

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**CREACIÓN DE LÍNEA BASE DE ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES, CON
USO RECREACIONAL EN PARQUE NACIONAL HUERQUEHUE.**

Trabajo de titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en QUÍMICA,
MENCIÓN QUÍMICA ANALÍTICA.

Alumna:

Sara Teresa Ortega Araya

Profesor Guía:

Gonzalo Sepúlveda

Profesor Correferente:

Manuel Saavedra

AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Nacional Forestal y el permiso otorgado por el Departamento de Áreas Silvestres Protegidas de la Región de la Araucanía, mediante la Autorización N°12/2018 IX y su ampliación; a Marcelo Saavedra y Ricardo Crisóstomo por su atenta gestión. Se agradece, además, al Sr. Gumercindo Paredes, Administrador del Parque Nacional Huerquehue, y a sus Guardaparques, Félix Ledesma y Juan Fuentes, por el apoyo técnico brindado.

Proyecto PMI-InES, FSM1402_S_06 “Levantamiento de línea base medio ambiental en aguas naturales”

RESUMEN

KEYWORDS: AGUA NATURAL, CARACTERIZACIÓN, PARQUE NACIONAL HUERQUEHUE, LINEA BASE, CALIDAD DEL AGUA.

Este trabajo tiene como objetivo analizar el agua del lago Toro, ubicado dentro del Parque Nacional Huerquehue, (IX región de la Araucanía), dicho análisis tiene por finalidad realizar una correcta caracterización de ella, y así contribuir con información acerca de su calidad, el cual permite ampliar el registro del estado de este recurso hídrico, ayudando a CONAF y al Parque a tener un registro histórico de datos y poder proponer la creación de una línea base de análisis de aguas naturales, que ayude a monitorear el lago, promoviendo el uso adecuado, racional y óptimo. Potenciando de ésta forma la prevención y control de futuras alteraciones, producto de diferentes factores, ya sean naturales o por acción del hombre.

Para esto es que se realiza la toma de muestra “rodeando” el lago, con la ayuda de un GPS [ANEXO 1-3], que permite obtener las coordenadas geográficas de los cuatro puntos de muestreo (A, B C y D), los que fueron pensados de forma tal que la medición fuera en un área suficientemente representativa del lago.

Acto seguido se realizan los análisis en terreno, entre los que incluyen: temperatura, pH, conductividad eléctrica, alcalinidad, dureza, dióxido de carbono, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, nitratos y fosfatos, los que fueron medidos con los kit de terreno presentes en la mochila de análisis de aguas en terreno “Hanna Backpack lab HI3817BP [1], en tanto para coliformes fecales y totales se realiza con un kit para detección de bacterias en agua yalitech modelo 3048 [2] para análisis en terreno, mientras que en laboratorio se realizan los antes mencionados para terreno, exceptuando nitratos, fosfatos, dióxido de carbono y coliformes totales y fecales, según procedimientos estandarizados para cada uno de ellos.

De acuerdo con los resultados obtenidos de ambos análisis y su posterior comparación entre ellos, se concluye que la calidad del agua resulta bastante alta, ya que no posee metales, ni materia orgánica y su pH es neutro además libre de coliformes totales y fecales, lo que indica que es apta para consumo humano, demostrando químicamente que posee las condiciones adecuadas para seguir sustentando la vida del ecosistema que la rodea, y que los resultados obtenidos con el kit para terreno Hanna HI3817BP [1] tienen muy poca diferencia a los obtenidos en los análisis en laboratorio, por lo que el método utilizado es representativo y con una alta precisión en sus resultados.

INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
ALCANCE	2
JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	4
1. ANTECEDENTES GENERALES	4
1.1 LÍNEA BASE	4
1.2 PARQUE NACIONAL HUERQUEHUE	5
1.2.1 Administración	5
1.2.2 Características generales	5
1.2.3 Ubicación	6
1.2.4 Geografía.....	6
1.2.5 Rutas y Senderos	6
1.2.6 Atracciones.....	7
1.3 Lago Toro	7
1.3.1 Ubicación	8
1.3.2 Características generales	8
1.3.3 Clima.....	8
1.3.4 Flora	9
1.3.5 Fauna.....	9
1.3.6 Vías de acceso	9
1.4 CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL.....	9
1.4.1 Organismo	9
1.4.2 Misión y Objetivos	10
1.5 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.....	10
1.5.1 Clasificación del agua según su uso	10
1.5.2 Parámetros para agua de uso recreativo con contacto directo.....	11
1.6 OTROS ESTUDIOS.....	14
1.7 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	15
CAPITULO II: PARTE EXPERIMENTAL	6
2 PARTE EXPERIMENTAL	17
2.1 MUESTREO	17

2.1.1	Puntos de muestreo e identificación de muestras.....	17
2.1.2	Identificación de puntos de muestreo.....	18
2.1.3	Homogeneidad y representatividad de las muestras.....	19
2.1.4	Obtención de la muestra.....	20
2.1.5	Tipo de muestreo utilizado.....	20
2.2	METODOLOGÍA.....	20
2.3	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	21
2.3.1	Principio y alcance.....	21
2.3.2	Procedimiento.....	21
2.4	Conductividad eléctrica.....	21
2.4.1	Principio y alcance.....	21
2.4.2	Procedimiento.....	22
2.4.3	Expresión de cálculo.....	23
2.5	pH.....	23
2.5.1	Medición de pH en laboratorio [16].....	24
2.5.2	Medición de pH en terreno [14].....	25
2.6	Temperatura.....	26
2.6.1	Principio y alcance.....	26
2.6.2	Procedimiento.....	26
2.6.3	Expresión de cálculo.....	27
2.7	Determinación de Dureza en laboratorio [16].....	27
2.7.1	Principio y alcance.....	27
2.7.2	Procedimiento [16].....	30
2.7.3	Expresión de cálculo[16].....	31
2.8	Determinación de Dureza en terreno[17].....	31
2.8.1	Principio y alcance.....	31
2.8.2	Procedimiento.....	32
2.8.3	Expresión de cálculo.....	32
2.9	Determinación de alcalinidad en laboratorio.....	33
2.9.1	Principio y alcance.....	33
2.9.2	Procedimiento.....	34
2.9.3	Expresión de cálculo.....	35
2.10	Determinación de alcalinidad en terreno[18].....	35
2.10.1	Principio y alcance.....	35
2.10.2	Procedimiento.....	36
2.10.3	Expresión de cálculo.....	37
2.11	Determinación de Metales Pesados.....	38
2.11.1	Principio y alcance.....	38
2.11.2	Procedimiento.....	38

2.11.3	Expresión de cálculo	40
2.11.4	Determinación de metales en terreno	40
2.12	Determinación de sólidos disueltos totales en laboratorio	40
2.12.1	Principio y alcance.....	40
2.12.2	Procedimiento.....	41
2.12.3	Expresión de cálculo	41
2.13	Determinación de sólidos disueltos totales en terreno[14]	41
2.13.1	Principio y alcance.....	41
2.13.2	Procedimiento.....	42
2.13.3	Expresión de cálculo	42
2.14	Determinación de oxígeno disuelto	42
2.14.1	Principio y alcance.....	42
2.14.2	Procedimiento.....	44
2.14.3	Expresión de cálculo	44
2.15	Determinación de oxígeno disuelto en terreno[19]	45
2.15.1	Principio y alcance.....	45
2.15.2	Procedimiento.....	45
2.15.3	Expresión de cálculo	46
2.16	Demanda Bioquímica de oxígeno en laboratorio (DBO) [20]	47
2.16.1	Principio y alcance.....	47
2.16.2	Procedimiento.....	47
2.16.3	Demanda Bioquímica de oxígeno en terreno	48
CAPÍTULO III: RESULTADOS		6
3	RESULTADOS	50
3.1	Resultados de análisis en terreno, lago Toro, PNH.....	50
DISCUSIÓN.....		52
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....		57
REFERENCIAS		58
ANEXOS.....		60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1– Parámetros de NCh 1333 Of78.....	11
Tabla 2.1- Identificación de muestreo de lago Toro, PNH.	18
Tabla 2.2- Puntos de muestreo, fecha, hora, altitud y coordenadas geográficas.	19
Tabla 2-3. Clasificación de agua según su dureza.	27
Tabla 2.4- Relaciones de alcalinidad	34
Tabla 3.1- Resultados de calidad de agua de lago Toro realizados en terreno.....	50
Tabla 3.2- Resultados calidad de agua de lago Toro realizados en laboratorio.	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- Mapa físico reserva Nacional Huerquehue.	6
Figura 1.2- Lago Toro, diciembre 2018 1	7
Figura 1.3- Mapa lago Toro 1.....	8
Figura 2.1- Puntos de muestreo lago Toro (A, B, C y D), sendero (color amarillo).	18

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

SNASPE	:	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
CONAF	:	Corporación Nacional Forestal
PNH	:	Parque Nacional Huerquehue
OD	:	Oxígeno Disuelto
DBO	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBO ₅	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días
SDT	:	Sólidos Disueltos Totales
NCh	:	Norma Chilena
UTFSM	:	Universidad Técnica Federico Santa María
EPA	:	US Environmental Protection Agency (Agencia de protección ambiental de Estados Unidos)
DT	:	Dureza Total
EDTA	:	Ácido etilendiaminotetraacético
NET	:	Negro de Eriocromo T
EAA	:	Espectrofotómetro de Absorción Atómica

SIMBOLOGÍA

mL	:	Mililitro
mg	:	Miligramo
L	:	Litro
mm	:	Milímetro
km	:	Kilometro
g	:	Gramo
ppm	:	Partes por Millón
msnm	:	Metros Sobre el Nivel del Mar

°C	: Grado Celsius
N	: Normalidad
ppdo.	: Precipitado
conc.	: Concentración
>	: Mayor que
<	: Menor que
FF	: Fenolftaleína
NM	: Naranja de metilo
Ca(OH) ₂	: Hidróxido de calcio
CaCO ₃	: Carbonato de calcio
H ₂ SO ₄	: Ácido sulfúrico
HCl	: Ácido clorhídrico
H ⁺	: Hidrógeno (ión)
OH ⁻	: Hidróxido
CO ₃ ⁻²	: Ión carbonato
H ₂ O	: Agua
HCO ₃ ⁻	: Ión bicarbonato
H ₂ CO ₃	: Ácido carbónico
M ⁺²	: Ca ⁺² y Mg ⁺²
N ₂	: Nitrógeno molecular
NaCl	: Cloruro de sodio
NaOH	: Hidróxido de sodio
KCN	: Cianuro de potasio
HNO ₃	: Ácido nítrico
Ca ⁺²	: Calcio (ión)
Mg ⁺²	: Magnesio (ión)
Sr ⁺²	: Estroncio (ión)
Fe ⁺²	: Hierro (ión)
Mn ⁺²	: Manganeso (ión)
SO ₄ ⁻²	: Sulfato
Cl ⁻	: Cloruro
NO ₃ ⁻	: Nitrato
SiO ₃ ⁻²	: Silicato
CO ₂	: Dióxido de carbono
Mn(OH) ₂	: Hidróxido de manganeso (II)
Mn(OH) ₃	: Hidróxido de manganeso (III)
I ⁻	: Yoduro

I_2	:	Yodo molecular
$S_2O_3^{-2}$:	Tiosulfato
$S_4O_6^{-2}$:	Tetrationato
NaN_3	:	Azida de sodio
HN_3	:	Azida de hidrógeno
$MnSO_4$:	Sulfato de manganeso (II)
$Na_2S_2O_3$:	Tiosulfato de sodio
O_2	:	Oxígeno molecular

INTRODUCCION

Chile es un país que cuenta con una importante riqueza natural protegida por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres, cuya responsabilidad recae en el Estado y es administrado por La Corporación Nacional Forestal. Este Sistema consta actualmente de 105 unidades distribuidas en 41 parques nacionales, 46 reservas nacionales y 18 monumentos naturales. Cubriendo en total una superficie aproximada de 18,6 millones de hectáreas, prácticamente el 21,3 por ciento del territorio nacional [3].

En este ámbito, el estudio se centra en determinar la composición de los lagos que se encuentran dentro del Parque Nacional Huerquehue, provincia de Cautín, IX Región de la Araucanía, ya que esta zona de Chile se ve constantemente enfrentada a diferentes eventos climáticos como grandes sequías producto del cambio climático o desastres naturales, como por ejemplo erupciones volcánicas, las que pueden alterar la naturaleza del suelo afectando directamente ecosistemas y recursos hídricos disponibles.

Por consiguiente, se decide realizar la caracterización del agua del Lago Toro en base a muestras analizadas en terreno con equipos específicos, los que se incluyen en la “Mochila Backpack Lab HANNA HI-3817BP [1], y que posteriormente son contrastadas con los análisis realizados a las muestras en laboratorio de Química y Medio ambiente de la UTFSM, sede Viña del Mar, cuya finalidad es proporcionar información para la creación de una línea base de aguas naturales, con la idea prevenir y controlar posibles cambios que pudiesen ocurrir en el futuro y lograr disminuir el daño y/o propagación de éste al lago, protegiendo a toda especie que dependa de este recurso hídrico.

En los siguientes capítulos se presentan los antecedentes generales del lago en estudio y su alrededor, en el segundo capítulo se expone el desarrollo experimental, donde se detallan todos los procedimientos llevados a cabo con su respectiva expresión de resultados, los que se exponen en el tercer capítulo en conjunto con el análisis crítico de cada uno, para finalmente presentar las conclusiones y recomendaciones que se han elaborado a partir del análisis y todo el trabajo realizado.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una caracterización del agua del lago Toro, la que se encuentra dentro del Parque Nacional Huerquehue, IX Región, para poder contribuir a la creación de una línea base que permita llevar un control y registro de la calidad del agua y así poder prevenir futuras alteraciones debido a factores externos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer una línea base para análisis de aguas naturales, en el Lago Toro, Parque Nacional Huerquehue.
- Establecer tipos de análisis que se llevarán a cabo, para aguas naturales que en este caso para terreno fueron: pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, oxígeno disuelto, coliformes totales y fecales, fosfatos, nitratos y acidez. En tanto los análisis realizados en laboratorio son los antes mencionados para terreno excepto nitratos, fosfatos, coliformes totales/fecales y CO₂.
- Establecer las estaciones mediante coordenadas GPS que rodean el Lago Toro, para tener la ubicación exacta de cada punto de muestreo que sea lo más representativa posible.

ALCANCE

El alcance de este trabajo, es generar una línea base que pueda ser fácilmente replicada en el lago Toro posteriormente por otros investigadores, para poder llevar un registro de los parámetros de éste, generando un punto de control que permita detectar alteraciones, que afecten de manera directa la salud de las aguas y que a su vez ocasionen un perjuicio en la flora y fauna nativa de la reserva.

JUSTIFICACIÓN

Este estudio es realizado con el objetivo de proporcionar una caracterización del estado de las aguas del lago Toro en cuanto a parámetros físico-químico y microbiológico. En consecuencia, es importante realizar un estudio riguroso, accesible y replicable a futuros investigadores que se interesen por las aguas naturales de este lago, logrando con ello ampliar cada vez más el registro histórico de datos de este lugar, para poder prevenir y disminuir el mal uso de este recurso y que a consecuencia de ello podría provocar una escasez hídrica que afectaría en gran medida a la flora y fauna dependientes de ella para subsistir, siendo fundamental la promoción de un uso racional y sustentable, que contribuyan al cuidado del medio ambiente.

Según el REMA 2019, se confirma la importancia de contar con este instrumento de información pública ambiental y transparente, que anualmente permite entregar una evaluación del estado del medio ambiente, mediante mediciones objetivas, de avances y desafíos del país en materia ambiental. [4]

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 LÍNEA BASE

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) administra un sistema de información de líneas de bases de los proyectos sometidos al SEIA, georreferenciado y de acceso público.

La línea de base consiste en la descripción detallada del área de influencia de un proyecto o actividad, en forma previa a su ejecución. Constituye, además, uno de los contenidos mínimos exigidos por la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, lo cual permite evaluar los impactos que pudiesen generarse o presentarse sobre los elementos del medio ambiente.

Los elementos del medio ambiente que debe considerar una línea de base son, en síntesis, los siguientes, de acuerdo a lo establecido en el artículo 12 literal f), del Reglamento del SEIA:

El medio físico, incluyendo, entre otros, la caracterización y análisis del clima, geología, geomorfología, hidrogeología, oceanografía, limnología, hidrología, edafología y recursos hídricos.

El medio biótico, incluyendo una descripción y análisis de la biota.

El medio humano, incluyendo información y análisis de sus dimensiones geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y de bienestar social, poniendo especial énfasis en las comunidades protegidas por leyes especiales.

El medio construido, considerando, entre otros, su equipamiento, obras infraestructura y descripción de las actividades económicas.

El uso de los elementos del medio ambiente comprendidos en el área de influencia del proyecto o actividad, incluyendo, entre otros, una descripción del uso del suelo.

Los elementos naturales y artificiales que componen el patrimonio cultural, incluyendo la caracterización de los Monumentos Nacionales.

El paisaje, incluyendo, entre otros, la caracterización de su visibilidad, fragilidad y calidad.

Las áreas de riesgos de contingencias sobre la población y/o el medio ambiente, con ocasión de la ocurrencia de fenómenos naturales, el desarrollo de actividades humanas, la ejecución o modificación del proyecto o actividad, y/o la combinación de ellos. [5]

1.2 PARQUE NACIONAL HUERQUEHUE

1.2.1 Administración

Es administrada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) de la región de la Araucanía, que es una entidad privada que depende del Ministerio de Agricultura y es protegida por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE).

A continuación se nombra a los encargados de la administración del Parque Huerquehue:

1. CONAF (Corporación Nacional Forestal).
2. Jefe Regional: Ricardo Crisóstomo Henríquez, Depto de áreas silvestres protegidas, IX Región de la Araucanía.
3. Administrador Parque Nacional Huerquehue: Gumercindo Paredes.
4. Guardaparque Parque Nacional Huerquehue: Félix Ledesma.

1.2.2 Características generales

El Parque Nacional Huerquehue se ubica en el sector cordillerano de la IX región de la Araucanía, y se encuentra a 135 kilómetros de la ciudad de Temuco, capital regional. El parque, que se extiende entre las comunas de Cunco y Pucón, cuenta con una superficie total de 12.500 hectáreas. Fue creado el 9 de Junio de 1967 con el fin de proteger el área.

Cuenta con diversos lugares dentro del Parque Nacional Huerquehue: sector Lago Tinquilco, Sendero Los Lagos y Sendero Quinchol, Sendero san Sebastián y Sendero Huerquenes, rutas que le permiten apreciar lagos Verde, Toro, Chico, Huerquehue, Los Patos, Abutarda, San Manuel, Escondida, Pehuén, Angelina. Huerquehue guarda en su

interior otras lagunas de igual o mayor belleza que las mencionadas: Seca, Los Cóndores, El Sacrificio, Las Mercedes, las Mellizas. [6]

1.2.3 Ubicación

El área que ocupa el Parque Nacional Huerquehue, se ubica geográficamente entre las coordenadas 39°03' y 39°13' latitud Sur y 71°33' y 71°46' longitud Oeste (CONAF, 1997). Administrativamente se localiza en la Novena Región de la Araucanía, Provincia de Cautín, Comuna de Pucón, a 35 km al Noreste de Pucón. [7]

1.2.4 Geografía

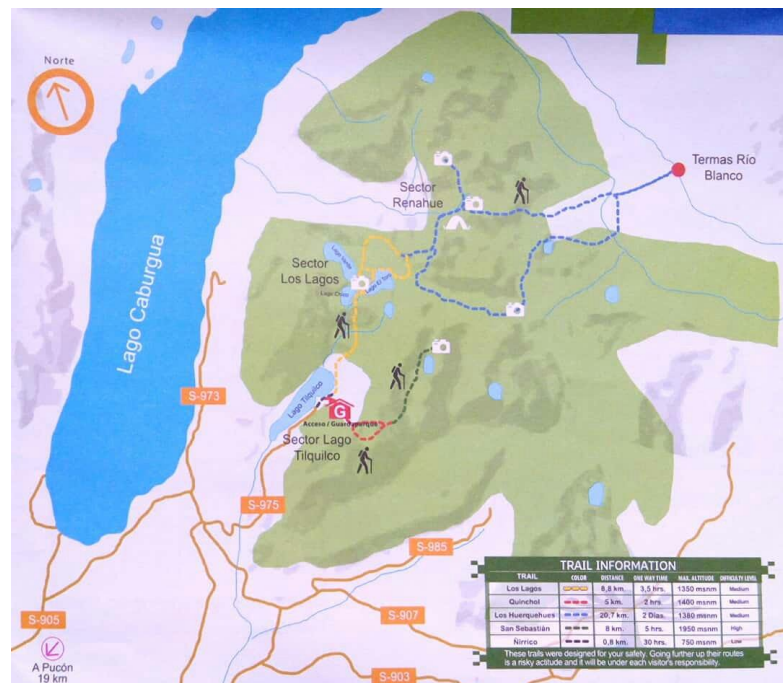


Figura 1- Mapa físico reserva Nacional Huerquehue.

FUENTE: https://mochilaosabatico.files.wordpress.com/2017/11/mapa-parque-nacional-huerquehue_1703800703.jpeg

1.2.5 Rutas y Senderos

El parque Nacional Huerquehue cuenta con varios senderos que varían en dificultad y duración donde destaca el Sendero autoguiado Ñirrinco que tiene una duración aproximada de 30 minutos, de dificultad baja y con una distancia menor a 1 kilómetro.

Por otro lado, los senderos más populares son dos: Los Lagos y San Sebastián, donde en el primer caso, es de una dificultad media y es el más visitado del parque, con una distancia de 12 km y una duración aproximada de 3 a 4 hrs, dependiendo de las condiciones climáticas y del ritmo de cada persona, como atracción se puede ver cascadas como Nido de Águilas y Trifulco, además de tener visión al Lago Tinquilco, el volcán Villarrica, Lago Verde, Lago Chico, Lago Toro y Lago Huerquehue [8]. En cuanto al Sendero San Sebastián, se puede decir que es de una dificultad alta, ya que tiene pendientes fuertes, posee una distancia de 13 km y de una duración aproximada de 4 hrs de ida, dependiendo de la condición física de quien lo haga, las personas que deseen subir este sendero deben inscribirse en un libro de control que dispone CONAF.

1.2.6 Atracciones

Entre los senderos que se pueden recorrer para conocer el parque, se encuentran atracciones como cascadas, lagos, miradores y grandes araucarias, especie que está en peligro de extinción [6], además de una amplia gama de flora y fauna que habitan en él.

1.3 Lago Toro

En la figura 1.2- se puede ver una fotografía del lago Toro.



Figura 1.2- Lago Toro, diciembre 2018 1

.Fuente: Elaboración propia

1.3.1 Ubicación

El Lago Toro, es uno de los diferentes lagos que se encuentran dentro de la Parque Nacional Huerquehue, muy cercano al Lago Verde y Lago Chico, aproximadamente está a unos 1.320 msnm, en la figura 1.3 se puede una visión ampliada de su ubicación dentro del Parque. [7]



Figura 1.3- Mapa lago Toro 1

Fuente: <https://www.gochile.cl/es/parque-nacional-huerquehue/>

1.3.2 Características generales

El lago Toro es un pequeño lago ubicado en el interior del Parque Nacional Huerquehue (Provincia de Cautín, IX Región de la Araucanía), se encuentra en la cima de un cerro del parque a más de 1320 msnm junto a los lagos Chico y Verde. [8]

Sus aguas son frías, tranquilas y cristalinas. Sus riberas están coronadas por hermosas araucarias milenarias. El acceso para el público es a través de un sendero de unos 7 km que se inicia en la entrada del Parque Nacional, a orillas del lago Tinquilco y que llega hasta la zona de los tres lagos ya mencionados.

1.3.3 Clima

Templado de tipo lluvioso. Las precipitaciones tienen lugar durante todo el año y la amplitud térmica aumenta hacia el interior. Las heladas son frecuentes en la temporada invernal. [9]

En el ANEXO 3 se puede observar las condiciones climáticas pronosticadas para los días que se realizó el estudio.

1.3.4 Flora.

Este Parque Nacional cuenta con una amplia diversidad de especies naturales, destacando entre ellas el coigüe, roble y lenga, formando frondosos bosques. Pero la especie que más llama la atención son los bosques milenarios de araucarias, que puede llegar a vivir más de 3.000 años, encontrándose en el área del Parque, especies de hasta 2.000 años aproximadamente. [10]

1.3.5 Fauna

Parte de la fauna más representativa del bosque nativo chileno, se pueden encontrar especies como: el puma, cóndor, pudú, coipo, güiña, monito de monte, variedades de insectos, aves, coleópteros, anfibios (como el Sapito de Darwin) y pequeños reptiles.[6]

1.3.6 Vías de acceso

Luego de un trekking de 3-4 hrs, por el sendero los Lagos, se puede llegar al Lago Toro, ubicado aproximadamente a 1.320 msnm.

1.4 CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL

1.4.1 Organismo

Es una entidad de derecho privado que depende del Ministerio de Agricultura, donde su objetivo es administrar la política forestal de Chile, potenciando los recursos naturales del país, y actúa como fiscalizador de la legislación forestal.

1.4.2 Misión y Objetivos

La misión de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) es contribuir al manejo sustentable de los bosques nativos, formaciones xerofíticas y plantaciones forestales mediante las funciones de fomento, fiscalización de la legislación forestal-ambiental y la protección de los recursos vegetales, así como a la conservación de la diversidad biológica a través del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, en beneficio de la sociedad. [11]

1.5 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

1.5.1 Clasificación del agua según su uso

Según la Norma Chilena 1333.Of78 modificada en 1987 [12], se pueden establecer los requisitos de calidad del agua según su uso en:

- a- Agua para consumo humano.
- b- Agua para bebida de animales.
- c- Agua de riego.
- d- Recreación y estética;
 - d.1- estética.
 - d.2- recreación con contacto directo.
 - d.3- recreación sin contacto directo.

De esta clasificación y tomando en cuenta las características del Lago Toro, el agua que esta contiene se clasifica como agua de recreación con contacto directo, por lo que, para poder analizar y discutir los resultados obtenidos en la parte experimental se tomará como base la Norma Chilena 1333. Of78, ya que si bien no es común que haya contacto directo de los visitantes, tampoco hay ningún impedimento para que pueda ocurrir.

1.5.2 Parámetros para agua de uso recreativo con contacto directo

A continuación en la tabla 1-1 se especifican los parámetros establecidos para agua recreacional con contacto directo NCh 1333 Of78 .

Tabla 1-1– Parámetros de NCh 1333 Of78

Características	Requisitos
pH	6,5 a 8,3 (excepto si las condiciones naturales del agua muestran valores diferentes, pero en ningún caso menor que 5,0 o mayor a 9,0)
Temperatura, °C máximo.	30
Claridad, min.	Visualización del disco Secchie a 1,20 m de profundidad.
Sólidos flotantes, visibles y espumas no naturales.	Ausentes.
Aceites y grasas, mg/L, máximo.	5
Aceites y grasas emulsificadas, mg/L, máximo.	10
Color, unidades Pt-Co, máximo.	Ausencia de colorantes artificiales.
	100
Turbiedad, unidad Escala Sílice, máximo.	50
Coliformes fecales/100 mL, máximo.	1000
Sustancias que produzcan olor o sabor inconvenientes.	Ausentes

Fuente: Norma Chilena 1333.Of78

Por otro lado, los análisis que el equipo de trabajo decidió tener en consideración para caracterizar de manera más completa el Lago Toro, de PNH son:

pH: Es una medida de la naturaleza ácida o básica de una solución, el que refleja la concentración de iones hidrógeno presentes en ella. Adopta una escala que va desde 1 a 14, considerando como neutro a pH 7, alcalino valores menores a 7 y ácido valores mayores a 7. Se puede medir en terreno con un tester Hanna HI38130 [13] que entrega el valor directo en unidades de pH, o en laboratorio con un equipo multiparámetro Orion Star A212, Thermoscientific [14], que también entrega el valor en unidades de pH directamente. Este análisis depende de la temperatura, por lo que se sugiere que sea realizada idealmente a 25°C.

Temperatura: La medición de temperatura en un cuerpo de agua superficial indica que tan condicionado está la solubilidad del oxígeno disuelto, donde un incremento en ella limita su disponibilidad afectando la vida acuática, además la temperatura regula diversas reacciones bioquímicas que influyen en su calidad. Se puede medir directamente con un termómetro de rango 0-50°C, o un termómetro electrónico adecuado, ambos entregan directamente la medida en °C.

Conductividad eléctrica: Es una medida de la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, siendo un indicador de la materia ionizable del agua.

La conductividad eléctrica entrega información de la presencia de iones disueltos en el agua, si este valor es bajo podría indicar una agua de alta calidad con bajos contenidos de nutrientes, de forma contraria si tiene un alto valor podría ser un indicativo de problemas de salinidad, si el valor de CE es muy alto, sería un indicador de sitios contaminados. Si se ve un cambio brusco en la CE de un cuerpo de agua podría indicar una descarga directa de otra fuente de contaminación en ella, sin embargo las lecturas de CE no proporcionan información específica sobre la composición iónica del agua.

En terreno se puede realizar el análisis “in situ” con el tester HANNA HI98130 [13], el cual entrega de forma directa el valor de CE, en un rango entre 0 a 20 mS/cm. En el laboratorio se realiza el análisis en el equipo multiparámetro Orion Star A212, Thermoscientific [14] en muestras de hasta 3000 mS/cm de CE.

Sólidos disueltos totales: Son indicativos de la salinidad y pueden afectar negativamente los cuerpos de agua, ya que si se encuentran en gran cantidad pueden ocasionar mal sabor y olor, generando problemas de salud en aquel que la consuma. Los SDT corresponden a la porción de sólidos en una muestra de agua que pasa a través de un filtro de tamaño de poro de 0,45 μ , son los el material residual resultante en un recipiente luego de la

evaporación (180°C) de una muestra y su subsecuente secamiento en un horno a temperatura definida y constante. Se determina por diferencia de peso, y se expresa como mg/L.

El análisis en terreno se puede realizar con el kit de terreno tester Hanna HI98130 [13] que entrega directamente la medida en mg/L, para muestras que van entre 0 a 200 ppm.

Dureza: Se define como la concentración de iones Ca^{+2} y Mg^{+2} presentes en la muestra, si se encuentra en gran cantidad indica que es un agua muy dura, y si está en bajas concentraciones es un agua muy blanda, es importante tener conocimiento de este parámetro ya que podría afectar de mala manera en electrodomésticos, por las incrustaciones calcáreas que se forman en ellos produciendo el llamado “sarro”, afectando su funcionamiento y vida útil; aunque no se ha demostrado que tenga un efecto adverso en las personas al consumir esta agua.

El análisis en laboratorio se realiza mediante una titulación complexométrica con EDTA [15], en la que su resultado se expresa en mg/L de CaCO_3 , en cuanto al análisis en terreno se puede realizar con el kit análisis de dureza presente en la mochila Backpack Lab HANNA HI 3812[16], el que sirve para muestras que posean un rango de 0 a 300 ppm CaCO_3 .

Alcalinidad: Se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, propiedad que depende de la cantidad de ciertas sales débiles o presencia de diferentes tipos de bases, fuertes y débiles. La determinación cuantitativa de la alcalinidad del agua se logra fácilmente por titulación con una solución de ácido sulfúrico de normalidad conocida y utilizando fenolftaleína y verde de bromocresol como indicadores, dependiendo esto del pH inicial de la muestra en análisis. Habitualmente, el contenido de alcalinidad se expresa en mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3). [16]

Metales pesados: Los metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Los más importantes son: arsénico, cadmio, cobalto, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, estaño y cinc. El análisis en terreno se puede realizar con un espectrofotómetro portátil, mientras que en laboratorio se puede obtener su concentración mediante una medición por espectrofotometría de absorción atómica. En el caso de encontrar una alta concentración de alguno de estos metales, podría ser perjudicial para la salud de las personas, como también ocasionar daños por efecto de arrastre hacia suelos y vegetación del entorno.

Oxígeno disuelto: Define la cantidad de oxígeno gaseoso (O_2) disuelto en una solución acuosa. La determinación analítica se debe realizar de inmediato y en el lugar de la toma de muestra. Puede ser expresado como una concentración (mg/L), que es un valor

absoluto, o como porcentaje de saturación que es una expresión de la proporción de oxígeno disuelto en el agua en relación a la concentración máxima que puede disolverse a una temperatura, presión y salinidad particular. Para su medición se emplean electrodos con membranas permeables a oxígeno, las cuales se sumergen con leve agitación dentro del cuerpo de agua a analizar [17].

Demanda bioquímica de Oxígeno: La DBO es una medida de la cantidad de material orgánico presente en el agua que puede ser degradado biológicamente. Se define a partir de la cantidad de oxígeno que los organismos acuáticos aeróbicos podrían potencialmente consumir en el proceso de metabolizar toda la materia orgánica disponible para ellos. Un nivel alto de DBO indica bajos niveles de oxígeno disuelto, lo que puede provocar graves daños a los organismos acuáticos y en casos extremos incluso a muerte. Se requiere un volumen de 1L en una botella de vidrio color ámbar, refrigerada a temperatura entre 1 a 4°C y remitida al laboratorio en menos de 24hrs (5 días para método 5210 B) [18].

Coliformes totales y fecales: Este análisis es importante ya que, permite determinar la presencia de microorganismos patógenos presentes en el agua. Las bacterias coliformes son ciertas especies bacterianas pertenecientes a la familia de Enterobacteriaceae. El método de determinación de coliformes totales y fecales para este caso solo se hizo en terreno con un kit especial marca Yalitech, modelo 3048 [2], el cual está diseñado para determinar presencia de bacterias coliformes totales en colonias superiores o inferiores a 20 por 100 mL de agua, su resultado se entrega en 48 hrs.

1.6 OTROS ESTUDIOS

Entendiendo que la propuesta de crear una línea base de análisis de aguas naturales, debe ser un estudio de las muestras de aguas realizado con las mayores precauciones y rigurosidad a la hora de tomar muestras y realizar análisis, ya que el principal objetivo es tener una alta representatividad de los resultados, con el fin que las conclusiones sean realmente un aporte a los registros históricos de datos de esta índole, es que se hace necesario trabajar en conjunto con un equipo que respalde dicha información entregada por los equipos llevados a terreno, como lo es la mochila Backpack Lab Hanna HI3810BP [1].

Demostrando por dos analistas en su trabajo de título [19] que verificaron la precisión y efectividad a través de una comparación estadística de los resultados que obtuvieron al realizar cada análisis en laboratorio con sus respectivos patrones, en todos los kits que

incluye la mochila de análisis de aguas en terreno. Por consiguiente se puede verificar con el estudio del agua en el lago Toro, que los equipos para análisis en terreno que trae la mochila de análisis de aguas proporcionan una información con una alta precisión y confiabilidad, siendo apta para este tipo de análisis en terreno, por su facilidad de transporte y fácil manejo.

Por consiguiente, una de las cosas importantes que se quiere lograr en este trabajo es que los resultados, sean contrastados, comparados y analizados minuciosamente para poder tener una perspectiva general y poder generar soluciones de diversas problemáticas en cuanto a los registros y análisis de datos disponibles de los recursos hídricos que dispone el Parque Nacional Huerquehue, por ende es que el trabajo de análisis químico de la composición de aguas naturales, realizada por María Constanza Bustos Toledo [20] , miembro del equipo de investigación de la USM fue vital para generar desde su visión y análisis crítico, aportes y soluciones como por ejemplo: el crear una guía de bolsillo para análisis de aguas naturales, que permita registrar recomendaciones y referencias y que puede ser utilizada para futuros estudios con el fin de complementar lo ya realizado anteriormente por los investigadores de la USM, ya que tanto esta investigación como la de ella fueron realizadas al mismo tiempo, para tener una comparación directa y certera de los resultados obtenidos tanto en terreno como en laboratorio.

1.7 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

Este estudio se complementa con el proyecto “Levantamiento de Línea Base Medio Ambiental en Aguas Naturales” (FSM1402_S_06) subsidiado por el concurso “Generando ecosistemas de innovación” de la Dirección General de Investigación, Innovación y Postgrado de la Universidad Técnica Federico Santa María, ejecutado en el segundo semestre del año 2018, con el que se adquirió equipos y materiales para el laboratorio del Departamento de Química y Medio Ambiente de la UTFSM, Sede Viña del Mar, como Disco Secchi, equipo de geolocalización satelital y frascos autoclavables para toma de muestras de agua, además del apoyo en los gastos de movilización y alojamiento que se desprenden de la toma de muestras.[21]

En el ANEXO 1 se encuentran todos los documentos asociados a este proyecto, como la Carta Gantt de las actividades, los itinerarios seguidos en las visitas y la autorización recibida por parte de CONAF para realizar la investigación.

CAPITULO II: PARTE EXPERIMENTAL

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

Las aguas naturales, están permanentemente en contacto con diferentes agentes, ya sea suelo, aire, vegetación, etc, los cuales por diferentes formas se transmiten al agua, contaminando o alterando su composición natural. Debido a esto es que se busca que se controlen los factores potencialmente peligrosos para el ecosistema que esta agua alimenta, permitiendo la conservación y salud de todas especies a las que estén expuestas.

Para esto se hicieron análisis de cada componente esencial en aguas superficiales, tales como: pH, temperatura, sólidos disueltos, dureza, conductividad eléctrica, acidez, nitratos, fosfatos, metales pesados, alcalinidad, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, presencia de metales, coliformes totales y fecales.

La medición de estos parámetros, permitirán la caracterización físico-química del agua, orientando acerca del estado en que está el lago, teniendo en cuenta que para este tipo de aguas, no existe una normativa vigente que regule su composición, generando un vacío que afecta a las reservas nacionales, al no existir parámetros de control de este tipo de agua, solo rigiéndose por la Norma Chilena 1333 Of.78 donde dicta las condiciones mínimas en algunos de estos parámetros para que el agua no constituya un peligro para la población que entre en contacto con ella.

2.1.1 Puntos de muestreo e identificación de muestras.

Se definen 4 puntos de muestreo, que se identifican como A, B, C, D, de donde se toman 4 muestras de 1 L cada una, y se nombran como M1, M2, M3 y M4, como se pueden ver en la figura 2.1 por lo que se obtienen 4 L por punto, y un total de 16 L en total. Las que servirán para poder tabular los datos, en la Tabla 2.1.



Figura 2.1- Puntos de muestreo lago Toro (A, B, C y D), sendero (color amarillo).

Fuente: Informe Proyecto FSM1402_S_06.

2.1.2 Identificación de puntos de muestreo.

En la tabla 2.1- se indica la identificación de muestreo del lago Toro.





Tabla 2.1- Identificación de muestreo de lago Toro, PNH.

Muestras	PUNTOS DE MUESTREO			
M1	M1A	M2B	M3C	M4D
M2	M2A	M2B	M3C	M4D
M3	M3A	M2B	M3C	M4D
M4	M4A	M4B	M4C	M4D

Fuente: Elaboración propia en base a lo realizado en terreno.

En la Tabla 2.2 se detallan los puntos de muestreo, con sus respectivas fechas, hora, altitud y coordenadas geográficas.

Tabla 2.2- Puntos de muestreo, fecha, hora, altitud y coordenadas geográficas.

Puntos de muestreo	Fecha	Hora	Coordenadas	Altitud
	19-12-2018	10:05 am	S 39° 8.346' W 71° 42.467'	1412 msnm
	19-12-2018	10:45 am	S 39° 8.347' W 71° 42'	1412 msnm
	19-12-2018	11:15 am	S 39° 8.348' W 71° 42'	1413 msnm
	19-12-2018	12:50 am	S 39° 8.346' W 71° 42'	1413 msnm

Fuente: Elaboración propia a partir de tablas de resultado de Informe Proyecto FSM1402_S_06.

2.1.3 Homogeneidad y representatividad de las muestras.

En general, el mayor factor de variabilidad en los resultados es la distancia a la que es tomada la muestra, así como su manipulación y preservación.

Cualquier error en estos tres factores, disminuye en gran medida la representatividad de la medición, ya que variarán sus condiciones ambientales, y en consecuencia la presencia de cuerpos extraños o componentes externos en la muestra. Para esto se tomarán todas las precauciones en la toma, preservación y transporte de la muestra.

2.1.4 Obtención de la muestra

Se debe identificar de manera clara los puntos que serán las estaciones que rodearán el área de la laguna, teniendo en cuenta la distancia entre sí, y lo más importante es recolectar agua que se encuentre en circulación.

Para análisis periódicos, siempre se harán los muestreos en el mismo lugar, para lo cual se podrá usar toma manual, cuidando que la muestra no sea agua de la orilla del lago, y que no toque el fondo del lago sino que a una profundidad de unos 15 a 30 cm, girando el frasco hasta que ya no haya burbujeo.

2.1.5 Tipo de muestreo utilizado

Teniendo en cuenta el objetivo de esta investigación se decide realizar la toma de muestras mediante un muestreo simple, entendiendo esto como: “Muestra recolectada en un lugar y tiempo específico y que refleja las circunstancias particulares bajo las cuales se hizo la recolección.”

Ya que, si bien no es un volumen tan pequeño como para no ser representativo, es lo suficientemente fácil de transportar y almacenar.

Se debe cuidar que las condiciones ambientales no afecten la muestra, si es necesario se debe llevar cooler, hielo, o bolsos térmicos, ya que puede alterarse la composición real de la muestra, afectando los resultados.

2.2 METODOLOGÍA

- a) En terreno: Se toma – identifica – clasifica - prepara y se analiza directamente
- b) En Laboratorio: Se toma la muestra - identifica – clasifica – refrigera – transporta - prepara y se analiza.

2.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

2.3.1 Principio y alcance

La calidad del agua del lago Toro, se determina a partir de los análisis realizados a las muestras de agua recogidas de forma adecuada de manera homogénea, y uniforme que permita ser cuantificada midiendo la concentración de constituyente analizado.

2.3.2 Procedimiento

- Cuando llegue a la estación o sitio de muestreo, organice las botellas rotuladas, para dicha estación, que en este caso, serán las 4 botellas a llenar por cada punto.
- Ambiente el recipiente 3 veces antes de tomar la muestra final.
- Tomar un volumen que llegue hasta el cuello de la botella idealmente, para tener mayor representatividad de la muestra obtenida.
- Agitar la botella llena de manera que no se observen burbujas, ni sedimentos que puedan formar diferentes fases dentro de ella.
- Tapar el recipiente y en el caso de laboratorio mantener refrigerada para su posterior transporte y análisis.
- Para el caso de la toma y análisis en terreno, se tomará el volumen de la botella (1litro), pero se analizará in situ cada parámetro.
- Esto es para todas las muestras de agua.

2.4 Conductividad eléctrica

2.4.1 Principio y alcance

La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica que depende de la cantidad de iones o partículas cargadas tenga el agua.

Se mide en Siemens/cm o $\mu\text{S/cm}$.

La medición en terreno se realiza con un Kit tester que viene en la mochila Hanna Backpack Lab [13], la cual entrega la medición de forma directa ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en un breve periodo de tiempo, con un valor máximo de 3999 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Mientras que, la medición de este parámetro en el laboratorio se realiza con un conductímetro de mesa, marca Thermo Scientific, modelo Orion Star A212 y es aplicable a muestras con hasta 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad [14].

2.4.2 **Procedimiento**

a) En terreno:

- Se ambienta un vaso precipitado con un volumen pequeño antes de medir.
- Se destapa el Kit tester, y se lava con agua destilada el electrodo, luego se seca con papel sin pelusa cuidadosamente.
- Se toma un volumen que sea suficiente para sumergir el Kit tester Hanna.
- Se sumerge el Kit tester en el vaso que contiene la muestra, hasta que la lectura quede fija.
- Se anota el valor que entrega el tester ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Se lava nuevamente el electrodo, se seca con papel cuidadosamente y se tapa. [14]

b) En laboratorio:

Prepare los sensores de acuerdo con las instrucciones del manual de sensores.

Conecte todos los electrodos, sensores y sondas que se deben utilizar a las entradas del medidor adecuadas. Asegúrese de que los sensores se hayan calibrado recientemente y que funcionen correctamente. Asegúrese de que el modo de medida del medidor se haya establecido en el parámetro de medida deseado. Para los medidores Star A212, pulse la tecla f3 (channel) hasta que se muestre el canal o canales deseados en el modo de medida.

1. Enjuague los sensores con agua destilada o una solución adecuada, séquelos con suavidad con un paño sin pelusas para quitar el exceso de agua y colóquelos en la muestra.
2. Inicie la medida y espere a que se realice la lectura para estabilizar o alcance el tiempo predefinido.
 - a. Auto-Read: Pulse la tecla measure (esc) para iniciar la medida. Si utiliza una sonda de agitador, esta empezará el agitado cuando se pulse la tecla measure (esc) y detendrá el agitado cuando la medida se estabilice.
 - b.

Continuous: La medida empezará inmediatamente cuando se encuentre en el modo de medida. Si utiliza una sonda de agitador, pulse la tecla stirrer para iniciar y detener el agitado. c. Timed: La medida empezará inmediatamente cuando se encuentre en el modo de medida. Si utiliza una sonda de agitador, pulse la tecla stirrer para iniciar y detener el agitado.

3. Una vez la medida sea estable o alcance el tiempo definido, registre todos los parámetros aplicables.
 - a. Auto-Read: Una vez la medida sea estable, se bloqueará y se mantendrá en la pantalla y el icono AR permanecerá sólido. Si la función de registro de datos está activada, la medida se exportará al registro de datos.
 - b. Continuous: El icono intermitente Stabilizing se actualizará al icono fijo Ready cuando la medida esté estable. Si la función de registro de datos está activada, pulse la tecla log/print para exportar la medida al registro de datos.
 - c. Timed: Las medidas se registrarán en el intervalo de tiempo predefinido. Si la función de registro de datos está activada, se mostrará el icono cuando haya transcurrido cada intervalo de tiempo y la medida se exporta al registro de datos.
4. Quite los sensores de la muestra, enjuáguelos con agua destilada o una solución adecuada, séquelos con suavidad con un paño sin pelusas para quitar el exceso de agua y colóquelos en la muestra siguiente.
5. Repita los pasos del 2 al 4 en todas las muestras. Cuando se hayan medido todas las muestras, guarde los sensores de acuerdo con las instrucciones de los manuales de sensores.[14]

2.4.3 Expresión de cálculo

- a) En terreno: El Kit tester Hanna entrega la lectura directa en $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- b) En laboratorio: El equipo de conductimetría modelo Orion Star A212, entrega la medida de forma directa, en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.5 pH

El pH es una medida de la naturaleza ácida o alcalina del agua. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 7. Los valores de pH deben ser referidos a la temperatura de medición, pues varían con ella.

El pH se corrige por neutralización.

2.5.1 Medición de pH en laboratorio

2.5.1.1 Principio y alcance

El método se basa en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno (H) en solución por medición potenciométrica, empleando un electrodo combinado previa calibración del instrumento con solución estándar de pH.

Este análisis viene siendo uno de los más importantes que se tiene que realizar al agua, ya que, dependiendo del pH que la muestra tenga es cómo afectará la vida de los organismos que la consumen o dependen de ella para sobrevivir, para el caso de aguas del tipo superficiales el valor de pH se encuentra entre 6 y 8.5, mientras que las subterráneas suelen tener un rango menor de pH que las superficiales. En lagos y embalses el rango de pH varía por diferentes factores, como por ejemplo: la dinámica térmica del lago, que irá disminuyendo a medida que la profundidad del agua aumente.

El método que se usa para determinar esta variable, se basa principalmente en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio a soluciones que tenga diferentes concentraciones de iones Hidrógeno, donde se genera una diferencia de potencial; esto se produce cuando se ponen en contacto dos soluciones para que haya un flujo de H^+ por lo tanto una corriente eléctrica, lo que permite de manera indirecta medir el pH de una muestra comparada con una solución patrón de pH conocido.

Para ello se utiliza un electrodo de pH. Cuando el electrodo entra en contacto con la disolución se establece un potencial a través de la membrana de vidrio que recubre el electrodo. Este potencial varía según el pH. Para determinar el valor del pH se necesita un electrodo de referencia, cuyo potencial no varía. El electrodo de referencia puede ser externo o puede estar integrado en el electrodo de pH.

La diferencia de potencial (E) es proporcional a $[H^+]$, y viene definida por la ecuación de Nernst:

$$E_{\text{medido}} = E_{\text{referencia}} + (2,3 RT/NF) \text{ pH}$$

donde E_{medido} es el potencial (en voltios) detectado a través de la membrana de vidrio, $E_{\text{referencia}}$ es el potencial del electrodo de referencia, y $(2,3 RT/NF)$ es el factor de Nernst, que depende de la constante de los gases (R), la constante de Faraday (F), la carga del ión (N), que para el pH vale 1, y la temperatura en grados Kelvin (T).

El comportamiento del electrodo depende de la temperatura. Por eso es importante que a la hora de calibrar el pH-metro siempre esperemos a que las disoluciones patrón se pongan a temperatura ambiente.

La medición se realiza a través del equipo Thermo Scientific Orion Star, A211, el cual tiene un electrodo combinado para el análisis. Este tipo de electrodo tiene la característica de tener integrado el electrodo de medición y el de referencia, que en combinación con una sonda de temperatura permite que sea más rápido el análisis de la muestra.

2.5.1.2 Procedimiento

- a) Calibrar el equipo Thermo Scientific Orion Star A212, según indica procedimiento el manual de uso.
- b) En un vaso precipitado de 100 mL limpio y seco, se vierte un volumen suficiente para que el electrodo quede correctamente sumergido.
- c) Limpiar el electrodo cuidadosamente con agua destilada, y secar con papel toalla.
- d) Colocar el electrodo en la solución, agitar y esperar un par de minutos.
- e) Encender el equipo y esperar que se estabilice la lectura
- f) Leer el valor.
- g) Limpiar con abundante agua destilada el electrodo y secar con papel toalla.
- h) Colocar el electrodo limpio y seco en la solución de mantención.
- i) Apagar el equipo [14].

2.5.1.3 Expresión de cálculo

El equipo entrega el valor en unidades de pH que tiene la muestra directamente, que puede ir desde 0 a 14 según la escala de pH.

2.5.2 Medición de pH en terreno

2.5.2.1 Principio y alcance

Se basa en el mismo principio que la medición en el laboratorio, solo que se realiza con un Kit tester que viene dentro de la mochila Hanna Backpack lab, (HI98130) [2], que cuenta con electrodo de Ag/AgCl, y que se puede realizar a cualquier tipo de agua.

2.5.2.2 Procedimiento

- Seleccione el modo pH, con el botón Set/Hold.
- Sumerja el electrodo en la solución a ser medida.
- La medición estará completa cuando el símbolo de estabilidad desaparezca.
- El valor de pH automáticamente compensado se mostrará en el LCD primario y el display secundario mostrará la temperatura de la muestra [2].

2.5.2.3 Expresión de cálculo

El equipo entrega directamente el valor en unidades de pH, que está dentro de la escala de 0 a 14.

2.6 Temperatura

2.6.1 Principio y alcance

Es importante medir la temperatura del agua, ya que la temperatura de un cuerpo superficial condiciona la disponibilidad del oxígeno disuelto, limitándola si esta es muy elevada, además de afectar su pH, y con ello afectar la vida normal y la sensibilidad a tóxicos de las especies que en ella habitan.

Esta medición se puede realizar a todas las muestras de agua.

2.6.2 Procedimiento

- a) En terreno: Se realiza con el Kit tester HI98130 que también mide pH/SDT/CE de la misma manera que se hizo para medir pH. [2]
- b) En laboratorio: De la medición de pH con el equipo ThermoScientific, Orion Star A212, ya que trae un termómetro integrado que permite medir la temperatura al mismo tiempo que mide el pH. [14]

2.6.3 Expresión de cálculo

- a) En terreno: Todas las temperaturas son automáticamente compensadas por Temperatura (ATC), las cuales pueden verse desplegadas en °C o °F [2].
- b) En laboratorio: La unidad de medida es el °C, que corresponde a la centésima parte de entre el punto de fusión y ebullición del agua, considerando un valor de 0° para el punto de fusión y 100° para el de ebullición [14].

2.7 Determinación de Dureza en laboratorio [22]

2.7.1 Principio y alcance

Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

Se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. Los principales cationes que causan dureza en el agua son Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} . Por otra parte, los aniones asociados a este fenómeno son HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , NO_3^- y SiO_3^- .

La dureza se expresa en mg/L como CaCO_3 y afecta tanto a las aguas domésticas, industriales y naturales. En términos de dureza las aguas se pueden clasificar según la Tabla 2.7.

Tabla 2-3. Clasificación de agua según su dureza.

ppm CaCO_3	Dureza
0 - 70	Muy blanda
70 - 150	Blanda
150 - 250	Ligeramente dura
250 - 320	Moderadamente dura
320 - 420	Dura
Superior a 420	Muy dura

Fuente: Guía Laboratorio de Análisis industrial, “Determinación de dureza en aguas”.

Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

Se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. Los principales cationes que causan dureza en el agua son Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} . Por otra parte, los aniones asociados a este fenómeno son HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , NO_3^- y SiO_3^- .

Existen distintas formas de dureza, primero la dureza total, que en la mayoría de las aguas se considera aproximadamente igual a la dureza producida por los iones calcio y los iones magnesio, es decir:

$$DT = \text{dureza por } \text{Ca}^{+2} + \text{dureza por } \text{Mg}^{+2}$$

Por otra parte, existe la dureza carbonatada o temporal, que mide la dureza asociada a los iones bicarbonatos HCO_3^- presentes en el agua. En las aguas naturales los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad. Es decir:

$$\text{Alcalinidad (mg/L)} = \text{dureza carbonatada (mg/L)}$$

Respecto a lo anterior pueden presentarse dos situaciones. Cuando la alcalinidad es menor que la dureza total; entonces la dureza carbonatada está dada por el valor de alcalinidad, pero cuando la alcalinidad es mayor o igual a la dureza total entonces la dureza carbonatada está representada por la dureza total.

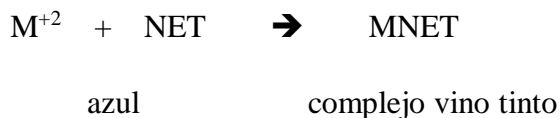
La dureza no carbonatada o permanente es toda dureza que no esté químicamente relacionada con los bicarbonatos, es decir, a la dureza total se le debe restar la alcalinidad, ya que esta es la expresión de los iones bicarbonato. Este tipo de dureza incluye principalmente sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y de magnesio.

La cuantificación de la dureza total se realiza mediante una titulación complexométrica utilizando EDTA como agente titulador. Las soluciones de EDTA forman “iones complejo-solubles” con el Ca^{+2} , Mg^{+2} y otros iones causantes de dureza. La reacción puede representarse así:

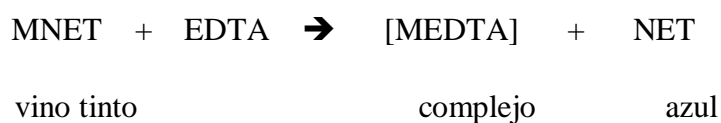


complejo estable

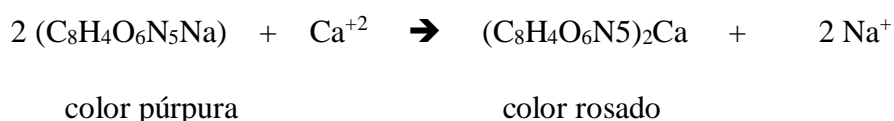
Como indicador se utiliza NET y sirve para indicar cuando todos los iones Ca y Mg han formado complejo con el EDTA. Cuando a un agua dura con pH 10 se le agrega gotas de NET (azul), el indicador se combina con algunos iones Ca^{+2} y Mg^{+2} para formar un ion complejo débil de color vino tinto. Es decir:



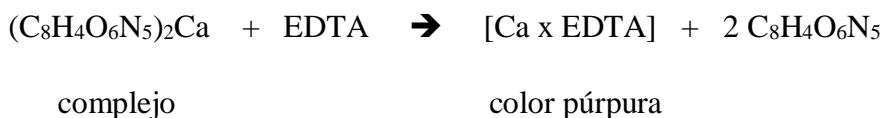
Durante la titulación con EDTA todos los iones Ca^{+2} y Mg^{+2} libres forman complejos; finalmente el EDTA descompone el complejo débil color vino tinto para formar un complejo más estable con los iones que causan dureza. Esta acción libera al indicador NET y la solución pasa de color vino tinto a un color azul lo cual indica el punto final de la titulación. La reacción puede representarse así:



Dureza cálcica: Si a una muestra de agua que contiene tanto iones calcio como magnesio se le agrega EDTA, éste se combina primero con el calcio y luego con el magnesio. Si se eleva suficientemente el pH (con NaOH) para que el Mg^{+2} se precipite, y se usa un indicador que solamente se combine con el Ca^{+2} , entonces se puede determinar directamente el contenido de calcio. El indicador usado puede ser murexida, $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_6\text{N}_5(\text{NH}_4)$, mezclado con NaCl. La reacción, para la sal sódica de la murexida, es la siguiente:



Al agregar EDTA, éste forma complejo primero con el calcio que estaba en la solución y luego con el que se había incorporado al indicador, haciéndolo volver a su color original e indicando el punto final de la titulación. La reacción se puede representar así:



Como indicador también puede usarse una solución de ácido calcón carboxílico. El cambio de color en el punto final será de rosado a azul.

Este análisis se puede realizar a todas las muestras de agua.

2.7.2 Procedimiento

- a) Tomar una alícuota de 50 mL de muestra de agua (ó un volumen mayor dependiendo del origen de la muestra).
- b) Agregar 4 mL de solución tampón de pH 10.
- c) Agregar 0,5 mL (10 gotas) de solución de KCN 0,5 M.
- d) Agregar una punta de espátula de ácido ascórbico o 0,5 ml de una solución al 5 %.
- e) Homogeneizar la solución resultante y agregar gotas de indicador Negro de Eriocromo T .Valorar con solución estandarizada de EDTA 0,01 M hasta viraje del indicador, desde color rojo vinoso a azul puro permanente.
- f) Informar contenido de dureza total presente en la muestra, como mg CaCO₃/L

Para muestras que contienen materia orgánica suspendida o coloidal interfieren en la determinación del punto final. Esta interferencia se elimina evaporando la muestra a sequedad en un baño de agua y calentando luego en un horno mufla a 550 °C hasta que la materia orgánica se oxide completamente. Disolver el residuo resultante en 20 mL de HCl 1 N, neutralizar a pH 7 con NaOH 1 N y diluir a 50 mL con agua destilada. Enfriar a temperatura ambiente y continuar con la adición del tampón pH 10 de acuerdo al procedimiento anterior.

- Muestras ácidas: Ajustar a pH 6 o más con NaOH 0,1 N, agregar KCN y tampón suficiente para llevar el pH a 10.

- ¡Cuidado con KCN ! eliminar al desagüe con bastante agua.

Determinación de Dureza Cálcica:

- a) Tomar una alícuota de 50 mL de muestra.
- b) Agregar 2 mL de solución de NaOH 1 N ó un volumen suficiente para producir un pH entre 12-13.
- c) Adicionar 0,5 mL (10 gotas) de solución de ácido ascórbico 5% y 0,5 ml de solución de KCN 0,5 M.
- d) Homogeneizar la solución resultante y adicionar 0,2 mL de indicador ácido calcón carboxílico al 0,4% .
- e) Valorar con solución estandarizada de EDTA 0,01 M hasta viraje del indicador, desde rosado a azul puro permanente.
- f) Como indicador también puede usar 0,1 - 0,2 g de murexida (mezcla murexida + NaCl).

En este caso la titulación se debe realizar inmediatamente puesto que el indicador es inestable en condiciones alcalina. El cambio de color es de rosado a violeta.

Determinación de Dureza magnésica

Se obtiene por diferencia y se expresa como mg CaCO₃/L.

2.7.3 Expresión de cálculo [22]

$$\text{Dureza total} = \frac{V_{\text{EDTA}} * 0.01\text{M} * 100 * 1000}{\text{mL muestra}}$$

$$\text{Dureza cálcica} = \frac{V_{\text{EDTA}} * 0.01\text{M} * 100 * 1000}{\text{mL muestra}}$$

$$\text{Dureza magnésica} = \text{Dureza total} - \text{Dureza cálcica}$$

2.8 Determinación de Dureza en terreno [23]

2.8.1 Principio y alcance

La dureza del agua ha sido definida tradicionalmente como la capacidad del agua para precipitar jabón. Se encontró más tarde que las especies iónicas en el agua que causan la precipitación eran principalmente el calcio y el magnesio. En el presente, por lo tanto, la dureza del agua es en realidad una medida cuantitativa de estos iones en la muestra de agua. También se conoce ahora que otras ciertas especies iónicas, tales como el hierro, el zinc y el manganeso, contribuyen a la dureza global del agua. La medida y el consecuente control de la dureza del agua es esencial para evitar el descamamiento y el taponamiento en tuberías de agua.

En este caso, se mide mediante una titulación directa de la muestra con EDTA, previamente tamponada a pH 10, si la muestra contiene iones de Magnesio o Calcio, este complejo formado será de color rojo y a medida que se le agregue un exceso de EDTA los

iones metálicos van desapareciendo, esta solución tomará un color azul, indicando el punto final de la reacción.

2.8.2 Procedimiento

Determinación para alto rango (0-300 mg/L de CaCO₃)

- Retire la tapa del vaso plástico pequeño. Enjuague el vaso con la muestra de agua, rellene hasta la marca de 5 mL y coloque la tapa.
- Añada 5 gotas del reactivo 1 por el orificio de la tapa y mezcle con cuidado girando el vaso en pequeños círculos.
- Añada una gota del reactivo 2 y mézclelo igual que el punto anterior, la solución se torna de color rojo-violeta.
- Coja la jeringa de medición e introduzca el émbolo completamente dentro de la jeringa. Introduzca la punta del reactivo y tire el émbolo hasta que la parte inferior del cierre esté en la marca 0 de la jeringa.
- Ponga la punta de la jeringa en el orificio del vaso plástico y añada la solución de medición gota a gota, girando lentamente tras cada gota. Continúe añadiendo la solución de medición hasta que la mezcla se vuelva morada, entonces mezcle durante 15 segundos tras cada gota adicional hasta que la solución tome color azul.
- Lea los mL de la solución en la escala de la jeringa y multiplique por 300 para obtener el resultado final en ppm de CaCO₃

Determinación para rango corto (0-30 mg/L CaCO₃)

- Si los resultados son menores a 30 mg/L de CaCO₃, la precisión de la prueba puede mejorarse siguiendo estas pautas.
- Retire la tapa del recipiente de plástico grande. Enjuague el recipiente de plástico con una muestra de agua, llene hasta la marca de 50 ml y vuelva a colocar la tapa.
- Continúe con la titulación al igual que en la prueba de altas concentraciones.
- Lea los mililitros de la solución de titulación de la escala de la jeringa y multiplique por 30 para obtener el resultado final en ppm de CaCO₃.

2.8.3 Expresión de cálculo [23]

Para alto rango: Dureza = mL EDTA * 300 = ppm CaCO₃

Para bajo rango: Dureza = mL EDTA * 30 = ppm CaCO₃

2.9 Determinación de alcalinidad en laboratorio [24]

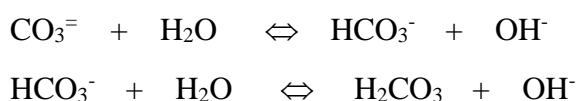
2.9.1 Principio y alcance

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. En algunas aguas los iones fosfatos, boratos y silicatos también contribuyen a la alcalinidad, sin embargo, en la práctica esta contribución es insignificante y puede ignorarse.

Los bicarbonatos y carbonatos pueden producir CO₂ en el vapor que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden producir espumas, provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero en las calderas.

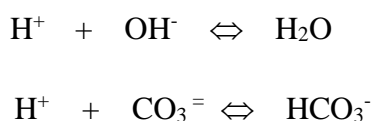
La alcalinidad se corrige por tratamiento con ácido, o desmineralización por intercambio iónico.

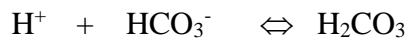
La alcalinidad se expresa en términos de mg/L CaCO₃ y se determina por titulación con H₂SO₄ o HCl diluidos. Los iones H⁺ procedentes del ácido titulante neutralizan los iones OH⁻ libres y los iones OH⁻ disociados generados por la hidrólisis de carbonatos y bicarbonatos. Las reacciones de hidrolización son las siguientes:



La titulación se efectúa en dos etapas sucesivas, definidas por los puntos de equivalencia para los bicarbonatos y el ácido carbónico, los cuales se indican por medio de los indicadores fenolftaleína (FF) y naranja de metilo (NM) o bien potenciométricamente. El viraje de la FF (de rosado a incoloro) a pH > 8,3 indica que se han neutralizado los iones OH⁻ y la mitad de los carbonatos y se conoce como alcalinidad a la fenolftaleína o alcalinidad P. El viraje del NM (de amarillo a anaranjado) pH 4,5 indica la neutralización de la totalidad de los carbonatos y bicarbonatos y se conoce como alcalinidad al naranja de metilo o alcalinidad M.

Las reacciones de los iones H⁺ del ácido titulante con los diferentes tipos de alcalinidad son:





Si llamamos “F” al volumen de ácido necesario para hacer virar la FF de rosado a incoloro, pH = 8,3 y “M” el volumen de ácido necesario para hacer virar el NM de amarillo a anaranjado, pH = 4,5; se tiene que:

$$F = \text{OH}^- + \frac{1}{2} \text{CO}_3^{2-}$$

$$M = \text{OH}^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$$

De acuerdo a estas dos ecuaciones y conociendo las reacciones de los iones H^+ con los diferentes tipos de alcalinidad se deducen las ecuaciones para las cinco condiciones posibles de alcalinidad, como se indica en la tabla 2.4:

Tabla 2.4- Relaciones de alcalinidad

Caso	Relación	Condición	Valores de alcalinidad			
			OH^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Total
1	$F = M$	OH^-	$F = M$	0	0	M
2	$F > M/2$	OH^- y CO_3^{2-}	$2F - M$	$2(M - F)$	0	M
3	$F = M/2$	CO_3^{2-}	0	$2F = M$	0	M
4	$F < M/2$	CO_3^{2-} y HCO_3^-	0	$2F$	$M - 2F$	M
5	$F = 0$	HCO_3^-	0	0	M	M

Fuente: Guía de Laboratorio “Alcalinidad en aguas”, laboratorio análisis industrial.

2.9.2 Procedimiento

Determinación de alcalinidad por titulación con fenolftaleína y anaranjado de metilo

- Tomar una alícuota de muestra de 50 mL. Para muestras con baja alcalinidad (< 20 ppm de CaCO_3) medir 100 - 200 ml.
- Agregar gotas de indicador fenolftaleína al 1%.
- Valorar con HCl 0,02 N hasta decoloración de la muestra.
- Agregar gotas de anaranjado de metilo al 0,1%.
- Continuar la valoración con HCl 0,02 N hasta viraje del indicador NM desde amarillo a anaranjado.

Método potenciométrico (para aguas con alta turbidez)

- a) Calibrar el pHímetro con una solución tampón de pH lo más cercano al pH de la muestra a analizar.
- b) Tomar una alícuota de muestra de 50 mL e introducir en ella una barra de agitación.
- c) Introducir el electrodo de pH en la muestra y leer el pH inicial.
- d) Realizar la titulación agregando solución de HCl 0,02 N en incrementos de 0,5 mL y registrando la variación de pH producida, hasta lograr el primer punto de equivalencia (alcalinidad P).
- e) Continuar la titulación hasta lograr el segundo punto de equivalencia (alcalinidad M), después de lo cual se continúa la adición de HCl hasta unos 4 mL más.

2.9.3 Expresión de cálculo

$$\text{Alcalinidad (ppm CaCO}_3\text{)} = \frac{F+M * 0,02 \text{ N} * 50 \text{ g/mol} * 1000}{\text{mL de muestra}}$$

2.10 Determinación de alcalinidad en terreno [25]

2.10.1 Principio y alcance

La alcalinidad es la capacidad cuantitativa del agua de la muestra de neutralizar un ácido a un pH establecido. Esta medida es importante para determinar la capacidad corrosiva del agua debido al hidróxido, carbonatos e iones de bicarbonato. También son fuente de alcalinidad aniones hidrolizados como fosfatos, silicatos, boratos, fluoruros, y sales de algunos ácidos orgánicos. La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua potable, agua residual, calderas y sistemas refrigeradores y suelos.

La alcalinidad puede ser medida como alcalinidad fenolftaleína o alcalinidad de total.

La primera se determina neutralizando la muestra a un pH 8,3 utilizando una solución diluida de ácido clorhídrico, y un indicador de fenolftaleína. Este proceso convierte los iones de hidróxido en agua, y los iones de carbonatos en bicarbonatos:





Desde que los iones de bicarbonato pueden convertirse en ácido carbónico con ácido Clorhídrico adicional, la alcalinidad de Fenolftaleína mide los iones totales de hidróxido, pero sólo la mitad de la contribución de bicarbonato. Para convertir el total de los iones carbonato, el ácido Clorhídrico se añade hasta que la muestra pase a tener un pH de 4,5:



Esta es la alcalinidad total.

2.10.2 Procedimiento [25]

Determinación de la alcalinidad de la fenolftaleína

- a) Extraigo la tapa del recipiente de plástico. Aclare el recipiente con la muestra de agua, llénelo hasta la marca de los 5 mL y cierre la tapa.
- b) Añada 1 gota de reactivo 1 a través de la ranura de la tapa y mézclelo realizando movimientos en pequeños círculos. Si la solución permanece incolora registre el valor de la alcalinidad de la fenolftaleína como cero, y siga con el procedimiento para la determinación de la alcalinidad total. Si la solución se torna rosada realice el siguiente paso:
- c) Introduzca todo el émbolo de la jeringa de titración dentro de la jeringa. Introduzca el extremo de la jeringa en la solución del reactivo 3 y extraiga el émbolo hasta la marca de 0 mL de la escala de la jeringa.
- d) Introduzca el extremo de la jeringa a través de la ranura del recipiente de plástico y lentamente añada la solución de titración gota a gota, mezclando el recipiente trs cada gota. Continúe añadiendo la solución de titración hasta que la solución se vuelva incolora.

Determinación de la alcalinidad total:

- a) Extraiga la tapa del recipiente. Aclárelo con el agua de la muestra, llénelo hasta la marca de los 5 mL y cierre la tapa.

- b) Añada 1 gota de reactivo 2 por la ranura y mézclelo. Si la solución es de color amarillo, la solución es ácida, para lo cual se debe realizar el test de alcalinidad (vea HI3820 – test de alcalinidad de Hanna).

Si la solución es azul o verde siga los siguientes pasos:

- Introduzca todo el émbolo de la jeringa dentro de la misma. Introduzca el extremo de la jeringa dentro del reactivo 3 y extraiga el émbolo hasta la marca 0 de la escala de la jeringa.

Introduzca la jeringa a través de la ranura de la tapa del recipiente y añada la solución de la jeringa gota a gota, mezclándola tras cada gota. Continúe añadiendo gotas hasta que la solución del recipiente se vuelva amarilla.

Determinación en bajo rango (0 a 100 mg/L CaCO₃)

Si el resultado es menor a 100 ppm, la precisión del test puede ser mejorada de la siguiente manera:

Extraiga la tapa del recipiente de plástico. Aclare el recipiente con el agua de la muestra, llénelo hasta la marca de 15 mL y cierre la tapa. Siga con el test descrito anteriormente.

2.10.3 Expresión de cálculo [25]

Alcalinidad FF = mL gasto con FF * 300 = mg/L CaCO₃

Alcalinidad Total = mL gasto con ABF * 300 = mg/L CaCO₃

Para obtener el resultado para la Fenolftaleína y para la alcalinidad total en bajas concentraciones, multiplique los valores en la escala de la jeringa por 100.

2.11 Determinación de Metales Pesados

2.11.1 Principio y alcance

- Metales pesados

Metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. los más importantes son: arsénico (as), cadmio (cd), cobalto (co), cromo (cr), cobre (cu), mercurio (hg), níquel (ni), plomo (pb), estaño (sn) y cinc (Zn), siendo importante su determinación según lo indica la DGA, ya que lo incluye como parámetro crítico para poder definir la calidad del agua analizada.

2.11.2 Procedimiento [26]

Preservación de la muestra:

- Inmediatamente después de la toma de muestra, acidificar ésta con HNO₃ (app. 1,5 mL HNO₃ conc./ L de muestra o 3 ml de HNO₃ 1:1/ L de muestra), hasta un pH<2 y conservar refrigerada a 4°C.

Metales Totales

Contenido de metales presentes en una muestra no acidificada después de una fuerte digestión o bien la suma del contenido de metales disueltos más el contenido de metales suspendidos.

Metales Disueltos

Contenido de metales presentes en una muestra no acidificada que pasa a través de un filtro de membrana de 0,45 um.

Metales Suspendidos

Contenido de metales presentes en una muestra que son retenidos por un filtro de membrana de 0,45 um.

* Si se va a determinar metales disueltos y suspendidos por separado, entonces filtrar inmediatamente después del muestreo y no preservar con ácido hasta después de la filtración.

-Los metales totales incluyen tanto los metales enlazados orgánicamente como inorgánicamente. Por lo tanto las muestras que contienen material orgánico requieren tratamiento previo al análisis.

-Muestras incoloras, sin turbidez y sin olor se pueden analizar directamente, previa acidificación con HNO_3 (hasta $\text{pH} < 2$).

Digestión de la muestra:

- Medir una alícuota de muestra de 100 mL (o según indicaciones) y llevar a un vaso de pp.

- Agregar 5 mL de HNO_3 conc y evaporar suavemente en plancha calefactora, hasta tener un volumen de app. 10-20 mL.

- Adicionar más HNO_3 conc. y continuar calentando hasta que la digestión sea completa, lo que se nota por la obtención de una solución levemente coloreada. Evitar la sequedad de las muestras durante la digestión.

- Filtrar, sólo si es necesario, a través de papel filtro endurecido (Whatman N°50 o 542) y transferir cuantitativamente a un matraz aforado de 100 mL. Homogeneizar.

- Leer la absorbancia de las muestras en el EAA, a la longitud de onda del elemento de interés, contra un blanco de agua destilada.

Curva de Calibración:

- A partir de soluciones de 100 ppm, de cada uno de los elementos a analizar, preparar estándares de concentraciones entre:

Zn: 0,4 a 1,5 ppm (λ : 213,9 nm)

Pb: 2,5 a 20 ppm (λ : 217 nm)

Cu: 1 a 5 ppm (λ : 324,7 nm)

Cd: 0,2 a 2 ppm (λ : 228,8 nm)

Cabe señalar, que en este caso como la muestra no tenía sólidos suspendidos, se puede hacer una medición directa en el equipo AA para evaluar cualitativamente el contenido de metales, y si habrá necesidad de preparar alguna curva de calibración.

2.11.3 Expresión de cálculo [26]

A través de una regresión lineal de la curva de calibración, en cuya ecuación se reemplaza el valor de absorbancia obtenida de la lectura de la muestra en EAA.

2.11.4 Determinación de metales en terreno

No se realiza la medición de metales en terreno al no contar con el equipo necesario.

2.12 Determinación de sólidos disueltos totales en laboratorio [27]

2.12.1 Principio y alcance

Es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua (las especies disueltas se clasifican como menores de 10^{-6} mm) y corresponde a la porción de sólidos totales que pasa a través del filtro de Millipore o del filtro de fibra de vidrio.

La determinación se basa en filtrar una muestra bien homogeneizada a través de un filtro de fibra de vidrio estándar y posterior evaporación del filtrado contenido en una cápsula, en baño de agua. El residuo se seca finalmente a 180 °C y el aumento de masa de la cápsula representa el contenido de sólidos disueltos totales expresados como mg/L.

Los SDT pueden ser de origen orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales. Aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseable de 500 ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por si solo suficiente para determinar la bondad del agua.

En los usos industriales la concentración elevada de sólidos puede ser objetable por la posible interferencia en procesos de fabricación o como causa de espuma en calderas.

Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición, incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y osmosis de inversa.

2.12.2 Procedimiento [27]

Los sólidos disueltos totales se obtienen evaporando hasta sequedad el filtrado resultante de la determinación de sólidos suspendidos totales y posterior secado a 180°C hasta peso constante. Al ser un método gravimétrico, se requieren la determinación del peso de cápsulas con o sin residuos, por lo tanto, es obligatorio usar recipientes previamente acondicionados, y de peso constante para no afectar el resultado de la medición.

Determinación de Sólidos Disueltos Totales:

- a. Secar en estufa una cápsula de vidrio hasta peso constante.
- b. Tomar un volumen de muestra de 100 ml, bien homogeneizada y llevar a la cápsula.
- c. Filtrar a través de filtro Millipore o de fibra de vidrio.
- d. Evaporar el filtrado resultante en un baño maría hasta sequedad.
- e. Secar la muestra evaporada en estufa a 180 °C hasta peso constante
- f. Enfriar en desecador y pesar al 0,1 mg.

2.12.3 Expresión de cálculo [27]

$$\text{Sólidos disueltos totales (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{V}$$

A: peso del residuo seco + peso de la cápsula, mg.

B: peso de la cápsula, mg.

V: volumen de muestra, ml

2.13 Determinación de sólidos disueltos totales en terreno

2.13.1 Principio y alcance

La medición de SDT se hace con el Kit Tester multiparámetro HI38130 [2], que como máximo tenga hasta 10 g de sólidos disueltos totales por litro.

2.13.2 Procedimiento [2]

- a) Encienda el equipo y seleccione el modo TDS con el botón SET/HOLD
- b) Sumerja el electrodo en la solución de medición.
- c) La medición estará lista cuando el símbolo de estabilidad haya desaparecido.
- d) El valor de TDS automáticamente compensado se mostrará en el LCD primario y en el display secundario mostrará la temperatura de la muestra analizada.

2.13.3 Expresión de cálculo [2]

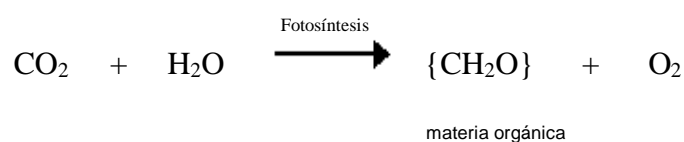
El resultado lo entrega el equipo directamente, como ppm de SDT.

2.14 Determinación de oxígeno disuelto

2.14.1 Principio y alcance

El oxígeno disuelto (OD) es un componente esencial de las aguas superficiales, puesto que la vida de los organismos depende de este gas.

La oxigenación del agua se debe principalmente a la solubilización del oxígeno atmosférico y minoritariamente a su generación en la fotosíntesis, principalmente de algas. Sin embargo el oxígeno así formado durante el día, se consume en parte durante la noche, cuando las algas consumen oxígeno para su metabolismo (después de la muerte de las algas la degradación de esta biomasa también consume oxígeno)



El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

La concentración del oxígeno en agua depende, según la ley de Henry ($C=kP$), de la presión parcial (P) del oxígeno en la atmósfera y de la temperatura del agua.



Con objeto de que no se pierda muestra, o bien se introduzca aire en la misma, deberán extremarse las precauciones durante la medición.

La muestra debe estar libre de cualquier soluto que pueda oxidar al yoduro o reducir al yodo.

2.14.2 Procedimiento

- a) Agregar a las botellas de DBO 1 mL MnSO_4 48% y 1 mL del reactivo yodoazida. Tapar cuidadosamente evitando la formación de burbujas y homogeneizar invirtiendo la botella varias veces muy suavemente.
- b) Dejar que el precipitado sedimente (hasta aproximadamente 1/3 de la capacidad de la botella) y adicionar luego 1 mL H_2SO_4 conc. Volver a tapar y mezclar con precaución por inversión varias veces hasta que la disolución sea completa.
- c) Titular un volumen de solución de 200 mL con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N hasta que la solución café se torne amarillo pálido.
- d) Agregar 1 ml de almidón 2% y continuar la valoración hasta la primera desaparición del color azul (despreciar cualquier reaparición del color azul).
- e) Informar la DBO de la muestra expresada como mg O_2/L considerando sólo las diluciones de la muestra cuyo consumo de OD sea mayor de 0,2 mg/L.

2.14.3 Expresión de cálculo

Para el cálculo del OD se considera que, para titular 200 ml de muestra, 1 ml de solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,025 N = 1 mg de OD/L.

$$\text{DBO (mg O}_2/\text{L)} = \frac{(\text{OD}_1 - \text{OD}_5)}{P}$$

OD₁: oxígeno disuelto, mg/L, de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación.

OD₅: oxígeno disuelto, mg/L, de la muestra diluida al 5° día de incubación.

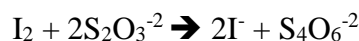
P: fracción volumétrica decimal de muestra usada (ej: 1/300; 3/300; 5/300, etc).

2.15 Determinación de oxígeno disuelto en terreno [28]

2.15.1 Principio y alcance

La prueba de oxígeno disuelto HI-3810 de Hanna puede determinar la concentración de oxígeno disuelto en agua de manera rápida y fácil. El kit es portátil, por ello puede ser utilizado tanto en el campo como en el laboratorio. Su método de análisis se basa en la determinación de oxígeno por el método Winkler.

Se utiliza un método de Winkler modificado. Los iones manganosos reaccionan con el oxígeno en presencia de hidróxido de potasio para formar un precipitado de óxido de manganeso. Hay un azida presente para evitar que los iones de nitrito interfieran con la prueba. Al agregar ácido, el hidróxido de óxido de manganeso oxida el yoduro a yodo. Dado que la cantidad de yodo generado es equivalente al oxígeno en la muestra, la concentración de yodo se calcula mediante la titulación de iones tiosulfato que reducen el yodo a iones yoduro. Esto ocurre a través de las siguientes reacciones:



Este análisis es aplicable para muestras que contengan hasta 10 ppm de O_2 .

2.15.2 Procedimiento [28]

- Enjuague la botella de vidrio 3 veces con una muestra de agua y llénela hasta que se desborde. Inserte el tapón y asegúrese de que una pequeña parte de la muestra se derrame.
- Retire el tapón y agregue 5 gotas de solución de sulfato de manganeso y reactivo de azida alcalina.
- Añadir un poco más de muestra para llenar la botella por completo. Vuelva a tapar la botella con cuidado y asegúrese de que una parte de la muestra se derrame. Esto es para asegurarse de que no haya burbujas de aire atrapadas dentro, lo que corrompería la lectura.
- Invertir varias veces la botella. La muestra se vuelve de color amarillo anaranjado y un precipitado floculante formará si el oxígeno está presente.
- Deje reposar la muestra y el precipitado floculento comenzará a asentarse.

- f) Después de aproximadamente 2 minutos, cuando la mitad superior de la botella se vuelva límpida, agregue 10 gotas de solución de ácido sulfúrico.
- g) Vuelva a tapar la botella e inviértala hasta que todo el material particulado se disuelva. La muestra está lista para la medición cuando está amarilla y completamente límpida.
- h) Retire la tapa del recipiente de plástico. Enjuague el recipiente de plástico con la solución en la botella, llene hasta la marca de 5 ml y vuelva a colocar la tapa.
- i) Agregue 1 gota de indicador de almidón a través del puerto de la tapa y mezcle haciendo girar cuidadosamente el recipiente en círculos cerrados. La solución cambiará de violeta a azul.
- j) Empuje y gire la punta de la pipeta en el extremo de la jeringa con la punta ajustada para asegurar que quede bien apretada. Tome la jeringa de titulación y empuje el émbolo completamente dentro de la jeringa. Inserte la punta en la solución titulante HI3810-0 y extraiga el émbolo hasta que el borde inferior del sello del émbolo quede en la marca de 0 ml de la jeringa.
- k) Coloque la punta de la jeringa en el puerto de la tapa del recipiente de plástico y agregue lentamente la solución de titulación gota a gota, girando para mezclar después de cada gota. Continúe agregando solución de titulación hasta que la solución en el recipiente de plástico cambie de azul a incolora.
- l) Lea los mililitros de la solución de titulación de la escala de la jeringa y multiplique por 10 para obtener mg/L de oxígeno.
- m) Si los resultados son menores a 5 mg / L, la precisión de la prueba se puede mejorar de la siguiente manera. Agregue una cantidad de muestra no utilizada en la botella de vidrio a la marca de 10 ml del recipiente de plástico.
- n) Continúe con la prueba como se describió anteriormente y multiplique los valores en la escala de la jeringa por 5 para obtener mg / L de oxígeno en la muestra.

2.15.3 Expresión de cálculo [28]

$$\text{Oxígeno Disuelto} = \text{ml gasto} * 10 = \text{mg/L O}_2$$

Para muestras con un contenido menor a 5 mg/L utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Oxígeno Disuelto} = \text{ml gasto} * 5 = \text{mg/L O}_2$$

2.16 Demanda Bioquímica de oxígeno en laboratorio (DBO) [29]

2.16.1 Principio y alcance

La DBO mide la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos en la degradación de la materia orgánica mediante procesos de oxidación biológicos aerobios. Se utiliza para medir el grado de contaminación de la muestra y generalmente se realiza posterior a un tiempo de incubación (5 días) para esperar el periodo de descomposición de la materia orgánica.

Durante el proceso de reacción no solo pueden consumir oxígeno las bacterias, ya que la presencia de nitritos o sales amoniacales también pueden ser oxidadas por los microorganismos en la solución, afectando la medición, por lo que se debe prevenir que ocurra esto agregando tiourea como inhibidor.

Este método es aplicable para aguas provenientes de ríos, lagos o cualquiera que tenga cierto contenido de materia orgánica.

2.16.2 Procedimiento [29]

Toma de muestra y almacenamiento:

Las muestras deben ser analizadas inmediatamente después de su recogida, de lo contrario es necesario almacenarlas a, o bajo 4 °C, hasta su análisis.

Preparación de agua de dilución:

- a) En una botella de vidrio o polietileno limpia, colocar 1 L de agua destilada.
- b) Agregar 1 mL de cada una de las siguientes soluciones: CaCl_2 2,75%; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 2,25%; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,025% y tampón fosfato pH 7.
- c) Llevar la solución a la temperatura de 20 °C y saturar con oxígeno mediante agitación o aireación por 15 minutos. Mantener tapada hasta su uso.

Control del agua de dilución:

- a) Tomar 2 botellas de DBO limpias y secas y llenar ambas con agua de dilución. Para evitar que entre aire dentro de la botella durante la incubación, se debe emplear un sello de agua. Esto se logra llenando la botella completamente hasta rebalse y poniendo cuidadosamente la tapa de modo que al tajarla se desplace el exceso de agua sin dejar burbujas. Cubrir el sello de agua con una cubierta de

plástico, o una caperuza de papel de aluminio, para evitar la evaporación del agua durante la incubación.

- b) Medir el OD inicial a una botella.
- c) Incubar la otra botella a 20 °C por 5 días y medir el OD final al 5° día.
- d) El oxígeno consumido entre el 1° y 5° día no debe ser mayor de 0,2 mg/L.

Preparación de la muestra:

- a) Neutralizar las muestras a pH 6,5 a 7,5 con H₂SO₄ 1N o NaOH 1N según corresponda. Procurar no diluir la muestra más que 0,5 %.
- b) Con una pipeta de punta ancha, tomar en duplicado un volumen de muestra (según indicaciones) homogeneizada y llevar a las botellas de DBO de capacidad conocida (limpias y secas) que contengan agua de dilución.
- c) Llenar las botellas con suficiente agua de dilución, de tal modo que la inserción del tapón desplace todo el aire, sin dejar burbujas.
- d) Marcar cada duplicado con “muestra inicial” y “muestra final”
- e) Medir el OD a la botella marcada con “muestra inicial”.
- f) Incubar la botella marcada con “muestra final” a 20 °C por 5 días.
- g) Medir el OD final al 5° día.

2.16.3 Demanda Bioquímica de oxígeno en terreno

No se realiza medición en terreno de DBO por no tener la misma muestra para realizar el análisis

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3 RESULTADOS

3.1 Resultados de análisis en terreno, lago Toro, PNH.

A continuación en la Tabla 3.1 se muestran los resultados de los análisis realizados al agua del Lago Toro, PNH en terreno.

Tabla 3.1- Resultados de calidad de agua de lago Toro realizados en terreno.

Parámetro	M4A	M4B	M4C	M4D
Dureza (ppm CaCO ₃)	36	60	18	81
Alcalinidad T (ppm CaCO ₃) FF	31	25	35	34
	<15 ppm	<15 ppm	<15 ppm	<15 ppm
OD (ppm O ₂)	5,8	6,2	7,5	6,0
Coliformes T F	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
pH	7,43	8,09	7,54	7,19
Temperatura (°C)	16,2	15,8	16,3	15,6
CE (µS/cm)	21	22	21	21
SDT (ppm)	11	11	11	11
Fosfato (ppm)	<1 ppm	<1 ppm	3	1
Nitrato (ppm)	<10 ppm	<10 ppm	<10 ppm	<10 ppm
Acidez NM FF	<25 ppm	<25 ppm	<25 ppm	<25 ppm
	5	5	4	4
Dióxido de Carbono (ppm)	3	3	3	2,3

Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la Tabla 3.2 se muestran los resultados de los análisis realizados al agua del Lago Toro, en laboratorio.

Tabla 3.2- Resultados calidad de agua de lago Toro realizados en laboratorio.

Parámetros		Muestras							
		Analista 1				Analista 2			
		M1A	M1B	M1C	M1D	M2A	M2B	M2C	M2D
Dureza total (ppm CaCO ₃)		14	12	12	10	12	12	14	8
		14	14	14	14	16	14	12	14
Alcalinidad (ppm CaCO ₃)	T	6	7	6	6	6	7	6	6
		7	6	5	6	6	6	6	6
	FF	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
		<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
OD (ppm O ₂)	OD ₁	7,8	7,9	8,1	8,0	8,2	8	8	8,1
	OD ₅	7	7,2	7,3	7,4	7,1	7,2	7,2	7,2
DBO (ppm O ₂)		240	210	300	210	240	270	240	270
pH		7,88	7,56	5,54	5,83	7,43	7,12	5,57	5,74
Temperatura °C		19,8	20,1	20,5	20,1	20	19,6	20,3	20,6
CE (µS/cm)		21,91	21,61	21,39	21,71	26,24	29,11	21,49	21,05
SDT (ppm)		20	10	<0,001 µS/cm	20	20	30	10	50

DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en terreno y en laboratorio de los análisis realizados a las 4 muestras de cuatro estaciones diferentes (A, B, C y D) del agua del Lago Toro, se puede decir que serán comparados con la Normativa vigente Chilena, como es la Norma Ch1333, of. 78 de tipos de agua según su uso, para aguas de uso recreativo con contacto directo, estos parámetros son: pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales y presencia de Coliformes fecales.

Además se consideran otros parámetros como: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno disuelto, dureza, alcalinidad, acidez, metales pesados, coliformes totales, fosfatos y nitratos, los cuales también se comparan con Normativa vigente para este tipo de agua.

pH: El pH obtenido en el análisis en terreno para la muestra N°4 de las estaciones (A, B, C y D) fue de 7,43; 8,09; 7,54 y 6,0 respectivamente, mientras que los resultados obtenidos en laboratorio para las muestras 1 y 2, también de las cuatro estaciones (A, B, C y D) fue de: 7,88; 7,56; 5,54 y 5,83 para la muestra N°1 y para la muestra N°2 fue de: 7,43; 7,12; 5,57 y 5,74 respectivamente. Según estos resultados, se puede decir que si se compara con la Norma Chilena 1333 of. 78, ésta indica que para aguas de uso recreacional con contacto directo, el pH debe estar dentro del rango de 5,0 a 9,0; por lo que, para los resultados obtenidos en terreno, estos cumplen con la norma establecida según el tipo de agua que se analiza, mientras que si bien en laboratorio en las muestras 1 y 2 de las cuatro estaciones, dieron resultados similares dan cuenta que, en las estaciones A y B también cumplen con lo normado, pero no ocurre lo mismo en el caso de las estaciones C y D de ambas muestras, que tienen una clara desviación de los otros valores, lo que puede deberse a un error en el transporte, manipulación y toma de muestra, o un mal almacenamiento, quedando expuesta a posibles contaminantes que pudieron haber alterado un resultado óptimo, que al haber variado su composición, afectó la medición, aunque de igual forma queda dentro de la norma establecida.

Conductividad eléctrica: La CE, entrega de manera directa la presencia de iones disueltos en el agua, los cuales indican fuentes de contaminación o problemas de salinidad en la muestra, según los resultados obtenidos en terreno fue de: 21, 22, 21 y 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para los 4 puntos en las estaciones (A, B, C y D) respectivamente; mientras que los resultados obtenidos en el laboratorio fue de: 21,91; 21,61; 21,39 y 21,71 para la muestra N°1 en las cuatro estaciones (A, B, C y D) respectivamente; y para la muestra N°2 los resultados fueron de: 26,74; 29,11; 21,49 y 21,05 para las 4 estaciones respectivamente.

Teniendo estos resultados se puede decir que, tanto en los valores obtenidos en terreno como en laboratorio, son bastante similares entre sí, existiendo poca variación, y que si se compara con la CE de distintos tipos de aguas, todos los resultados obtenidos se acercan al valor tabulado de CE del agua destilada ($0,55 \mu\text{S}/\text{cm}$), indicando que se trata de un agua con muy poca o casi nada de iones disueltos en ella, y que se puede considerar un agua pura, por su baja CE, negando presencia de contaminantes cercanos.

Temperatura: Este parámetro tiene mucha importancia, ya que, de no estar dentro de los rangos normales para este tipo de aguas, puede afectar factores como, la solubilidad del Oxígeno disuelto y este a su vez afectar la vida acuática de las especies que vivan en el lago y por otro lado, puede afectar el pH de las muestras obtenidas.

Según la Norma Chilena 1333 of. 78 indica que la temperatura del agua de uso recreativo con contacto directo, no puede sobrepasar los 30°C , lo que está muy por sobre los valores que se obtuvo en terreno mediante el kit multiparámetro Hanna HI 98312, que fue de: $16,2^{\circ}\text{C}$; $15,8^{\circ}\text{C}$; $16,3^{\circ}\text{C}$ y $15,6^{\circ}\text{C}$ para la muestra N°4 en las estaciones A, B, C y D respectivamente, por lo que, la temperatura está dentro de lo esperado, según el tipo de agua analizada, no afectando otras variables, ni causando deficiencias en la disponibilidad del Oxígeno disuelto. En cuanto a los resultados obtenidos en laboratorio, se debe decir que esto no debió haberse realizado, ya que no es representativa, debido a que no se mide bajo las mismas condiciones que en terreno, pero se hizo a modo comparativo.

Sólidos disueltos totales: Los resultados obtenidos en terreno mediante el uso del kit multiparámetro Hanna HI 98130 en la muestra N°4 en las estaciones A, B, C y D fue de 11 ppm para los cuatro puntos antes mencionados, mientras que los resultados en el laboratorio para las muestras número 1 y 2 para las cuatro estaciones fue de: 20, 10, < 1 y 20 para la muestra 1, en cuanto a la muestra 2 los resultados fueron de: 20, 30, 10 y 50 ppm ambas en las estaciones A, B, C y D. Según estos resultados, se puede decir que, la cantidad obtenida es muy baja, lo que implica que no es suficiente como para afectar la salinidad del agua, ni sus características organolépticas. Además este parámetro es un indicador de la calidad del agua, que al tener baja presencia de sólidos, es menor el riesgo de consumo humano, ya que está muy por debajo de las 500 ppm como máximo que debe tener según la norma internacional que dicta la EPA.

Coliformes fecales: Para la medición de este parámetro, se utilizó un kit de terreno marca Yalitech [2], la cual detecta presencia o ausencia de bacterias Coliformes totales y fecales en agua, las cuales serán detectadas si están presentes en cantidades superiores o inferiores a 20 colonias por cada 100 mL de agua en 48 hrs.

Para este parámetro, la norma indica que el máximo de bacterias Coliformes fecales, es de 1000 UFC/100 mL de muestra, y los resultados obtenidos fue que se no se detectó

presencia de la bacteria por cada 10 mL de muestra de agua del lago Toro analizada, por lo que cumpliría con lo normado, estando libre de contaminación si se requiriera para su consumo, o tener contacto directo con ella; vale decir que, este análisis fue realizado solo en terreno, debido a falta de un transporte que asegurara las condiciones necesarias y óptimas para que el análisis no tuviera errores.

Si bien se puede decir que tiene muy poca o casi nada de presencia de bacterias, no significa que no haya en su totalidad presencia de ellas en el agua, sino que solo está bajo el límite de detección del equipo con el que se midió, por lo que no es capaz de cuantificarlas.

Acidez: Los resultados obtenidos para la muestra N°4 de las estaciones A, B, C y D fueron de: 5, 5, 4 y 4 ppm CaCO_3 , respectivamente. Según los datos obtenidos luego del análisis, se puede decir que, la muestra de agua se condice con los resultados obtenidos en la medición de pH, ya que indica que indica la baja o insignificante presencia de ácidos minerales u orgánicos, que pueden contribuir a aumentar la acidez de la muestra, lo que no ocurre en este caso, por lo que se tiene una agua con un pH alcalino y nula acidez total o (acidez Naranja de Metilo).

Este análisis solo se lleva a cabo en terreno, debido a que la mochila cuenta con el equipo necesario para esto.

Alcalinidad: Se mide la alcalinidad FF y total de la muestra N°4 de las estaciones A, B, C y D, la cual fue medida en terreno obteniendo los siguientes resultados para alcalinidad FF: no es detectable, ya que es bajo el límite de detección del método, mientras que para alcalinidad total los resultados son: 31, 25, 35 y 24 ppm CaCO_3 , respectivamente. Mientras que, en el análisis realizado en el laboratorio, en las muestras N°1 de las estaciones A, B, C y D son: alcalinidad FF = 0, para todas las muestras, alcalinidad total para la primera medición es de: 6, 7, 6 y 6 ppm CaCO_3 y para el duplicado es de: 7, 6, 5 y 6 ppm CaCO_3 respectivamente, en las muestras N°2 para cada estación los resultados son: alcalinidad FF = 0 para todas las muestras y para alcalinidad total de la primera medición es de: 6, 7, 6 y 6 ppm CaCO_3 y para el duplicado es de: 6 ppm CaCO_3 para todas las muestras.

Si se compara la alcalinidad obtenida para esta agua, se puede decir que son bajos en comparación de la alcalinidad del agua potable, que dice que ocasionalmente es mayor a 300 ppm de CaCO_3 , en cuanto a los resultados obtenidos en terreno, se observa que son notoriamente más altos que los obtenidos en laboratorio, debido a la baja sensibilidad del método utilizado, ya que es más impreciso en este caso, aumentando el riesgo de errores en el resultado final, entregando valores mucho mayores de los reales.

Metales pesados: Se realiza un análisis previo como un barrido, para ver que metal está en mayor cantidad, o en una cantidad significativa en la muestra sin ningún tratamiento previo, esto indicó que no había presencia de ningún metal en gran cantidad como para realizar curvas de calibración para el análisis, por lo que se concluye que el resultado es no detectable, por lo que se puede presumir que no hay presencia de metales que pudieran afectar de manera importante la muestra.

Nitratos y Fosfatos: Los resultados obtenidos en terreno para la muestra N°4 de las estaciones A, B, C y D son: ND, ND, 3 y 1 ppm PO_4^{3-} respectivamente, y para Nitratos: ND ppm NO_3^- para todas las muestras N°4 de cada estación. De tener presencia de estos nutrientes, indicarían posible contaminación con fertilizantes y abonos, para el caso de los nitratos, en cuanto a los fosfatos se puede decir que la presencia de este nutriente es vital para organismos vivos, y que pueden ser detectados en aguas naturales y residuales, según lo antes expuesto, y observando los resultados obtenidos, que la cantidad de Nitratos está fuera del rango que puede medir el test para terreno, por lo que la prueba no es concluyente y habría que utilizar otro método para obtener un resultado más fiable; y para el resultado de presencia de Fosfatos en la muestra, indica baja o nula presencia de este en ella, por lo que también se recomienda analizar mediante otra técnica para obtener un resultado con una mayor precisión.

Dureza: Los resultados obtenidos en terreno para la muestra N°4 en las estaciones A, B, C y D son: 36, 60, 18 y 81 ppm CaCO_3 respectivamente, y los resultados obtenidos en el laboratorio para las muestras 1 y 2 en las estaciones A, B, C y D son: 14, 12, 12 y 10 ppm CaCO_3 para la primera medición, y para el duplicado son: 14 ppm CaCO_3 para todas las muestras N°1, para las muestras N°2 en la primera medición los resultados son: 12, 12, 14 y 8 ppm CaCO_3 , para el duplicado los resultados son: 16, 14, 12 y 14 ppm CaCO_3 respectivamente.

En cuanto a estos resultados, en los análisis realizados en terreno, se puede decir que hay una diferencia significativa en los resultados contra los valores obtenidos en el laboratorio, esto se puede deber a un error en el equipo al momento de leer, ya que lee en un rango de 0 a 10 ppm más que el valor real, generando errores en el resultado final, no así con los valores que se obtienen en el laboratorio, que tienen una mayor precisión que el kit en terreno, minimizando errores que se generan en terreno al no tener las condiciones óptimas para un buen análisis, o el cuidado necesario al momento de llevar a cabo el análisis. En cuanto a la clasificación del agua según los valores obtenidos, se puede decir que es una agua de carácter muy blanda, por lo que no tiene alta cantidad de iones Ca y Mg que pudiesen no generar espuma o formar precipitados.

Oxígeno disuelto: Es necesario para la vida de los peces y otros organismos acuáticos. El oxígeno es moderadamente soluble en agua, dependiendo la solubilidad de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica: disminuye cuando aumenta la temperatura y la salinidad, y cuando disminuye la presión atmosférica. La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces, a saturación y al nivel del mar, según los resultados obtenidos en terreno para la muestra N°4 de las estaciones A, B, C y D son: 5,8; 6,2; 7,5 y 6 ppm O₂, este análisis solo se lleva a cabo en terreno, ya que no se fijó el oxígeno en las botellas como para realizar el posterior análisis en el laboratorio.

Si bien los valores obtenidos, no son altos, tampoco se puede asegurar que sea un análisis correctamente hecho, ya que para el caso de este parámetro, el kit en terreno que trae la mochila Hanna backpack lab, no tiene la precisión ni exactitud óptima según la verificación y calibración hecha por dos analistas en su trabajo de título [19] , donde concluyeron que para un correcto resultado sería recomendable analizar si o si en el laboratorio con todo lo necesario para realizar una comparación que sea más fiable para poder llegar a una mejor conclusión de este caso, ya que es un parámetro completamente fundamental para el estudio y creación de líneas bases ambientales para aguas superficiales.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo realizado en este estudio se puede concluir que los objetivos propuestos se logran con éxito.

Se logra tomar las muestras de agua del lago Toro, permitiendo su análisis inmediato con la ayuda de los kits de análisis de aguas que vienen dentro de la mochila Hanna Backpack Lab HI3810BP [2], además se recolectan muestras de aguas de cuatro puntos diferentes del lago Toro, para poder analizarla en el laboratorio del departamento de Química y Medio Ambiente de la USM, Viña del Mar los que se realizan mediante procedimientos estandarizados para cada parámetro. Con los resultados de ambos análisis se comparó y se pudo verificar que la diferencia entre los datos entregados por los kits de análisis de aguas en terreno y los del laboratorio tienen una baja diferencia entre ellos, indicando que el utilizar esta técnica para medir los parámetros de calidad de aguas son fiables y con bajo porcentaje de error.

Este análisis permite caracterizar correctamente el agua del lago Toro, concluyendo que la calidad de ella está dentro de la Norma NCh 1333 Of.78, y que no representa peligro alguno para la biodiversidad que sustenta ni tampoco para los visitantes del parque.

La logística previa va a depender de qué se quiere medir y dónde se llevará a cabo, lo que idealmente se sugiere que se realice en los puntos analizados en este trabajo, además de agregar más puntos de diferentes áreas del lago Toro, para ir complementando la caracterización del agua.

Para una correcta recopilación de datos, es que se sugiere hacer un diseño de muestreo previo, el cual deberá incluir la duración de los muestreos, frecuencia, registro, los equipos necesarios, los parámetros a analizar, los métodos a emplear para análisis en terreno y donde se contrastarán los resultados, además de contar con el equipamiento necesario para la estadía dentro del parque, lo que dependerá de la estación del año en la que se realice el muestreo siendo ideal que sea dentro de la época primavera-verano.

Para poder registrar los puntos específicos de muestreo se hace necesario contar con un equipo de geolocalización satelital que entregue las coordenadas geográficas exactas de cada punto, además del trayecto necesario para llegar hasta el lago Toro.

REFERENCIAS

- [1] Kit Educativo de Pruebas Backpack Lab® para la Calidad del Agua - HI3817BP. <https://hannachile.com/hi3817bp-kit-educacional-de-pruebas-backpack-lab-para-la-calidad-del-agua.html>
- [2] Kit Para Detección De Bacterias En Agua. <http://www.yalitech.cl/3048-kit-para-deteccion-de-bacterias-en-agua>
- [3] SNASPE. <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/prevencion/proteccion-snaspe/>
- [4] Quinto Reporte del Estado del Medio Ambiente 2019. <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/12/REMA-2019-comprimido.pdf>
- [5] Características de una línea base. <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/12/REMA-2019-comprimido.pdf>
- [6] Parque Nacional Huerquehue. <http://villarrica.uc.cl/parque-nacional-huerquehue>
- [7] Coordenadas de ubicación PNH. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105054/castillo_b.pdf?sequence=3&isAllowed=y p18, sección 4.1.
- [8] Senderos PNH. <https://www.campingolga.com/parque-nacional.html>
- [9] Clima PNH. https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1382465991PNHuerquehue.pdf. p11, sección 1.2
- [10] Flora PNH. <http://parque-huerquehue.blogspot.com/>
- [11] CONAF. <https://www.conaf.cl/quienes-somos/mision-y-objetivos/>
- [12] Norma Chilena Oficial 1333 Of78 https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf
- [13] Medidor de pH, EC/TDS y temperatura resistente al agua. HI98130. http://cdn.hannachile.com/hannacdn/support/manual/2012/10/20140709180945-manual_hi-98129_hi-98130.pdf
- [14] Thermo Scientific Orion Star serie A212. https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/UserManual_StarA210Meters_Spanish.pdf

- [15] Determinación de Dureza en aguas. https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-hardness-standard-methods-white-paper.pdf
- [16] Alcalinidad en aguas. https://es.wikipedia.org/wiki/Alcalinidad_del_agua
- [17] Determinación de Oxígeno disuelto en aguas. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Ox%C3%ADgeno+Disuelto+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/9d532efc-805a-4561-94db-a82649af5f91>
- [18] Determinación de DBO en aguas. https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-biochemical-oxygen-demand-white-paper.pdf
- [19] Verificación de la calidad de la mochila ‘Hanna backpack lab’ de análisis de agua y uso en terreno. <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/47874>
- [20] Análisis químico de composición de aguas naturales para establecer línea base en lago toro del parque nacional huerquehue. <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47876/3560901064601UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] <http://ines.dgiip.usm.cl/wp-content/uploads/2018/07/Resultadosfase2.pdf>
- [22] Guía Laboratorio de Análisis Industrial I. Análisis de Aguas. Determinación de Dureza. María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.
- [23] Análisis de dureza en terreno. https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/instrucciones/instrucciones_kit_analisis_dureza_hi3812.pdf
- [24] Guía Laboratorio de Análisis Industrial I. Análisis de Aguas. Determinación de Alcalinidad. María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.
- [25] Test kit de alcalinidad. <https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/support/manual/2012/10/20140707112234-manual-hi-3811.pdf>
- [26] Guía Laboratorio de Análisis Industrial I. Análisis de Aguas. Determinación de metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA). María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.

[27] Guía Laboratorio de Análisis Industrial. Análisis de Aguas. Determinación de Sólidos. María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.

[28] Test kit oxígeno disuelto.
https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/support/manual/2012/10/20140707114030-manual_hi-3810.pdf

[29] Guía Laboratorio de Análisis Industrial. Análisis de Aguas. Determinación de parámetros indicativos de contaminación orgánica. María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.

ANEXOS

PROYECTO FSM1402_S_06)]

[ANEXO 1-1: ADJUDICACIÓN PROYECTO FSM1402_S_06]



Proyecto PMI InES FSM 1402
Innovación basada en ciencia



**CONCURSO GENERANDO ECOSISTEMAS DE INNOVACIÓN (2DA
VERSIÓN) – SEDE VIÑA DEL MAR
RESULTADOS 1ERA FASE**

Proyectos que pasan a 2da fase:

Código	Título del proyecto
FSM1402_S_01	Diseño y fabricación de prototipo de compostera automatizada para uso doméstico.
FSM1402_S_02	Limpieza autónoma de paneles solares(LAPSO).
FSM1402_S_03	Investigación y validación de materiales para taladro quirúrgico de uso neurólogo veterinario.
FSM1402_S_04	Diseño de carcasa con soporte para cargador híbrido de smartphones.
FSM1402_S_05	Diseño de maleta contenedor del equipo para el buceo de caza submarina.
FSM1402_S_06	Levantamiento de Línea Base Medio Ambiental en Aguas Naturales.
FSM1402_S_07	Diseño y fabricación de ortesis para disminuir las dolencias en articulaciones en jugadores de videojuegos de PC.
FSM1402_S_08	Re-diseño funcional de "hexágono de flotación" para disminuir la evaporación de agua en tranques de relave en la minería.
FSM1402_S_11	Material aislante termoacústico ignífugo a base de Tetra Pak reciclado (AislaTeck).
FSM1402_S_12	Diseño de Sistema de Geolocalización personal para extravío de Adultos Mayores.
FSM1402_S_13	Optimización de diseño de packaging tipo clamshell.
FSM1402_S_14	Fabricación de tecnología de reconstitución automatizada de alimento liofilizado pulverizado para aplicaciones de impresión 3D.

Proyectos que NO pasan a 2da fase

Título del proyecto
Fabricación de impresora 3D de comida.
Thinking Ecopallet.
Extrusor de Pellet para FDM.

[ANEXO 1-3: ITINERARIO PRIMERA VISITA A PNH]

IDA: Viña del Mar/Pucón		
Martes 16 octubre	Horario Salida	Presupuesto Carrera de Química
Transfer UTFSM Sede Viña del Mar a Aeropuerto de Santiago	10:30	Transporte
Vuelo Santiago – Temuco	13:30	
Transfer Aeropuerto de Temuco a Pucón	15:30	Transporte
Check-in Hospedaje Pucón	17:00	Reservar 2 noches para 8 personas (16 y 17) https://www.hostalkutralwe.com/
Comida		Alimentación

Pucón/PNH		
Miércoles 17 octubre	Horario Salida	Presupuesto Carrera de Química
Transfer de Hostal Pucón a PNH	07:00	Transporte
Reunión, reconocimiento y muestreo inicial	09:00	
Transfer de PNH a Hostal Pucón	20:00	Transporte
Comida		Alimentación

VUELTA: PNH/Viña del Mar		
Jueves 18 octubre	Horario Salida	Presupuesto Carrera de Química
Check-out Hospedaje Pucón	07:30	
Transfer Pucón a Aeropuerto de Temuco	08:00	Transporte
Vuelo Temuco – Santiago	11:30	
Transfer Aeropuerto de Santiago a UTFSM Sede Viña del Mar	13:30	Transporte

[ANEXO 1-4: ITINERARIO SEGUNDA VISITA A PNH]

IDA: Viña del Mar/PNH		
Lunes 17 diciembre	Horario Salida/Llegada	Presupuesto
Bus Viña del Mar a Pucón	20:30/9:00	Transporte – PMI
Martes 18 diciembre		
Compra alimentos	9:30/12:00	
Bus Pucón a PNH <i>Desde Pucón: 08:30, 13:00, 16:00 hrs. (durante todo el año)</i>	13:00/14:00	
Reunión e ingreso	14:30/15:00	“Baño – Ducha”
Trekking subida a Lago Toro	15:30/18:30	
Instalación de campamento	18:30/19:00	
Cena	19:00/20:00	Fideos con crema, té o café, sopa (una olla + cocinilla), aceite, ajo, sal, azúcar
Planificación de toma de muestras	20:00	

PNH		
Miércoles 19 diciembre	Horario Salida/Llegada	
Desayuno	07:00/08:00	Té o café, pan con queso y jamón, galletas
Reconocimiento, identificación de puntos de muestreo, muestreo y análisis en terreno, toma de muestras para laboratorio y conservación de muestras	08:30/13:00	Gorrito y bloqueador solar
Merienda	13:00/14:00	Pan y fruta
Muestreo y análisis en terreno, toma de muestras para laboratorio y conservación de muestras	14:00/18:00	
Cena	18:30/19:30	Arroz con atún/choritos, té o café, sopa (una olla)
Reunión de cierre de jornada	20:00	

VUELTA: PNH/Viña del Mar		
Jueves 20 diciembre	Horario Salida/Llegada	Presupuesto
Desayuno	07:00/08:00	Té o café, pan con queso y jamón, galletas
Trekking bajada a oficina del Parque	08:30/12:30	
Reunión de despedida y agradecimientos	13:00/14:00	“Baño - Ducha”

Bus PNH a Pucón <i>Desde Huerquehue: 09:30, 14:10, 17:10 hrs. (durante todo el año)</i>	14:10/15:10	Transporte – PMI
Comida y Recreación	16:00/17:00	
Bus Pucón a Viña del Mar	19:35/08:00	
Viernes 21 diciembre		
Llegada a Terminal de Viña del Mar	08:00	

[ANEXO 1-5: AUTORIZACIÓN CONAF]



CHILE LO
HACEMOS
TODOS



DEPTO. AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS
REGION DE LA ARAUCANIA
BGL. MSM

Autorización N° 12/2018 IX

Autorización para realizar actividades de Investigación en el Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado

La Corporación Nacional Forestal, CONAF, autoriza a (nombre)
Gonzalo Sepúlveda Ramírez

Pasaporte N°: 16.277.705-K

Dirección Laboral:

Avenida Federico Santa María 6090, Santiago, teléfono de contacto: +569-8565598; correo electrónico: gonzalo.sepulvedara@usm.cl

Dirección particular:

Calle Eleuterio Ramírez 1248

Nombre del proyecto:

Levantamiento de Línea Base Medio Ambiental en Aguas Naturales

Patrocinado por:

Universidad Técnica Federico Santa María

Y a los investigadores asociados a dicho proyecto:

María Constanza Bustos Toledo, maria.bustost@sansano.usm.cl, Estudiante T.U. en Química

Sara Teresa Ortega Araya saritaortega@live.cl Estudiante T.U. en Química

Simón Andrés Rivera Rojas simon.riverar@sansano.usm.cl, Estudiante T.U. en Control del Medio Ambiente

Javiera Constanza Benni Montecino, benni.javiera@gmail.com Estudiante T.U. en Control del Medio Ambiente

Profesor Manuel Saavedra.

Técnico Melanie Benni.

Documento del proyecto: Se adjunta

Carta de compromiso: Se adjunta

Curriculum resumido: Se adjunta

Realizar las siguientes actividades individualizadas en la solicitud de investigación presentada a esta Corporación:

Objetivo General del Proyecto:

El proyecto tiene como propósito levantar una línea base de aguas naturales que permita el conocer las variables químicas y microbiológicas de la Laguna Toro del Parque Nacional Huerquehue, IX Región, producto de cambios climáticos y fenómenos naturales.

Objetivos específicos

Establecer un procedimiento de muestreo de aguas naturales que sea replicable en otros Parques, Reservas y/o Monumentos Naturales que alberga el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

Breve descripción de las actividades a realizar en las ASPE

Objetivo de la colecta

Realizar toma de muestra de agua en la Laguna Toro. Con el propósito de ser responsable en la toma de muestras es que se pretende ir un día a hacer reconocimiento de la Laguna, identificando zonas aptas para muestreo, tomando las medidas de seguridad correspondientes, y marcando los puntos con el GPS.

Cantidad y tipo de material para cada uno de los taxa a coleccionar

"El proyecto contempla tomar muestra de 2 litros de agua por punto de muestreo. Interesa que por lo menos se pueda acceder a 4 puntos."

Métodos de colecta

Se trabajará en función de:

- Norma Chilena Oficial N°1333
- Manual de Normas y Procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, DGA
- Manual Operativo de la Norma de Muestreo de Aguas Residuales NCh 411/10 – 2005
- Kit de medición en terreno (incluye bidón para almacenar residuos)

En las siguientes Unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas Parque Nacional Huerquehue.

Durante el periodo comprendido: 16 de octubre 2018 y 20 de octubre de 2018

1.- El investigador se compromete entregar a esta Jefatura un Informe Técnico en octubre del año 2019. Además, de publicaciones o separatas que se hayan producido como consecuencia de los resultados obtenidos en esta investigación.

- 2.- Con el propósito de supervisar las actividades de terreno, El o los investigadores deberá (n) ser acompañado (s) por el administrador de la Unidad o por el Sr. Guardaparque que sea designado por aquel y/o por personal técnico del Depto. Áreas Silvestres Protegidas.
- 3.- Mediante una breve charla, dirigida a los Guardaparques de la Unidad, el Investigador principal o quien lo reemplace deberá señalar resumidamente en que consiste el proyecto que se va realizar y los resultados esperados de los estudios.
- 4.- Los trabajos que se publiquen con los antecedentes obtenidos en este proyecto de investigación deberán consignar las Áreas Silvestres Protegidas donde dichos antecedentes fueron obtenidos y agradecer a la Corporación Nacional Forestal por el permiso otorgado.
- 5.- De acuerdo al compromiso contraído por el investigador en su solicitud de investigación, éste declara conocer y se compromete a cumplir las normas del Reglamento sobre Proyectos de investigación en Áreas Silvestres Protegidas del Estado, especialmente aquellas referidas a la entrega de informes de actividades y eventuales separatas de trabajos publicados.
6. La no entrega al cabo de 1 año de finalizada la investigación, de los informes de terreno, se negará la autorización a los investigadores de la Universidad Técnica Federico Santa María, para realizar nuevas estudios en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, hasta que no se envíen los informes pertinentes.
- 7.- El investigador desarrollará sus actividades a su propio riesgo y declara expresamente que exime de toda responsabilidad a CONAF, por toda contingencia o accidente, cualquiera fuera su causa y efecto, que comprometan al investigador o a su equipo de trabajo.
- 8.- El investigador se compromete a obtener cualquier otro permiso requerido por la legislación chilena para el desarrollo de sus actividades.
- 9.- La Corporación otorgará entrada liberada a las Areas Silvestres Protegidas del Estado en estudio, al investigador principal y asociados y apoyo por el personal de Guardaparques en la medida que ello fuese factible.



RICARDO CRISOSTOMO HENRIQUEZ
 JEFE REGIONAL (I)
 DEPARTAMENTO ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS

Temuco, 08 de octubre de 2018

[ANEXO 1-6: AMPLIACIÓN AUTORIZACIÓN CONAF]



CHILE LO
HACEMOS
TODOS



DEPTO. DE AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS
REGION DE LA ARAUCANIA
AMPLIACION AUTORIZACION N° 08/2018 IX
BGL MSM.

**AMPLIACION DE AUTORIZACION N° 12/2018 IX PARA REALIZAR
ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN EL SISTEMA NACIONAL DE AREAS
SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO**

La Corporación Nacional CONAF, Región de La Araucanía autoriza al Sr. Gonzalo Sepúlveda Ramírez, Docente Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Química y Medio Ambiente, Viña del Mar, Región de Valparaíso, Chile. Teléfono: 982565598.

Pasaporte: N° 16.277.705-K

Domiciliado en: Eleuterio Ramírez 1248, Quilpué.

Nombre del Proyecto: Levantamiento de Línea Base Medio Ambiental en Aguas Naturales

Patrocinado por:

Universidad Técnica Federico Santa María

Y a los investigadores asociados Sres.:

- María Constanza Bustos Toledo (memorista UTFSM)
- Sara Ortega Araya (memorista UTFSM)
- Constanza Castro Labra (memorista UTFSM) – sustituto de Javiera Benni
- Simón Rivera Rojas (estudiante UTFSM)
- Javiera González Quiroz (estudiante UTFSM) – sustituto de Melanie Benni
- Manuel Saavedra González (docente UTFSM)

Para realizar las siguientes actividades individualizadas en la solicitud de investigación presentada a esta corporación.

Objetivo: Levantar una línea base de aguas naturales que permita conocer las variables químicas y microbiológicas de la Laguna Toro del Parque Nacional Huerquehue, IX Región, producto de cambios climáticos y fenómenos naturales.

Las actividades a realizar son:

1. Se identificarán 4 puntos de muestreo de agua en Laguna Toro, de cada punto se tomarán 4 muestras de 1L c/u para análisis en laboratorio USM (3 analistas), además se tomará una muestra adicional de 1L para análisis en terreno, por punto de muestreo. En total se trabajará con 20L de agua de la Laguna.

Durante el período comprendido entre 18 de diciembre 2018 y 20 de diciembre 2018.

El informe final de los análisis deberá ser entregado durante el primer semestre de 2019. Además, durante el 2019 se realizarán 3 memorias en relación a dicho proyecto.

1. Con el propósito de supervisar las actividades de terreno, El o los investigadores deberá (n) ser acompañado (s) por el administrador de la Unidad o por Sr. Guardaparque que sea designado por aquel y/ personal técnico del Depto. Áreas Silvestres Protegidas.
2. Mediante una breve charla, dirigida a los Guardaparques de la Unidad, el investigador principal o quien lo reemplace deberá señalar resumidamente en qué consiste el proyecto que se va a realizar y los resultados esperados de los estudios.
3. Los trabajos que se publiquen con los antecedentes obtenidos en este proyecto de investigación deberán consignar las Áreas Silvestres Protegidas donde dichos antecedentes fueron obtenidos y agradecer a la Corporación Nacional Forestal por el permiso otorgado.
4. De acuerdo al compromiso contraído por el investigador en su solicitud de investigación, este declara conocer y se compromete a cumplir las normas del Reglamento sobre Proyectos de investigación en Áreas Silvestres Protegidas del Estado, especialmente aquellas referidas a la entrega de informes de actividades y eventuales separatas de trabajos publicados.
5. La no entrega al cabo de 1 año después de finalizada la investigación, de los informes de terreno, se negará la autorización a los investigadores de la Universidad Técnica Federico Santa María, para realizar nuevos estudios en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, hasta que no se envíen los informes pertinentes.
6. El investigador desarrollará sus actividades a su propio riesgo y declara expresamente que exime de toda responsabilidad a CONAF, por toda contingencia o accidente, cualquiera fuera su causa y efecto, que comprometan al investigador a su equipo de trabajo.
7. El investigador se compromete a obtener cualquier otro permiso requerido por la legislación chilena para el desarrollo de sus actividades.

8. La Corporación otorgara entrada liberada a las Áreas Silvestres Protegidas del estado en el estudio, al investigador principal y asociados y apoyo por el personal de Guardaparques en la medida que ello fuese factible.



RICARDO CRISOSTOMO HENRIQUEZ

(JEFE REGIONAL (I))

DEPARTAMENTO ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS

Temuco, 14 de diciembre de 2018

.[ANEXO 1-7: ACTA VISITA 1]

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y MEDIO AMBIENTE SEDE VIÑA DEL MAR "JOSÉ MIGUEL CARRERA"	VERSIÓN:
	CÓDIGO:
	PÁGINA: 1/2
QUÍMICA MENCIÓN QUÍMICA ANALÍTICA	

ACTA DE REUNIÓN	
Lugar: <i>PAU INDEPENDIENTE</i>	Acta No
Encargada: <i>ADMINISTRACION DEL CHILE</i>	Fecha: <i>11/10/2016</i>
Representante USM: <i>GUILLERMO SEPULVEDA</i>	Hora inicio: <i>10:00</i> Fin: <i>14:00</i>
Cargo USM: <i>JEFE CARRERA T.U. EN QUÍMICA</i>	

PARTICIPANTES			
No.	Nombre	Cargo	Firma
1	<i>FELIX LEDESMA Z</i>	<i>GUARDAFANYUE</i>	<i>[Firma]</i>
2	<i>GUILLERMO SEPULVEDA</i>	<i>ADMINISTRADOR (I)</i>	<i>[Firma]</i>
3	<i>MANUEL SAQUEDEA</i>	<i>Profesor.</i>	<i>[Firma]</i>
4	<i>Maria Constanza Buitos</i>	<i>Alumno</i>	<i>[Firma]</i>
5	<i>Simon RIVERA LOPEZ</i>	<i>alumno</i>	<i>[Firma]</i>
6	<i>Guillermo Sepulveda</i>	<i>DOCENTE</i>	<i>[Firma]</i>
7	<i>Jaimeza Zenni</i>	<i>Alumno</i>	<i>[Firma]</i>
8	<i>Valentina Messerat</i>	<i>Alumna</i>	<i>[Firma]</i>
9	<i>Pedro Dietz Oyeneder</i>	<i>Alumno</i>	<i>[Firma]</i>
10	<i>Sara Ortega A.</i>	<i>Alumna</i>	<i>[Firma]</i>
11			
12			
13			
14			

PUNTOS DE DISCUSION	
1	<i>- PRESENTACION DE INFORME 2015.</i>
2	<i>- LANCER CON ADMINISTRADOR Y APROBACION</i>
3	<i>- PLAN TERCER DE MUESTRAS DE AGUA.</i>
4	<i>- PRESENTACION DE 2 MEMORIAS PARA TRABAJO EN</i>
5	<i>TERMINO.</i>
6	<i>- ANALISIS EN PLANTAS CULTIVO, PERUANO.</i>



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y MEDIO AMBIENTE SEDE VIÑA DEL MAR "JOSÉ MIGUEL CARRERA"	VERSIÓN:
	CÓDIGO:
	PÁGINA: 2/2
QUÍMICA MENCIÓN QUÍMICA ANALÍTICA	

DESARROLLO DE LA REUNIÓN

- Breve reunión con el personal de la unidad, donde se comentan los objetivos de la visita, proyectos y compromiso con la periodicidad de toma de muestras de aguas.
- Se hace entrega de informe levantado el Apto 2015 en una visita realizada con un curso de T.U. en control del medio ambiente. Se conversa de la importancia de dejar evidencia escrita de los resultados de las investigaciones y de la participación del alumnado en terreno.
- Finalmente, se comenta de la aprobación de la autorización N° 12/2018 IX, y de una posterior visita durante el 2018 para realizar la toma de muestras.

Observaciones.

- No se pudo realizar toma de muestras debido a las condiciones de lluvia intensa y nieve, por lo que se planifica una visita para diciembre de 2018.
- 2 Decisores tienen el compromiso de continuar el estudio durante el 2019.

CONCLUSIONES

No	Tarea	Responsable	Periodo de cumplimiento	Observaciones
1	Ejecución de Proyecto EST/1402-S-06	Gonzalo Sepúlveda	2018	—
2	Retorno a 1 Unidad	Marta Bustos	2018-2019	—
3	Retorno a 2 Unidades	Sara Ortega	2018-2019	—
4	Participación a otros eventos para continuar estudio	Gonzalo Sepúlveda	2018-2020	—



[ANEXO 2: RANGOS Y MARCAS DE KITS DE MUESTREO POR PARÁMETRO]

Parámetro	Rango del kit de muestreo	Marca y modelo del kit de muestreo
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	0 - 10	Hanna Instrument - HI3812
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	0 - 300	Hanna Instrument - HI3811
Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	0 - 300	Hanna Instrument - HI3810
Coliformes (presencia/ausencia)	> 20 colonias/100 ml	LaMotte - Water Check Now Bacterias
pH	0 - 14	Hanna Instruments - HI98130
Temperatura (°C)	0 - 60	Hanna Instruments - HI98131
Conductividad (mS/cm)	0 - 20	Hanna Instruments - HI98132
SDT (g/L)	0-10	Hanna Instruments - HI98133

[ANEXO 3: CLIMA PUCÓN SIMULACIÓN AL 12/11/2018: SE PRONOSTICAN DÍAS SOLEADOS CON TEMPERATURAS ENTRE LOS 4° Y 25° PARA LOS DÍAS DE MUESTREO]






















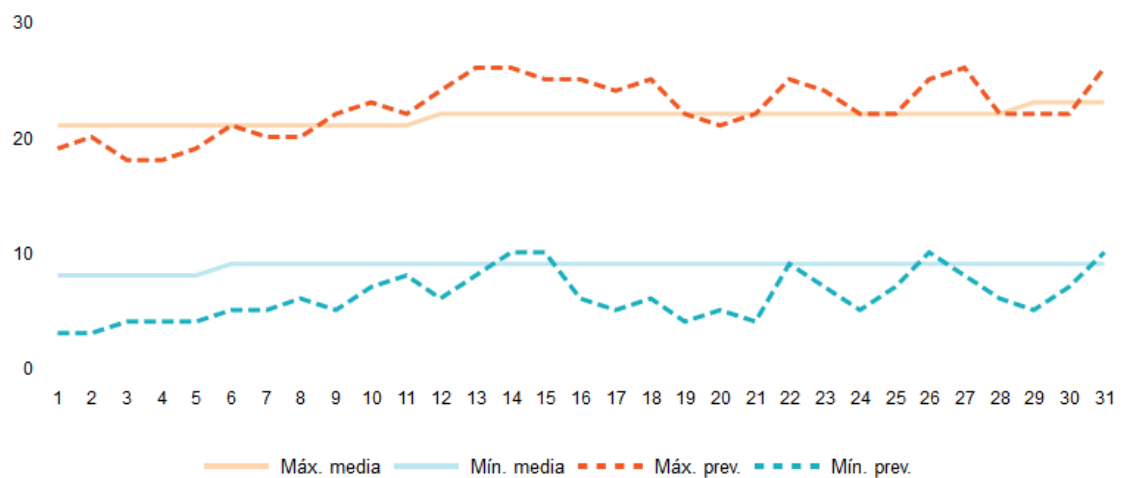
DO. 09/12  22° /5° Parcialmente soleado Media histórica 21°/9°	LU. 10/12  23° /7° Intervalos de nubes y sol Media histórica 21°/9°	MA. 11/12  22° /8° Nubes dando paso al sol Media histórica 21°/9°	MI. 12/12  24° /6° Sol Media histórica 22°/9°	JU. 13/12  26° /8° Mucho sol Media histórica 22°/9°	VI. 14/12  26° /10° Mucho sol Media histórica 22°/9°	SA. 15/12  25° /10° Intervalos de sol y nubes Media histórica 22°/9°
DO. 16/12  25° /6° Nubes y sol Media histórica 22°/9°	LU. 17/12  24° /5° Principalmente soleado Media histórica 22°/9°	MA. 18/12  25° /6° Principalmente soleado Media histórica 22°/9°	MI. 19/12  22° /4° Intervalos de nubes y sol Media histórica 22°/9°	JU. 20/12  21° /5° Nubes dando paso al sol Media histórica 22°/9°	VI. 21/12  22° /4° Sol Media histórica 22°/9°	SÁ. 22/12  25° /9° Una buena cuota de sol Media histórica 22°/9°
DO. 23/12  24° /7° Mucho sol Media histórica 22°/9°	LU. 24/12  22° /5° Algunos chubascos temprano Media histórica 22°/9°	MA. 25/12  22° /7° Sol y algo de nubosidad Media histórica 22°/9°	MI. 26/12  25° /10° Principalmente soleado Media histórica 22°/9°	JU. 27/12  26° /8° Principalmente soleado Media histórica 22°/9°	VI. 28/12  22° /6° Algunos chubascos más tarde Media histórica 22°/9°	SÁ. 29/12  22° /5° Períodos de lluvia Media histórica 22°/9°

Gráfico de temperaturas diciembre 2018



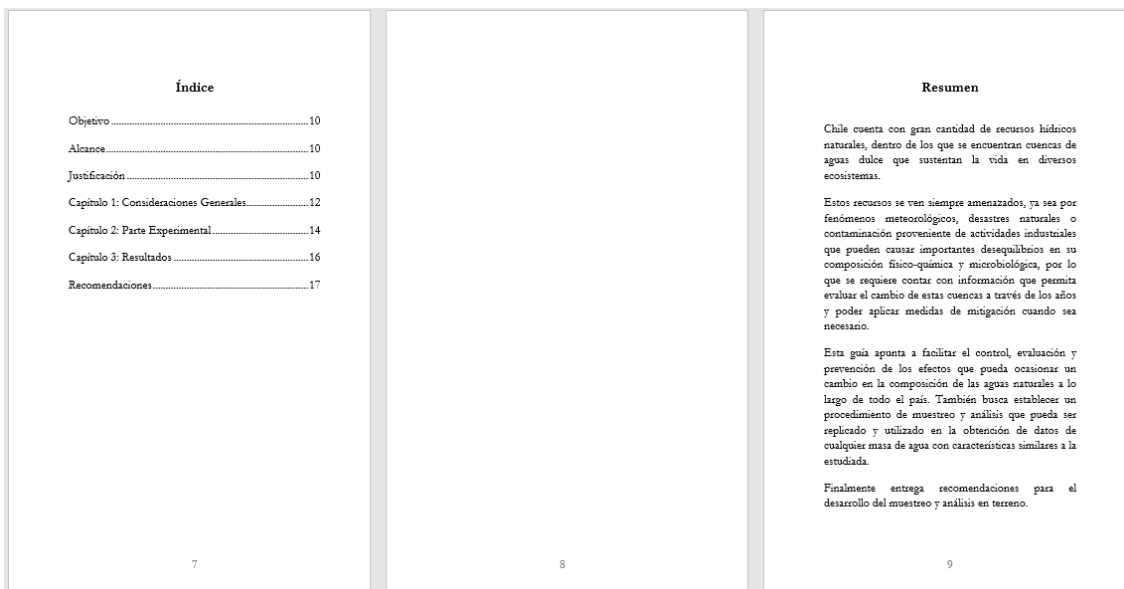
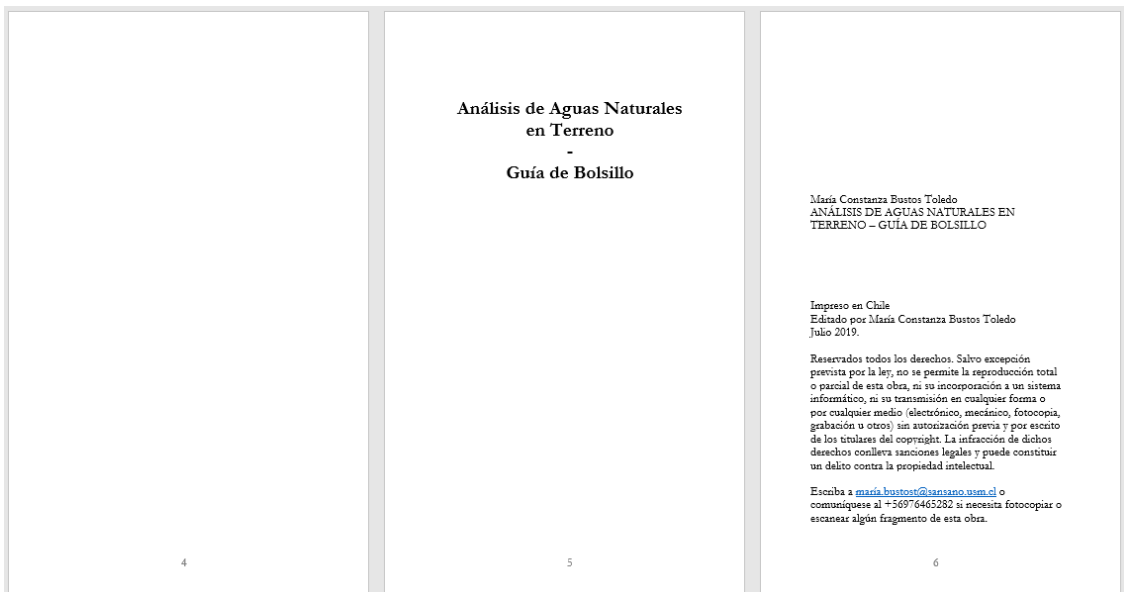
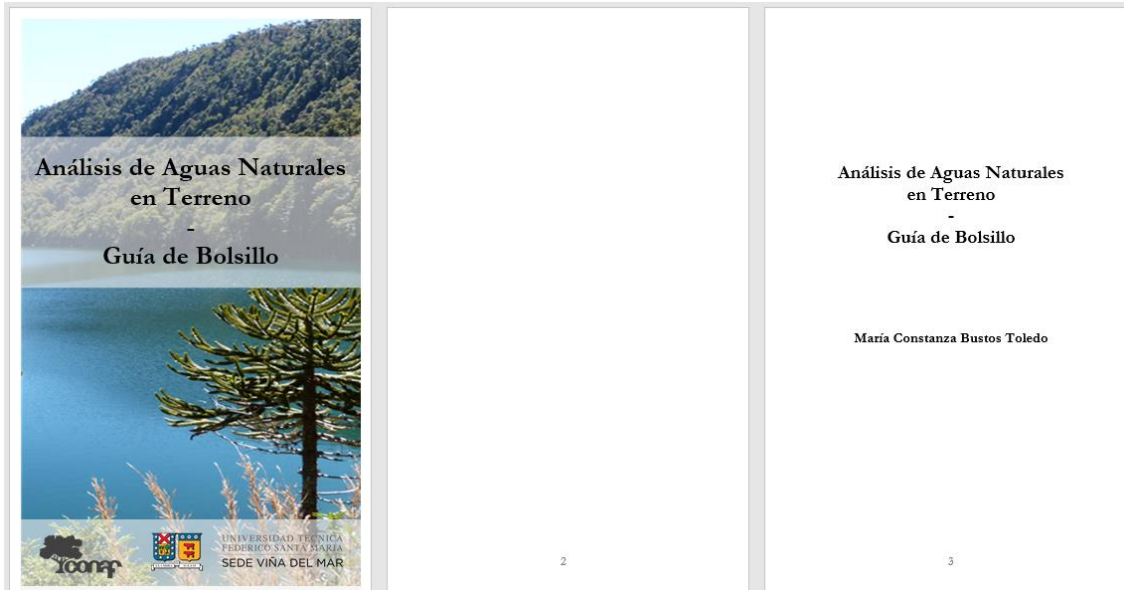
[ANEXO 4: FOTOGRAFÍAS VISITA 2 A PNH]



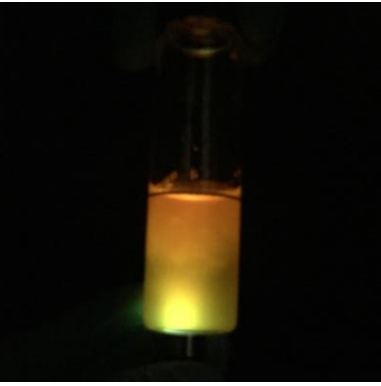
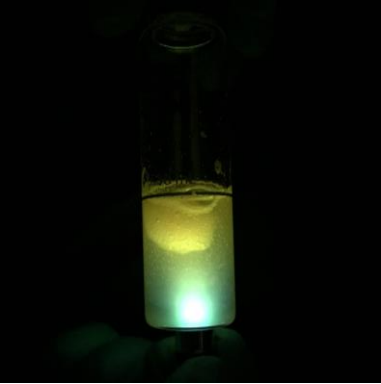






[ANEXO 5: ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES EN TERRENO – GUÍA DE BOLSILLO]



[ANEXO 6: TABLA DE RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES]

Punto de muestreo	Resultado	Interpretación
M4A		Ausencia
M4B		Ausencia
M4C		Ausencia
M4D		Ausencia

[ANEXO 7: TABLA DE CONDUCTIVIDAD DE AGUA]

Clasificación	Conductividad (uS/cm)
Agua ultra pura	0,055
Agua destilada	0,500
Agua de montaña	1,0
Agua doméstica	500 a 800
Agua de mar	56,0
Agua salobre	100

[ANEXO 8.- MANUAL DE USO GPS GARMIN ETREX 30X]



La realización de este manual, se hace para el caso de aquellos analistas que posean el GPS Garmin etrex 30x, el cual facilita el desplazamiento dentro del PNH por los senderos y ayuda a tener un registro geográfico in situ de la localización exacta de los puntos de muestreo, así como la ruta que permita llegar a ellos de manera más directa.

- a) Verificar que las pilas AA estén cargadas, y llevar un juego de repuesto en caso de necesitarlo.
- b) Cargar mapas del país, en este caso el equipo los trae en una tarjeta de memoria tipo SD externa, de fácil instalación en el equipo.
- c) Si el equipo no trae los mapas en una tarjeta de memoria externa, se pueden descargar del siguiente link siguiendo estos pasos: <https://alternativaslibres.org/es/downloads.php> > Chile > descargar archivo de la columna “ Archivo para el GPS/Android/QMapShack ” de la sección topográfico
- d) Conectar mediante USB el equipo al PC > gpx > colocar el mapa con formato **.gpx**

- e) Encender el equipo manteniendo apretado el botón derecho inferior donde dice “light”.
- f) Limpiar el registro de rutas o tracks en marcha si es que no es primera vez que se usa, para que así no interfiera en la correcta marcación de los puntos, esto se realiza de la siguiente manera: menú > procesador de trayectos > menú > restablecer > suprimir track actual y luego suprimir track/data. Ruta > back > mapas > verificar que esté en el punto de ubicación instantáneo.
- g) Configurar mapas antes de empezar su uso, dirigiéndose a menú > mapas > configurar mapa > orientación: track arriba > indicaciones por texto: durante la naveg. > información mapa: activar el mapa Wordlwide DEM Basecamp, OpenstreetMap, TOPO andes y digital globe.> back y vuelve al mapa.
- h) Para empezar una ruta nueva: menú > rutas > crear ruta > seleccionar punto de inicio > para marcar puntos sobre la ruta en curso ir a la opción waypoints > marcar waypoints
- i) Una vez finalizada la ruta, esta quedará guardada en la memoria interna o externa si la tiene, posteriormente se puede ver en programas como Google Earth o portales mundiales de rutas y senderismos como Wikiloc, donde en ambas deberán crear una cuenta para poder ingresar y compartir las rutas o agregar rutas nuevas al equipo GPS, en ambas se deben cargar las rutas en formato .gpx ya que es el más fácil de reconocer por diferentes equipos Garmin y programas.
- j) Por ejemplo en este caso, se hizo una ruta en la localidad de Con Con, Viña del Mar en la Posada del Parque, donde se registró la visita y se marcó los puntos de muestreo de aguas realizados, esto permite tener un registro real con las coordenadas exactas para que otros investigadores o aficionados puedan guiarse de manera fácil si quisieran analizar muestras de aguas en donde se hizo la visita.
- k) Posteriormente fue cargada a la base de datos de Wikiloc, y se puede ver de manera satelital también en programas como Google Earth.

