeña un papel crucial como método de prevención de contaminantes para la laguna grande de San Pedro de la paz al generar conciencia, promover prácticas sostenibles y fomentar la participación comunitaria. a continuación, se indican la manera en las que la educación ambiental genera un efecto positivo para la conservación de este cuerpo de agua:

3.3.1. Concientización Comunitaria

La educación ambiental informa a la comunidad sobre la importancia de la laguna como ecosistema y destaca la relación entre las acciones humanas y la salud del cuerpo de agua. Aumenta la conciencia sobre los impactos negativos potenciales y fomenta un sentido de responsabilidad compartida.

3.3.2. Cambios en Comportamientos

Al proporcionar información sobre las prácticas cotidianas que afectan la laguna, la educación ambiental contribuye a cambios positivos en el comportamiento. Esto puede incluir prácticas de manejo de residuos, uso responsable del agua y reducción de la contaminación.

3.3.3. Participación Activa

La educación ambiental motiva la participación activa de la comunidad en la conservación y restauración de la laguna. Esto puede manifestarse a través de programas de limpieza, monitoreo comunitario y proyectos de restauración de hábitats.

3.3.4. Promoción de Buenas Prácticas Agrícolas

Dirigida a agricultores y comunidades cercanas, la educación ambiental puede promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la escorrentía de nutrientes y productos químicos hacia la laguna, previniendo así la eutrofización.



Figura 14:Imagen Letrero Educación Ambiental. (Elaboración Propia)

3.3.5. Involucramiento Escolar

Integrar la educación ambiental en programas escolares permite que las generaciones más jóvenes comprendan la importancia de la laguna y adopten actitudes y comportamientos respetuosos con el medio ambiente desde temprana edad.

3.3.6. Creación de Conciencia sobre Especies Nativas

La educación ambiental puede destacar la importancia de las especies nativas y la diversidad biológica de la laguna. Esto fomenta la protección de hábitats naturales y contribuye a la prevención de la introducción de especies invasivas.

3.3.7. Generación de Líderes Ambientales

Al capacitar a líderes locales y defensores ambientales a través de programas educativos, se establece una red de personas comprometidas con la preservación de la laguna. Estos líderes pueden catalizar acciones preventivas y de mitigación a nivel comunitario.

3.3.8. Desarrollo de Políticas Sostenibles

La educación ambiental puede influir en la formulación de políticas locales que promuevan prácticas sostenibles y regulen actividades que podrían afectar negativamente la laguna.

En resumen, la educación ambiental no sólo proporciona conocimientos, sino que también empodera a las comunidades para tomar medidas proactivas en la prevención y mitigación de impactos en lagunas, creando un entorno más consciente y sostenible.

La educación ambiental emerge como un pilar fundamental en la prevención y mitigación de impactos en una laguna. Al elevar la conciencia comunitaria sobre la importancia del ecosistema acuático, esta disciplina fomenta cambios de comportamiento hacia prácticas más sostenibles. La participación activa de la comunidad se traduce en programas de limpieza, monitoreo ciudadano y proyectos de restauración, mientras que la integración de la educación ambiental en el ámbito escolar forja actitudes respetuosas con el medio ambiente desde edades tempranas.

3.4. MONITOREO DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS EN LA LAGUNA

En Chile existen diversas identidades que se someten a regular los niveles de contaminación del agua, como la Superintendencia de servicios sanitarios (SISS) que se responsabilizan en verificar los grados de contaminación que se localizan en el agua potable, como también existe el Programa de Monitoreo de Calidad de Agua (PMCA), que se hacen cargo de determinar los niveles físicos, bioquímicos y biológicos que se localizan en lagos y lagunas, con el propósito de concientizar a la comunidad sobre la importancia de la utilidad que brinda una laguna y la atención en base a cuidados que se le debe someter.

Enfocado en las aguas servidas el cual es el impacto que se califica con significancia alta, desempeña un papel crucial en la implementación de estrategias efectivas de mitigación y prevención. La importancia de estas mediciones radica en su capacidad para proporcionar una evaluación integral de la calidad del agua y su entorno,

permitiendo la identificación temprana de posibles impactos negativos y la implementación de medidas correctivas oportunas.

Los parámetros físico químicos, que incluyen factores como la temperatura, el pH, la conductividad, y la concentración de nutrientes, son indicadores clave de la salud general del ecosistema acuático. La monitorización constante de estos parámetros permite detectar cambios significativos que podrían estar relacionados con descargas de aguas servidas. Por ejemplo, aumentos en la concentración de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, provenientes de aguas servidas pueden desencadenar procesos de eutrofización, afectando negativamente la calidad del agua y la vida acuática.

Además, la evaluación de parámetros biológicos, como la diversidad y abundancia de especies acuáticas, proporciona una visión más completa de la salud del ecosistema. Las aguas servidas pueden introducir contaminantes que afectan directamente a la biota acuática, y el monitoreo biológico puede revelar cambios en la composición de la comunidad, señalando posibles problemas ambientales.

La medición regular de estos parámetros no solo sirve como herramienta de diagnóstico, sino que también guía la implementación de estrategias de mitigación. La aplicación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales, como sistemas de tratamiento biológico o humedales construidos, puede ser optimizada y adaptada según las características específicas de la laguna y los resultados de las mediciones.

La cotización de este tipo de tecnología de monitoreo completo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas continentales, contiene un paquete analítico, cuyo valor aproximado es de 5.28 UF, según empresas chilenas.

En resumen, la medición rigurosa de parámetros físico químicos y biológicos en lagunas, especialmente cuando se consideran aguas servidas, es esencial para la gestión sostenible del recurso hídrico. Proporciona información valiosa para diseñar e implementar medidas preventivas y correctivas, contribuyendo así a la preservación y restauración de estos importantes ecosistemas acuáticos.

El monitoreo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la laguna es esencial como método de mitigación y prevención de problemas ambientales. Aquí hay algunas maneras en las que este enfoque puede ser beneficioso:

3.4.1. Calidad del Agua

El monitoreo regular de parámetros físico químicos, como la temperatura, pH, oxígeno disuelto, nutrientes y la conductividad eléctrica, proporciona información sobre la calidad del agua. Identificar cambios en estos parámetros puede alertar sobre posibles problemas de contaminación o desequilibrios en el ecosistema acuático.

3.4.2. Detección de Contaminantes

El monitoreo microbiológico, que implica analizar la presencia de bacterias y otros microorganismos, ayuda a detectar la contaminación del agua. La presencia de patógenos puede indicar riesgos para la salud humana y la vida acuática.

3.4.3. Evaluación de la Eutrofización

La medición de nutrientes como nitrógeno y fósforo es crucial para evaluar la eutrofización, un fenómeno en el que hay un exceso de nutrientes que puede provocar proliferación de algas y deterioro de la calidad del agua. El monitoreo permite tomar medidas preventivas para controlar este proceso.

3.4.4. Seguimiento de Cambios Estacionales

El monitoreo continuo a lo largo del tiempo permite observar patrones estacionales y variaciones en los parámetros. Esto es fundamental para comprender la dinámica de la laguna y tomar medidas adecuadas según las condiciones cambiantes.

3.4.5. Identificación de Fuentes de Contaminación

Al monitorear las variaciones en los parámetros, es posible identificar posibles fuentes de contaminación, ya sea por descargas industriales, urbanas o agrícolas. Esto facilita la implementación de medidas correctivas y preventivas.

3.4.6. Desarrollo de Estrategias de Mitigación

Con datos precisos sobre la calidad del agua, se pueden desarrollar estrategias de mitigación específicas. Esto podría incluir la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, la reducción de la escorrentía de nutrientes o la restauración de hábitats acuáticos.

3.4.7. Cumplimiento Normativo

El monitoreo constante asegura el cumplimiento de las normativas ambientales. Permite evaluar si los niveles de contaminantes están dentro de los límites permitidos y, en caso contrario, tomar medidas correctivas.

CONCLUSIÓN

En conclusión, esta investigación ha permitido identificar los riesgos ambientales que enfrenta la Laguna Grande de San Pedro de la Paz y ha establecido estrategias para abordar y mitigar estos desafíos. Al identificar mediante análisis bioquímicos y físicos documentados, hemos obtenido una comprensión más profunda de los factores que afectan la calidad del agua de la laguna.

Destacando el parámetro de conductividad el cual excede lo que indica la normativa chilena 1.333 para uso de riego teniendo un valor 92.3uS/cm - 95uS/cm - 117uS/cm durante los años 2020, 2021 y 2023.

La aplicación de una matriz de aspectos e impactos ambientales ha permitido clasificar los riesgos según su grado de significancia, proporcionando un marco claro para la toma de decisiones y la planificación estratégica.

Es esencial destacar la conexión directa entre las aguas servidas como una significancia alta con la cierta alteración de algunos parámetros como el anterior mencionado. La urbanización no regulada y otros factores antropogénicos han contribuido significativamente a la degradación ambiental. Este análisis subraya la necesidad de intervenciones efectivas y la implementación de medidas de mitigación.

Las estrategias propuestas, que van desde la promoción de educación ambiental hasta la propuesta de monitoreo de parámetros, apuntan a cambiar los comportamientos y a fomentar la responsabilidad compartida. La educación ambiental, en particular, se presenta como una herramienta poderosa para impulsar cambios a largo plazo, involucrando a la comunidad en la protección y preservación de este recurso vital.

Esta tesis no solo ofrece una evaluación de los riesgos ambientales en la Laguna Grande, sino que también proporciona un marco sólido para la toma de decisiones futuras y acciones preventivas. La esperanza es que esta investigación sirva como base para iniciativas de conservación, instigando cambios positivos en la gestión ambiental de la Laguna Grande de San Pedro de la Paz en los años venideros.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comisión Nacional Medio Ambiente.(2002).Manual de aplicación [ArchivoPDF].https://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/residuos_industriales_liquidos/manual_aplicacion_DS_90.pdf
- [2] División de Normas del Instituto Nacional de Normalización.(1987).Requisitos de calidad del agua para diferentes usos [ArchivoPDF].https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf
- [3] División de Normas del Instituto Nacional de Normalización.(2005).Agua potable - Parte 1 - Requisitos[ArchivoPDF].<https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh409.pdf>
- [4] Urrutia, R.(2021).Estudio del estado trófico de los cuerpos de agua existentes en San Pedro de la Paz[ArchivoPDF].https://sanpedrodelapaz.cl/wp-content/uploads/2023/01/PPT-SEMINARIO_Final_2.pdf
- [5] Centro EULA-CHILE.(2023).Estudio de calidad de agua, sedimentos y biota de Laguna Grande de San Pedro de la Paz[ArchivoPDF].file:///C:/Users/Acer/Desktop/Downloads/Laguna%20Grande%20_CO_PPT.pdf
- [6] Resumen, P. (2023b, agosto 8). Preocupación por lamentable condición ambiental de la laguna Grande de San Pedro de la Paz. *Resumen.cl*. <https://resumen.cl/articulos/preocupacion-por-lamentable-condicion-ambiental-de-la-laguna-grande-de-san-pedro-de-la-paz>
- [7] Sandoval, A. (2023, 30 julio). "La Laguna Grande está enferma": preocupación por floración algal nociva previo a Juegos Panamericanos en San Pedro de la Paz. *sabes.cl*. <https://sabes.cl/2023/07/30/la-laguna-grande-esta-enferma-preocupacion-por-floracion-algal-nociva-previo-a-juegos-panamericanos-en-san-pedro-de-la-paz/>
- [8] Concepción, D. (2021, 2 noviembre). Detectan coliformes fecales en lagunas de San Pedro de la Paz. *Diario Concepción*. <https://www.diarioconcepcion.cl/ciudad/2021/11/02/detectan-coliformes-fecales-en-lagunas-de-san-pedro-de-la-paz.html>
- [9] Cifuentes, K. (2023, 16 marzo). Denuncian contaminación por residuos líquidos en la Laguna Grande de San Pedro: SMA investiga el origen. *sabes.cl*. <https://sabes.cl/2023/03/16/denuncian-contaminacion-por-residuos-liquidos-en-la-laguna-grande-de-san-pedro-sma-investiga-el-origen/>

- [10]Cuandovisitar.Cl. (2023, 26 noviembre). Clima de San Pedro de la Paz: temperaturas, cuando visitar y precipitaciones. Cuandovisitar.cl.
<https://www.cuandovisitar.cl/chile/san-pedro-de-la-paz-4024632/>
- [11]UNESCO. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas Residuales El Recurso Desaprovechado. [en línea] <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>
- [12]Laguna Grande - Humedal Los Batros | Consejo de Monumentos Nacionales de Chile. (s. f.). <https://www.monumentos.gob.cl/monumentos/santuarios-de-la-naturaleza/laguna-grande-humedal-batros>
- [13]Parra, O. (1989). La eutrofización de la Laguna Grande de San Pedro, Concepción, Chile: ISBN 5(1), 117–136.
- [14]Cisternas., M., Torres, L., Urrutia., R., Araneda., A Y Parra., O (2000). Comparación ambiental, mediante registros sedimentarios, entre las condiciones prehispánicas y actuales de un sistema lacustre[ArchivoPDF]https://rchn.biologiachile.cl/pdfs/2000/1/Cisternas_et_al_2000.pdf