



**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO
SANTA MARÍA SEDE CONCEPCION**

**ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA
LAGUNA GRANDE EN SAN PEDRO DE LA
PAZ**

Trabajo de titulación para optar al
Título de Técnico Universitario en
CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE

Alumno:
Felipe Eduardo Rojas Pincheira
Profesor Guía
Fabiola Rodríguez Aldea

2018

Agradecimientos

Le agradezco a toda mi familia por el apoyo incondicional, estar siempre presentes en los momentos más difíciles de mi vida y periodo universitario.

A mi madre Luz Eliana que, a pesar de los momentos difíciles, estuvo siempre a mi lado brindándome su apoyo, comprensión, motivación, amor y entrega, todo fue más llevadero.

A mi padre Jean Paul gracias por el apoyo brindado para lograr todas y cada una de mis metas, me impulsaste a lograr mis sueños y anhelos. A mi padre Pablo que a pesar de las circunstancias que nos tocó vivir, te agradezco por estar presente, con un consejo y cariño.

A mis hermanos que nunca dejaron que me rindiera y siempre me dieron energías, y amor, para poder levantarme y seguir adelante.

A mi Tata Rene quien siempre me dio un sabio consejo, un abrazo oportuno. A mi abuela María con sus cuidados y amor estuvieron presentes. Abuelos Humberto y Griselda por un buen consejo.

A mis primos Catalina, Matías y Sebastián, gracias por el apoyo. A mi tía Coto, Enzo, por ese abrazo por el amor, comprensión, y apoyo.

A todos Uds. Que creyeron en mí,

!!Muchas gracias!!

Felipe Eduardo Rojas Pincheira

Resumen

KEYWORDS: ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA LAGUNA GRANDE DE SAN PEDRO DE LA PAZ.

El presente estudio tiene como objetivo principal exponer los resultados de un análisis fisicoquímico ejecutado en la Laguna Grande de San Pedro de la Paz, ubicada en la región de Bío Bío, Chile. Los temas centrales que se tratarán se relacionan con el estado de contaminación del cuerpo de agua respectivo y sus características biológicas, especificando los métodos que se utilizaron para las diferentes mediciones realizadas, de qué modo se vincula con la normativa vigente, además de los mecanismos de prevención y/o mitigación de la contaminación que pervive en la Laguna.

Índice

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	3
3. Alcance.....	4
4. Capítulo 1 “ Antecedentes”.....	6
4.1. Problemática ambiental de las lagunas e identificación del problema.....	8
4.2. Contaminantes más comunes presentes en las lagunas.....	10
4.3. Efectos de la contaminación en el ecosistema.....	11
4.4. Datos de la laguna Grande de San Pedro de la Paz.....	13
4.4.1. Ubicación.....	13
4.4.2. Área.....	13
4.4.3. Datos del día.....	13
4.4.4. Geografía.....	13
4.4.5. Fauna.....	13
4.4.6. Deporte.....	13
5. Capítulo 2 “Análisis y Metodología “.....	16
5.1. Puntos de muestreo.....	18
5.2. Análisis y Método.....	20
5.3. Análisis Coliformes Fecales y Totales.....	20
5.3.1. Método Readycult Colifoms 100.....	20
5.4. Medición DBO y DBO ₅	21
5.4.1. Datos experimentales.....	21
5.4.2. Resultados.....	22
5.5. Medición de pH.....	23
5.5.1. Resultados.....	23
5.6. Análisis de conductividad.....	23
5.6.1. Resultados.....	23
5.7. Interpretación de Resultados.....	24
6. Capítulo 3 “Métodos de prevención y/o Mitigación “.....	26
6.1. Autodepuración de la laguna.....	28
6.2. Fundamentos de la auto depuración.....	28
6.3. Tipos de autodepuración.....	28
6.3.1. Laguna anaerobia.....	28
6.3.2. Laguna facultativa.....	29
6.3.3. Laguna aerobia o de maduración.....	29
6.4. Educación ambiental.....	31
7. Conclusión.....	33

8. Bibliografía.....35

Índice de tablas

Tabla 2-1 Reacción del componente.....	18
Tabla 2-2 Datos experimentales DBO.....	19
Tabla 2-3 Datos experimentales DBO ₅	19
Tabla 2-4 Resultados DBO ₅ M ₁	20
Tabla 2-5 Resultados DBO ₅ M ₂	20
Tabla 2-6 Resultados pH.....	21
Tabla 2-7 Resultados conductividad.....	21
Tabla 2-8 Parámetros DS 90.....	22
Tabla 2-9 Resultados finales DBO ₅	22

Índice de imágenes

Figura 2-1 Punto de muestreo 1.....16

Figura 2-2 Punto de muestreo 2.....17

Figura 3-1 Laguna anaerobia.....29

Figura 3-2 Laguna facultativa.....29

Siglas

pH	:	Potencial Hidrogeno
DBO	:	Demanda bioquímica de oxígeno
DBO ₅	:	Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días
EULA	:	Centro de Ciencias Ambientales
USEPA:		United States Environmental Protection Agency
UV	:	Ultra violeta
NCh	:	Norma Chilena
DS	:	Decreto supremo

SIMBOLOGIA

Km : Kilometro

m : Metro

mg : Miligramos

°C : Grados Celsius

L : Litro

μs : Microsegundo

cm : Centímetro

hr : Hora

Introducción

El objeto de análisis de esta investigación es la Laguna Grande de San Pedro de la Paz, uno de los lugares más turísticos de la comuna. Sin embargo, pese a existir un considerable flujo de visitas, es posible detectar una serie de carencias en relación a la normativa regulatoria de la actividad en sus orillas, como por ejemplo la prohibición de baño en ella, lo que obstaculiza la protección y preservación del cuerpo de agua, deteriorando su estado de conservación.

La cuenca de la Laguna ha sido alterada por la actividad forestal, como la introducción de pino y eucalipto, y por la expansión del espacio urbano de la comuna. Por esta y otras razones, en las últimas décadas la calidad de sus aguas se ha visto afectada grandemente, deterioro que clasifica a la Laguna en estado eutrófico.

Esta laguna está ubicada en la zona de planicie litoral de la comuna, la cual tiene origen glaciar de baja profundidad. El sector de mayor profundidad es de 13,5 metros, teniendo una profundidad media de 8,1 metros, y se alimenta de la Laguna Chica, esteros y quebradas que descienden de la Cordillera Nahuelbuta.

Debido a que el mar abarcaba esta zona en la era Cuaternaria, se depositaban arenas al pie de los acantilados que forman los cerros de la cordillera Nahuelbuta, y a fines de la era, la llanura conformaba una planicie muy baja y pantanosa. Es así como, por ejemplo, la Laguna Chica de San Pedro de la Paz, ubicada a los pies de la antigua quebrada Llacolén, tenía en ese entonces contacto directo con el mar. Posteriormente, las arenas del Bio Bio rellenaron el gran delta de Concepción - Talcahuano, y la salida de las aguas de esta quebrada fue obstruida por sedimentos y arenas que formaron dunas y terrazas, embalsando las aguas y dando origen a la laguna Chica. Algo similar sucedió con la Laguna Grande, sin embargo, ésta aún mantiene un drenaje superficial, muy deficiente, de escasa pendiente, y que corresponde al estero Los Batros junto a los terrenos bajos y pantanosos, lo que se asocia con su lento escurrimiento.

En esta línea, el año 2015 el Centro Eula de la Universidad de Concepción realizó un análisis de la Laguna en cuestión, hallando cianobacterias y cianotoxinas.

En conocimiento de los antecedentes mencionados, es que la Dirección de Medio Ambiente, Aseo y Ornato de la Municipalidad de San Pedro de la Paz, llevó a cabo un informe sobre el estado de contaminación de la Laguna Grande, precisando el estado biológico de la misma. La medición de la que da cuenta el respectivo informe se realizó por medio de un método analítico cualitativo llamado ReadyCult coliforms 100, junto a un análisis de DBO, medición de pH y conductividad. La ejecución de estas tareas de

medición y la posterior elaboración de un informe, resulta sumamente relevante para el registro de información sobre el estado biológico de la Laguna, que permite el estudio de normativas que puedan ponerse en marcha para proteger este cuerpo de agua, por el desarrollo de actividades acuática y por la posibilidad de sistematizar la flora, fauna, y micro-ecosistemas presentes.

El muestreo de esta medición se realizó con aguas superficiales de algunas zonas que posteriormente serán especificadas.

Los análisis realizados determinaron que existe una gran cantidad de materia orgánica en el agua que afecta directamente a los organismos que consumen oxígeno (análisis de DBO), la acidez del agua que afectaría la pervivencia de la biodiversidad (medición de pH), el nulo crecimiento de algas y plantas dado por una alta conductividad, y finalmente, la presencia de *E. coli* (Método ReadyCult Coliforms 100) lo que afecta tanto a la humanidad como su biodiversidad.

Objetivos

Objetivos General

- Caracterizar la Laguna Grande de San Pedro de la Paz mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, para ser presentado a la Municipalidad de San Pedro de la Paz.

Objetivos específicos

- Comparar los resultados obtenidos a través de análisis determinado con los parámetros establecidos en la normativa vigente.
- Investigar métodos alternativos de mitigación y/o prevención para la conservación de la Laguna Grande de San Pedro de la Paz.

Alcance

El presente trabajo está orientado a la caracterización del estado de las aguas de la Laguna Grande de San Pedro de la Paz, con el fin de potenciar su conservación, evaluar las condiciones que posibiliten posicionar a este espacio natural en el ámbito turístico, en consonancia con el Decreto supremo 90 y la Norma Chilena 409, y proponer alternativas de mitigación y/o prevención.

CAPITULO 1
“ANTECEDENTES”

Problemática ambiental de las lagunas e identificación del problema

En términos generales, la contaminación de las fuentes de agua, principalmente embalses y lagos en Chile, está dada por una serie de factores que se han diversificado a lo largo de los años, de acuerdo a las condiciones climáticas, la intervención humana y el crecimiento urbano, alterando directamente su composición y arriesgando su conservación. En este sentido, la influencia de la actividad humana, minera, agrícola, forestal e industrial, así como también, la ampliación de los centros urbanos, la implementación de alcantarillado, la habilitación de fuentes de agua potable, entre otros, han afectado preocupantemente el flujo natural de los ecosistemas, especialmente el de los espejos de agua disponibles en el país, sin el resguardo necesario de las condiciones mínimas de supervivencia del entorno. De este modo, el auge en la explotación de algunos recursos naturales a lo largo de la historia sin la toma de medidas adecuadas para la protección del recurso, ha generado una gran presión en los sistemas, impacto que, indudablemente podría reducirse aplicando mecanismos o tecnologías en su beneficio. Particularmente, para minimizar la alteración del estado trófico de los lagos y embalses, se ha propuesto, por ejemplo, disponer barreras vegetales en los bordes de los cuerpos de agua, las que han demostrado ser un mecanismo eficiente en la retención de P y N transportado por el escurrimiento en las laderas (Barling & Moore 1994, Vought et al.1994).

De acuerdo a lo anterior, los antecedentes particulares de la contaminación en la Laguna Grande de San Pedro de la Paz, están asociados esencialmente al reemplazo de la vegetación nativa existente en la cuenca y la llegada de aguas servidas provenientes del sistema de alcantarillado del centro urbano. El origen de esto data de inicios del siglo XX con el creciente desarrollo poblacional que acaeció en el área de la actual comuna de San Pedro, fenómeno que se intensificó en la década de los sesenta con la construcción de la Villa San Pedro (Cisternas et al. 2000). Esta situación provocó un fuerte impacto en el sistema, debido a que se dejó escurrir las aguas lluvias directamente al lago y llegaron las aguas servidas de la ciudad, generando una mayor entrada de nutrientes al cuerpo de agua. A su vez, la utilización de maquinaria pesada y la aplicación de técnicas convencionales de raleo y arrastre de troncos en este tipo de actividades, muy probablemente haya provocado el arrastre de una gran cantidad de material terrígeno a la laguna, lo que, sumado a la actividad forestal y a la urbanización, han desprovisto a la Laguna Grande de protección, contribuyendo a la alteración de su composición natural.

Además, como consecuencia de lo anterior, se ha dificultado el mantenimiento de la pristinidad de estas fuentes de agua. Este proceso se denomina eutrofización, que se origina en el aumento sostenido de la concentración de nutrientes disueltos en el agua,

tales como el fósforo y el nitrógeno, que facilitan el florecimiento de organismos fotosintetizadores como el fitoplancton y plantas acuáticas, aumentando progresivamente la opacidad de sus aguas. Según consigna Luciano Caputo, investigador del Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas de la Universidad Austral de Chile (UACh), gran cantidad de ambientes acuáticos, como el de la Laguna Grande, se encuentran emplazados en zonas de influencia de actividades productivas en las cuencas, tales como la minería, la agricultura y la ganadería, lo que ha afectado a los cuerpos de agua por el ingreso de contaminantes como riles mineros, fertilizantes y plaguicidas. En relación a esto, se han dispuesto algunas alternativas para eliminar los nutrientes del agua, y una de ellas, que se está aplicando a nivel internacional y que podría ser factible de aplicar en la Laguna Grande dada, sus características, es la creación de islas flotantes con plantas acuáticas que mediante sus raíces asimilan los nutrientes, frenando la producción de microalgas.

Las investigaciones de los últimos años sobre las condiciones ecológicas de la Laguna Grande han arrojado datos que resultan sumamente importantes para el presente trabajo, y los futuros. Uno de ellos surge a partir del terremoto del año 2010, situación que generó una deficiencia en el suministro de agua potable, necesidad que en la comuna de San Pedro de la Paz fue aplacada con el uso de recursos hídricos de la Laguna Grande para el consumo humano. A partir de esto, en centro Eula de la Universidad de Concepción puso en marcha un estudio biológico del lugar para evaluar las consecuencias que ello podría causar. Esta investigación arrojó que en la Laguna Grande existe presencia de cianobacterias y sus cianotoxinas, bacterias que pueden provocar mortandad humana.

De esta manera es posible caracterizar la problemática de contaminación presente en la Laguna Grande, considerando datos históricos de impacto ambiental, antecedentes generales de la contaminación en cuerpos de agua en Chile e información sobre la alteración en la composición del sistema hídrico. Todo lo anterior, ha posibilitado el surgimiento de nuevas investigaciones y la voluntad de acción tanto de las autoridades como de la comunidad en general de preservar los ecosistemas presentes en la comuna y asegurar el resguardo de su conservación. A su vez, y en términos del trabajo desarrollado aquí, esta información junto a otra, ha sido fundamental para caracterizar la Laguna Grande, identificar las problemáticas de contaminación asociadas y guiar el análisis fisicoquímico aquí propuesto.

Contaminantes más comunes presentes en las lagunas

Hay contaminantes que son comunes tanto en las lagunas, como en ríos y lagos, y existen niveles de concentración de estos contaminantes que pueden ser fácilmente neutralizados, y otros, que requieren de la aplicación de procesos más complejos. En ocasiones, la ejecución de estos procedimientos puede resultar altamente costoso, y puede ser factible esperar la autodepuración del cuerpo de agua. Algunos de los contaminantes más comunes que afectan estos cuerpos de agua son:

- Basuras, desechos químicos de las fábricas, industrias, etc.
- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- 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, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensas activas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radioactivas procedentes de los residuos producidos por laminería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas genera un alza de la temperatura del agua de la que se abastecen.
- 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.) ^[1]

Efectos de la contaminación en el ecosistema

Uno de los mayores problemas de la laguna contaminada con alto nivel de DBO es que se produzca un proceso de eutrofización que es un tipo de contaminación química que está presente en aguas contaminadas, el alto consumo de oxígeno iría gradualmente acabando con todas las especies acuáticas en la laguna como peces, artrópodos, entre otras especies, además de las especies que viven sobre ella como son algunas clases de aves y coipos además de ser alteraría la cadena trófica del ecosistema. Los valores de DOB pueden ir, desde 1mg / L de las aguas más puras, hasta los 600mg / L o más de las aguas residuales sin tratar.

Efectos más específicos de esta eutrofización son por ejemplo la desecación de lagunas por el depósito durante largas temporadas de sedimentos y restos orgánicos sobre los que crece la vegetación, transformando a la laguna en pantano y luego en bosque o pradera. Este proceso se lleva a cabo durante largos periodos de tiempo a menudo de forma natural y se denomina colmatación.

Además de que a medida que avanza este proceso de eutrofización sumado a la pérdida de especies y la falta de oxígeno en el agua, emanaría un hedor nauseabundo de la laguna lo que dificultaría aún más su tratamiento, provocando con ello, la desaparición del lugar turístico actualmente conocido, sumado a esto los problemas respiratorios que probocaria.

También se podría producir el caso de que proliferen una bacteria llamada Clostridium botulinum estas producen una variedad de toxinas letales para las aves y cualquier otro mamífero habitante del cuerpo de agua que no se vean afectados directamente por la falta de oxígeno, a esto se le suele llamar zonas muertas.

Algunos de los brotes de algas aparte de bloquear la luz, producen tóxicos para otras plantas y animales. Estas sustancias pueden ocasionar la muerte de animales al ser consumidas. Los animales afectados pueden actuar como vector para las toxinas, neurotóxicas y hepatotoxinas afectando a otras especies, así afectando a las personas que se bañan en la laguna (la Laguna Grande de San Pedro de la Paz no es apta para el baño). No deja de ser importante los niveles de pH del agua ya que las especies que viven en estos acuíferos viven en base un cierto pH en cual si es cambiado bruscamente conlleva a la muerte de la especie de forma gradual, por ejemplo si el agua cambiara su pH a uno muy ácido no solo morirían las especies, sino daría paso como se mencionó anteriormente, a la aparición de bacterias que pueden vivir en este nuevo entorno y afectaría el proceso de reparación del agua imposibilitando volver al estado original del acuífero, en el otro caso en el que el agua baje su nivel de pH o se vuelva más básico.

Igualmente ocurriría con la alta conductividad del agua con un alto contenido de sales nutritivas llevan el crecimiento de algas, la gran masa de algas moribundas es desintegrada por medio de aerobios, cuando el oxígeno del agua se agota, empieza una desintegración anaeróbica de la biomasa, se originan así los biogases (ej. metano, hidrógeno sulfurado, amoníaco, amonio ionado), por esta falta de oxígeno se produce la muerte de los peces.

Si bien, el aumento de la temperatura del agua que influye en la concentración de oxígeno, y el oxígeno disuelto en el agua sea sumamente bajo, afecta tanto al mundo animal como al vegetal de la laguna, ya que un cambio de temperatura podría atraer a nuevas especies, provocando a que la especie nativa estuviera en peligro de ser expulsada o eliminada de la zona, además la baja concentración de oxígeno producido por las alzas de temperatura pueden producir la disminución de la diversidad de peces o los anaerobios pueden descomponer la biomasa y contribuir a la liberación de gas metano o sulfuro de hidrógeno venenoso.

Datos de la Laguna Grande de San Pedro de la Paz.

- Ubicación:
 - La Laguna Grande de San Pedro es un lago urbano somero que se ubica en la parte noroccidental de la cordillera de Nahuelbuta (36° 51' S, 73° 06' O), al sur del río Biobío, y aproximadamente a 5 km de la ciudad de Concepción. Por el sector oriental se encuentra rodeada por un cordón montañoso que alcanza los 350 m de altura, del cual se descuelgan pequeños valles y quebradas (Acencio 1994). El sector norte de la cuenca ha experimentado un fuerte desarrollo urbano y actualmente se encuentra ocupado por la villa San Pedro. - (EULA), Universidad de Concepción
- Área:
 - Con un perímetro de 9800 metros, posee un largo máximo de 2675 metros, y su parte más ancha mide 1.375 metros. En total ocupa un área de poco más de 155 hectáreas (1,557,725 metros cuadrados), y posee una profundidad máxima de 13.5 metros, siendo su profundidad media de 8.1 metros.
- Datos del día de muestreo:
 - Temperatura ambiente: 22°C
 - Humedad: 63%
 - Viento: variante a 6 Km/hr
 - Día: 10 de enero del 2018.
- Geografía:
 - En el costado este, la laguna está rodeada por un cordón montañoso, la Cordillera Nahuelbuta, de baja altitud, y que se caracteriza por la presencia de plantaciones forestales, principalmente de pinos y eucaliptus.
- Fauna:
 - En la laguna se pueden encontrar un número variado de peces y diversos tipos de aves, entre ellos se cuentan patos, cisnes de cuello negro, garzas, Hualas, Taguas y en menor medida, garzas reales, nativas de Europa, Asia y África. Además, la laguna es un buen lugar para ser habitado por coipos, un roedor similar al castor, natural de la zona. También se pueden hallar en el sitio especies de anfibios, tales como el Sapito de Cuatro Ojos y el Sapito de Antifaz.
- Deporte:
 - La laguna no es apta para el baño. Además, está prohibida la navegación a motor, lo que favorece su uso para la práctica de deportes en el agua tales como kayak, vela y remo. De hecho, existe un club de Remo que ha logrado

triunfos importantes a nivel nacional e internacional en su corta trayectoria. Asimismo, en la costa existen servicios de arrendamiento de botes para navegar por la laguna, así como recorridos de senderismo para pasear alrededor de sus bosques. [2]

CAPITULO 2

“ANALISIS Y METODOLOGIAS”

Puntos de muestreo

Punto 1: -36.849419, -73.108081



Figura 2-1 Punto de muestreo 1

Punto 2: -36.851943, -73.107179

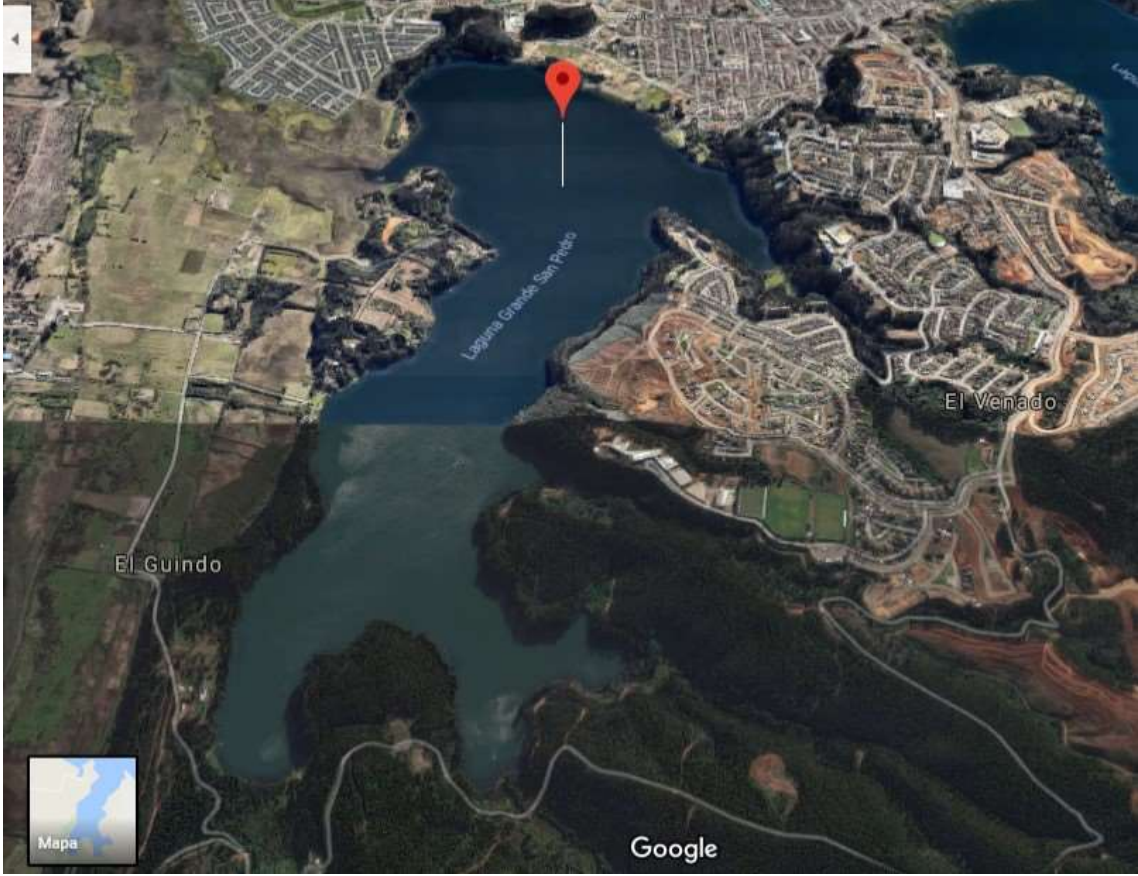


Figura 2-2 Punto de muestreo 2

Análisis y Método.

Las muestras de agua tomadas para estos análisis fueron de carácter superficial.

Análisis Coliformes fecales y totales

Test de presencia/ausencia para la detección simultánea de Coliformes totales y *E. coli* en el análisis de aguas de acuerdo a la norma para Coliformes USEPA (Sec.141.21)

Método ReadyCult Coliforms 100

Negativo: Sin cambio de color. El caldo permanece ligeramente amarillo: ausencia de Coliformes y *E.coli*.

Coliformes totales:

Cualquier cambio de color del caldo a azul-verdoso, aunque sea sólo en su parte superior, confirma la presencia de coliformes (reacción X-GAL).

E.coli: Comprobar si hay fluorescencia en el caldo, colocando frente a los tubos o frascos una lámpara de UV (365 nm). Una luz fluorescente azul indica la presencia de *E.coli* (reacción MUG).

¡Atención: Proteger los ojos de la luz UV directa!

Para confirmar la presencia de *E.coli* en el recipiente con fluorescencia positiva, añadir 2,5 ml de reactivo de KOVACS (reacción de indol). Un anillo de color rojo confirma la presencia de *E.coli*. [3]

	Cambio de color a azul-verdoso	Fluorescencia
Coliformes totales	+	+
E.coli	+	+
Negativo	Cambio de color	

Tabla 2-1 Reacción del componente

Medición DBO y DBO₅

La muestra de agua tomada para este análisis fue superficial.

Medición DBO₅

Mide la cantidad de oxígeno consumida por microorganismos en materia orgánica en descomposición en una masa de agua. La DBO también mide la oxidación química de la materia inorgánica. Se utiliza una prueba para medir la cantidad de oxígeno consumido por estos organismos durante un periodo de tiempo específico (usualmente 5 días a 20 °C). La tasa de consumo de oxígeno en una masa de agua se afecta por un número de variables: temperatura, pH, la presencia de ciertos tipos de microorganismos y el tipo de material orgánico e inorgánico en el agua.

DATOS EXPERIMENTALES

DBO

Muestra	mL de Na ₂ S ₂ O ₃ utilizados	Georreferencia
Blanco	4.5 mL	-
M ₁ 5 mL	4.3 mL	-36.849419, -73.108081
M ₁ 10 mL	4.4 mL	-36.849419, -73.108081
M ₂ 5 mL	4.3 mL	-36.851943, -73.107179
M ₂ 10 mL	4.2 mL	-36.851943, -73.107179

Tabla 2-2 Datos experimentales DBO

DBO₅

Muestra	mL de Na ₂ S ₂ O ₃ utilizados
Blanco	3.5 mL
M ₁ 5 mL	3.7 mL
M ₁ 10 mL	3.5 mL
M ₂ 5 mL	3.3 mL
M ₂ 10 mL	3.7 mL

La georreferencia ocupada en este análisis es la misma de la tabla anterior.

Tabla 2-3 Datos experimentales DBO₅

RESULTADOS

Datos M₁:

TABLA RESUMEN

MUESTRA	VOLUMEN (mL)	MUESTRA	DBO₅ (mg O₂/L)
1	5		726
1	10		546

Tabla 2-4 Resultados DBO₅ M₁

La geo referencia de este muestreo es -36.849419, -73.108081

Datos M₂ :

TABLA RESUMEN

MUESTRA	VOLUMEN (mL)	MUESTRA	DBO₅ (mg O₂/L)
2	5		1218
2	10		303

Tabla 2-5 Resultados DBO₅ M₂

La geo referencia de este muestreo es -36.851943, -73.107179

Medición de pH

Esta medición sirve para ver el estado de acidez del agua, ya que algunos microorganismos proliferan en ciertos medios, por eso se debe mantener controlada. El pH del agua afecta la vida terrestre y acuática. El agua de los lagos, lagunas y ríos sanos generalmente tiene un pH entre 6 y 8. La mayoría de los peces tolera el agua con pH entre 6 y 9. Los peces más robustos y fuertes generalmente mueren en pH más bajos y más altos. Los sapos y otros anfibios son más sensibles al pH que otros peces.

Resultados

Muestra	1 ^{er} análisis	Duplicado
1	7.91	7.85
2	7.85	7.86

La georreferencia ocupada para la muestra 1 es 36.849419, -73.108081 y la

georreferencia para la muestra 2 es 36.851943, -73.107179

Tabla 2-6 Resultados pH

Análisis de conductividad

Este análisis mide la cantidad de sales y sólidos disueltos en el agua, si tuviera un porcentaje alto de sales no serviría para calderas por ejemplo. La salinidad es un factor ambiental de gran importancia, y en buena parte determina los tipos de organismo que pueden vivir en un cuerpo de agua. ^[4]

Resultados

Muestra	Dato	I	II	III
1	1	X	105,6 $\mu\text{s/cm}$	106 $\mu\text{s/cm}$
1	2	X	101,2 $\mu\text{s/cm}$	106 $\mu\text{s/cm}$
2	1	X	104,2 $\mu\text{s/cm}$	110 $\mu\text{s/cm}$
2	2	X	104,5 $\mu\text{s/cm}$	110 $\mu\text{s/cm}$

± 50

Tabla 2-7 Resultados conductividad

La georreferencia ocupada para la muestra 1 es 36.849419, -73.108081 y la

georreferencia para la muestra 2 es 36.851943, -73.107179

Interpretación de resultados

Presencia de E.Coli

- Norma Chilena 409:
 - 5.2 EI agua potable debe tener un pH comprendido entre 6,0 y 8,5.
 - 7.1 EI agua potable debe estar exenta de microorganismos de origen fecal, cuya presencia se establece en base a la determinación de gérmenes del grupo Coliformes. Sin embargo, cuando se trate de agua distribuida por redes, se considera como potable desde el punto de vista bacteriológico, a aquella que cumpla simultáneamente con las condiciones que se indican en 7.1 .1 y 7.1.2
 - El agua de la laguna cumple con el parámetro de PH pero no sería apta para la posibilitación por su contenido de *E.Coli* y Coliformes totales. ^[5]
- Decreto Supremo 90^[6]:

contaminantes	Unidad	expresión	Límite máximo permisible
PH	Unidad	pH	6,0 – 8,5
DBO	mgO2/L	DBO5	35

Tabla 2-8 Parámetros DS 90

Muestra	mL	Resultado
1	5	726 mg/L O ₂
1	10	546 mg/L O ₂
2	5	1.218 mg/L O ₂
2	10	303 mg/L O ₂

Tabla 2-9 Resultados finales DBO₅

La georreferencia ocupada para la muestra 1 es 36.849419, -73.108081 y la georreferencia para la muestra 2 es 36.851943, -73.107179

CAPITULO 3

“METODOS DE PREVENCIONY/O MITIGACION”

Autodepuración de la laguna

Fundamentos de la autodepuración

Para el entendimiento de este trabajo es necesario contextualizar ciertos términos. Uno de ellos, es 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

Tipos de autodepuración

En términos de autodepuración existen diferentes tipos que determinan la presencia de oxígeno disuelto en las lagunas, y suelen clasificarse en aerobio, anaerobios y facultativo. Además de estas clasificaciones básicas, también se utilizan otras asociadas con sus características físicas, como la profundidad. Estas se relacionan entre sí ya que la fuente de oxígeno en las lagunas, es de índole superficial. Estas fuentes de oxígeno son la actividad de las algas microscópicas y la reaeración a través de interface aire-agua.

Lagunas anaerobias

Estas lagunas comúnmente tienen una profundidad de 2.5 a 5 metros, y se produce en ellas la decantación de los sólidos suspendidos en el agua residual. Las bacterias anaerobias transforman la materia orgánica depositada en el fondo de la laguna, primero, en ácidos volátiles y posteriormente por la acción de las bacterias metanogénicas, en dióxido de carbono, metano, y en sólidos mineralizados. En este tipo de lagunas, como consecuencia de la alta carga orgánica y corto periodo de retención del agua residual, el contenido en oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año. El objetivo es la retención de la mayor cantidad posible de sólidos, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo, eliminando por consiguiente parte de la materia orgánica.

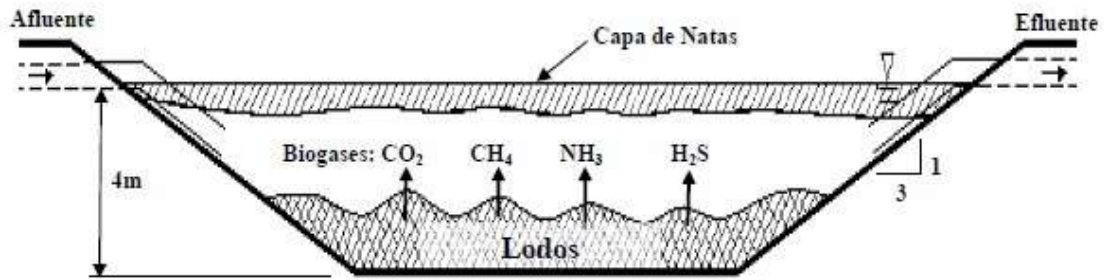


Figura 3-1 Laguna anaerobia

Lagunas facultativas

Esta clase de lagunas tiene entre 1 y 2 metros de profundidad y se caracterizan por tener una zona aerobia cercana a la superficie y la anaerobia en el fondo. El mantenimiento de estas zonas a lo largo del año se realiza en función de la carga aplicada y de la eficacia de los dos mecanismos de adición de oxígeno al medio: la fotosíntesis llevada a cabo por las algas y la reaireación a través de la superficie. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionado principalmente por las algas presentes.

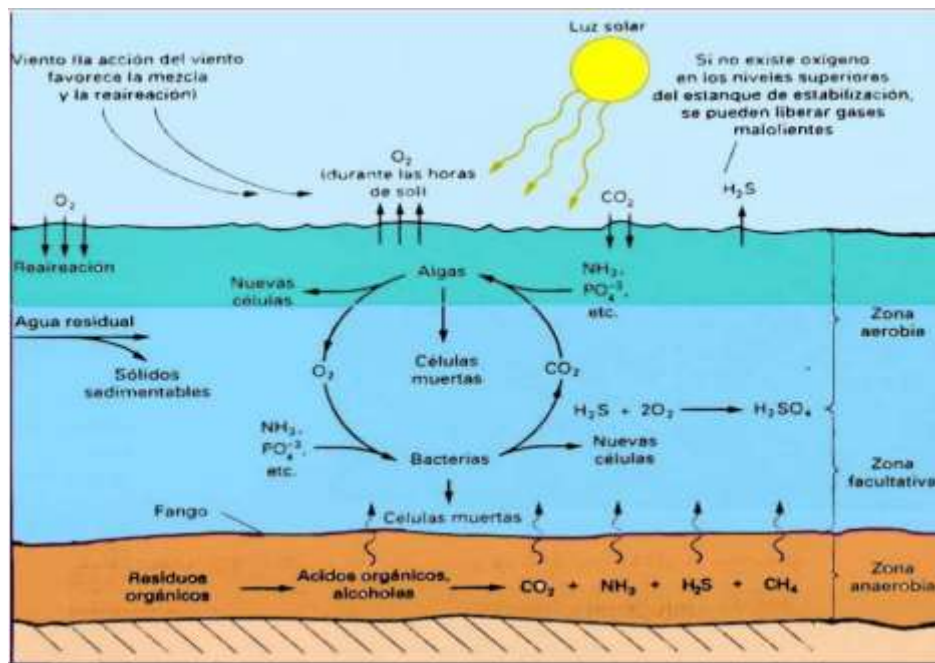


Figura 3-2 Laguna facultativa

Laguna aerobia o de maduración

Estas son lagunas de muy poca profundidad, tienen entre 0.5 a 1 metro de profundidad que soportan bajas o casi nulas cargas orgánicas. La escasa profundidad permite la insolación de casi la totalidad de la capa de agua, permitiendo la proliferación de bacterias aerobias, protozoos y algas que mediante la actividad fotosintética, suministran el oxígeno necesario para la acción degradadora de las bacterias aerobias. Además del aporte de oxígeno vía fotosíntesis, se produce también una oxigenación del medio

líquido por reaireación superficial. En este tipo de lagunas, debido a la luz ultravioleta procedente de la radiación solar, se consigue una elevada eliminación de organismos patógenos, así como la mineralización de los nutrientes orgánicos. La eliminación de patógenos aumenta con el pH de la laguna. La actividad fitoplancton da lugar a un aumento del pH, mientras que la actividad metabólica de las bacterias genera CO₂ que provoca un descenso en el pH. Como las lagunas de maduración tienen una carga orgánica muy baja, se produce una generación muy escasa de CO₂. Por otra parte, la actividad fotosintética es muy elevada, lo que incrementa el pH que se traduce en un medio más desfavorable para la supervivencia de organismos patógenos. ^[7]

Educación ambiental

Este concepto es muy impórtate hoy en día ya que se trata de concientizar a la población sobre el gran problema de la contaminación que hay tanto en la atmosfera como en el agua y para efectos de la laguna es primordial primero definir a que nos referimos con educación ambiental, según las ley 19.300 APRUEBA LEY SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE

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 bio-físico circundante^[8]

A partir de esta definición, es posible visualizar de qué manera serán implementadas estas medidas de control ambiental en la Laguna Grande de San Pedro de la Paz, considerando que constituye un espacio natural que se pretende preservar para fines turísticos. Más allá de lo meramente turístico, resulta sumamente relevante establecer mecanismos de cuidado de la Laguna que permitan asegurar la preservación de la flora y fauna viviente en este lugar.

Algunas de estrategias que se proponen para promover la difusión y capacitación de la comunidad sobre los cuidados del medio ambiente, y particularmente sobre el cuidado del ecosistema presente en la Laguna, son:

- Talleres ecológicos
- Charlas sobre la protección del medio ambiente
- Charlas en los colegios de la comunidad sobre educación ambiental y el cuidado a la laguna
- Programas de cultura
- Programas de capacitación general
- Programa de comunicación y divulgación
- Programa de manejo de residuos

La educación ambiental hoy por hoy es de vital importancia poder aplicarla a las comunidades, poder implementar la educación ambiental en colegios de forma obligatoria y permanente, ya que es esencial enseñar especialmente a los más pequeños los problemas básicos que hay en el medio ambiente y que crezcan con el conocimiento del cuidado que éste merece, las medidas de control y soluciones que se puedan ejecutar, así el día de mañana al ingresar al mundo laboral sean conscientes respecto a la contaminación que hoy perjudica a nuestro planeta, además del énfasis que necesita

nuestro país en dicho tema. Por ende, hay que adquirir un fuerte compromiso a poder extender este tipo de conocimientos. Con el pasar de los años se ha logrado estudiar distintos puntos de vista de esta gran crisis ambiental, el hombre como un ser consiente ha buscado una forma de intuirse y ser capaz de generar conciencia con respecto a los problemas medioambientales que hoy en día afectan al planeta. Uno de los roles fundamentales los toma los establecimientos educacionales, sin embargo, la educación ambiental no solo tiene como finalidad el que el individuo obtenga un desarrollo personal mayor, sino el obtener herramientas que le permitan poder generar redes, las cuales, a su vez, le permitan relacionarse con otras personas y la naturaleza.

En el camino del fomento a la Educación Ambiental, la cual debe ser como considerada un motor de cambio en la generación de conciencia en las personas desde los primeros años de vida hasta periodos de adultez y madurez, logrando asimismo un ciclo en el cual todos somos participes, teniendo responsabilidad por nuestras acciones.

Conclusión

Por los resultados obtenidos en el análisis de DBO se puede apreciar que la laguna tendría una carga orgánica exuberante, 1.218 mg/L O₂, comparado con el límite máximo permisible según el decreto vigente. Esto, conlleva una preocupación inmediata, ya que si la materia orgánica es suficientemente elevada, el consumo de oxígeno puede llevar a su agotamiento, lo que afecta directamente la destrucción de las comunidades acuáticas que necesitan el oxígeno para vivir. Además, el exceso de materia orgánica posibilita la proliferación de microorganismos, muchos de los cuales resultan patógenos (contaminación biológica) y provocan déficit de oxígeno, aumentando la solubilidad en el agua de ciertos metales, lo que indudablemente conduce a la búsqueda de alternativas para disminuir estos niveles de contaminación, proponiendo medidas de prevención, cuidado y mitigación a la problemática.

La presencia de *E. coli* va de la mano con la carga orgánica presente en la laguna lo que quiere decir que si se bajan los niveles de carga orgánica la presencia de *E. coli* disminuye.

El PH del agua está dentro de los niveles permitidos por ende no afecta a la biodiversidad de la Laguna Grande.

En cuanto a la conductividad, a mayor cantidad de concentración de sales, mayor conductividad eléctrica. Cuando se disuelven muchos nutrientes en agua, las sales nutritivas atraen el agua del sustrato, lo que hace que sea más difícil para las raíces extraer el agua del sustrato, de modo que es realmente posible para nosotros crear las condiciones adecuadas para que las raíces no puedan extraer más agua del sustrato, aunque este esté saturado. Este proceso se entiende como un '**secado fisiológico**'. Del sustrato, y el resultado es que no habrá más agua disponible para la refrigeración de las plantas a través de la **transpiración (evaporación)**, proceso necesario ante la afectación por luz y calor.

Esto lleva a encontrar y poner en práctica soluciones a la elevada cantidad de carga orgánica;

Primero, es necesario identificar el origen de este problema, como podrían ser descargas clandestinas de desagües de casas, arrastre por aguas lluvias de los cerros, fauna local, prácticas locales del suelo (por ejemplo uso de estiércol), actividades recreativas en el agua y/o fosas sépticas defectuosas.

Una solución que se logró buscar fue la autodepuración la cual según las características de la laguna funciona pero en este específico caso no sería factible la autodepuración ni implementar ni una clase de maquinaria por el alto costo de estas, pero lo que sí se puede

hacer es encontrar la fuente de esta alta contaminación y detenerla, los microorganismos naturales de la laguna que limpian automáticamente en un rango de 1 a 2 años, permitiera disminuir considerablemente el nivel de carga orgánica en el agua. Luego de un periodo de tiempo determinado, se tendría que volver a realizar análisis para saber el estado en ese momento, y, posteriormente, capacitar a la gente en educación ambiental para poder asegurar que el estado de la laguna se mantenga en buenas condiciones y no vuelva al estado en que se encontraba.

Dentro de las bacterias que se encontraron en la Laguna Grande, es *el E. coli*, el que produce daños a la salud y tiene múltiples consecuencias como lo son: enfermedades gastrointestinales diarrea, infecciones de los ojos, irritaciones de la piel, oído, nariz, infecciones de garganta, y enfermedades de las vías respiratorias, afecciones comunes en las personas que han estado en contacto con agua contaminada con heces fecales.

Bibliografía

- [1] <https://es.scribd.com/document/132550818/10-formas-de-contaminacion-de-rios-lagos-o-lagunas>
- [2] [https://www.ecured.cu/Laguna_Grande_\(Chile\)](https://www.ecured.cu/Laguna_Grande_(Chile))
- [3] 08-113-5_Readycult_101298_span
- [4] http://www.canna.es/importancia_conductividad_electrica
- [5] Norma Chilena N°409
- [6] Decreto Supremo N°90

- [7] Módulo Gestión de Aguas Residuales y Reutilización.

- [8] Ley 19.300 APRUEBA LEY SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE