

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

**ANÁLISIS QUÍMICO DE COMPOSICIÓN DE AGUAS NATURALES PARA
ESTABLECER LINEA BASE EN LAGO TORO DEL PARQUE NACIONAL
HUERQUEHUE**

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

Alumno:

María Constanza Bustos Toledo

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: AGUAS NATURALES, PARQUE NACIONAL HUERQUEHUE, LÍNEA BASE, COMPOSICIÓN DEL AGUA

Este trabajo tiene por objetivo realizar un aporte en el levantamiento de una línea base que permita el control, evaluación y prevención de los efectos que pueda generar el desequilibrio de la composición química de las aguas del Parque Nacional Huerquehue, (ubicado en Pucón, IX región de la Araucanía) en el ecosistema que sustenta, debido a cambios climáticos, además, busca establecer un procedimiento de muestreo y análisis que pueda ser replicado y utilizado en la obtención de datos de cualquier masa de agua con características similares a la estudiada.

La medición de los parámetros se realiza mediante análisis químico en terreno, con los equipos que constituyen el kit de muestreo de calidad de aguas Hanna Backpack Lab (HI3817 BP), basado principalmente en la titulación de pequeñas porciones de muestra para cada parámetro y, además, a través de métodos tradicionales para los análisis de dureza total (valoración con EDTA), alcalinidad (valoración con HCl, utilizando FF y NM como indicador); pH, temperatura y CE (mediante medición con equipos de sobremesa); sólidos disueltos totales (a través de método gravimétrico), metales (EAA) y por último oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno (Método Winkler).

En general los resultados estuvieron dentro de rango para todos los parámetros, por ejemplo, en el caso de la conductividad eléctrica, el valor obtenido es cercano al del agua destilada y en los metales, ninguno de ellos fue detectado por el equipo de EAA. Cabe destacar que el agua tiene un pH neutro y está libre de coliformes fecales.

Finalmente, de este conjunto de análisis es posible establecer que la calidad del agua del Lago Toro es la adecuada para sustentar el ecosistema que la rodea y además es química y biológicamente segura para las personas que visitan este lago.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 2

ALCANCE 2

JUSTIFICACIÓN 3

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES 4

1.1 LÍNEA BASE 4

1.2 PARQUE NACIONAL HUERQUEHUE 5

1.2.1 Administración 5

1.2.2 Misión y objetivos 6

1.2.3 Características generales 6

1.2.4 Rutas y senderos 6

1.3 LAGO TORO [6] 7

1.3.1 Ubicación 7

1.3.2 Características generales 8

1.3.3 Clima 8

1.3.4 Flora 8

1.3.5 Fauna 8

1.3.6 Atracciones..... 9

1.3.7 Vías de acceso 9

1.4 CARACTERIZACIÓN DE AGUAS [7] 10

1.4.1 Normativa vigente aplicable 10

1.4.2 Tipos de agua según su uso 10

1.4.3 Tipo de agua de Lago Toro 10

1.4.4 Parámetros de caracterización para aguas de uso recreativo con contacto directo 11

1.4.5 Objetivos de Desarrollo Sostenible 12

1.5 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO 13

CAÍTULO II: PARTE EXPERIMENTAL Y EXPRESIÓN DE CÁLCULOS

2. PARTE EXPERIMENTAL 14

2.1 MUESTREO 14

2.1.1 Puntos de muestreo e identificación de muestras..... 14

2.1.2 Homogeneidad y representatividad de las muestras 17

2.1.3 Profundidad y obtención de la muestra 17

2.1.4 Tipo de muestreo..... 17

2.2 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS 18

2.3	PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	19
2.3.1	Principio y alcance	19
2.3.2	Procedimiento	19
2.4	pH DE LA MUESTRA	19
2.4.1	Medición de pH en laboratorio	19
2.4.1.1	Principio y alcance	19
2.4.1.2	Procedimiento.....	20
2.4.1.3	Expresión de cálculo	21
2.4.2	Medición de pH en terreno.....	21
2.4.2.1	Principio y alcance	21
2.4.2.2	Procedimiento.....	21
2.4.2.3	Expresión de cálculo	21
2.5	TEMPERATURA DE LA MUESTRA.....	22
2.5.1	Medición de temperatura en laboratorio	22
2.5.1.1	Principio y alcance	22
2.5.1.2	Procedimiento.....	22
2.5.1.3	Expresión de cálculo	23
2.5.2	Medición de temperatura en terreno	23
2.5.2.1	Principio y alcance	23
2.5.2.2	Procedimiento.....	23
2.5.2.3	Expresión de cálculo	23
2.6	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA MUESTRA.....	24
2.6.1	Medición de conductividad eléctrica en laboratorio	24
2.6.1.1	Principio y alcance	24
2.6.1.2	Procedimiento.....	24
2.6.1.3	Expresión de cálculo	25
2.6.2	Medición de conductividad eléctrica en terreno	25
2.6.2.1	Principio y alcance	25
2.6.2.2	Procedimiento.....	25
2.6.2.3	Expresión de cálculo	26
2.7	ALCALINIDAD DE LA MUESTRA [11]	26
2.7.1	Determinación de alcalinidad en laboratorio	26
2.7.1.1	Principio y alcance	26
2.7.1.2	Procedimiento.....	28
2.7.1.3	Expresión de cálculo	28
2.7.2	Determinación de alcalinidad en terreno.....	28
2.7.2.1	Principio y alcance	28
2.7.2.2	Procedimiento.....	29
2.7.2.3	Expresión de cálculo	30

2.8	DUREZA DE LA MUESTRA [12]	31
2.8.1	Determinación de dureza en laboratorio	31
2.8.1.1	Principio y alcance	31
2.8.1.2	Procedimiento	33
2.8.1.3	Expresión de cálculo	35
2.8.2	Determinación de dureza en terreno	35
2.8.2.1	Principio y alcance	35
2.8.2.2	Procedimiento	35
2.8.2.3	Expresión de cálculo	36
2.9	METALES EN LA MUESTRA [13]	36
2.9.1	Determinación de metales en laboratorio	36
2.9.1.1	Principio y alcance	36
2.9.1.2	Procedimiento	37
2.9.1.3	Expresión de cálculo	38
2.9.2	Determinación de metales en terreno	39
2.10	OXÍGENO DISUELTO EN LA MUESTRA [14]	39
2.10.1	Determinación de oxígeno disuelto en laboratorio	39
2.10.1.1	Principio y alcance	39
2.10.1.2	Procedimiento	41
2.10.1.3	Expresión de cálculo	41
2.10.2	Determinación de oxígeno disuelto en terreno	42
2.10.2.1	Principio y alcance	42
2.10.2.2	Procedimiento	42
2.10.2.3	Expresión de cálculo	43
2.11	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN LA MUESTRA [14]	44
2.11.1	Determinación de DBO en laboratorio	44
2.11.1.1	Principio y alcance	44
2.11.1.2	Procedimiento	44
2.11.1.3	Expresión de cálculo	45
2.11.2	Determinación de DBO en terreno	45
2.12	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES EN LA MUESTRA [15]	45
2.12.1	Determinación de sólidos disueltos totales en laboratorio	45
2.12.1.1	Principio y alcance	45
2.12.1.2	Procedimiento	46
2.12.1.3	Expresión de cálculo	46
2.12.2	Medición de sólidos disueltos totales en terreno	47
2.12.2.1	Principio y alcance	47
2.12.2.2	Procedimiento	47
2.12.2.3	Expresión de cálculo	47

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3. RESULTADOS.....46

3.1 ANÁLISIS DE AGUA LAGO TORO 46

3.2 REGISTRO DE CALIDAD DE AGUAS 48

3.3 GUÍA DE BOLSILLO PARA ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES EN TERRENO.....48

Figura 2-3. Portada guía de bolsillo para análisis de aguas naturales en terreno. 49

DISCUSIÓN 50

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....54

REFERENCIAS 55

ANEXOS 55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Requisitos de calidad del agua para uso recreacional con contacto directo

Tabla 2-1. Matriz de identificación de muestras de agua recolectadas el día 19/12/2018 en Lago Toro PNH.

Tabla 2-2. Puntos de muestreo. Fecha, hora, altitud y coordenadas geográficas.

Tabla 2-3. Relaciones de alcalinidad.

Tabla 2-4. Dureza del agua.

Tabla 2-5. Resultados calidad de agua en Lago Toro. Análisis en terreno.

Tabla 2-6. Resultados calidad de agua en Lago Toro. Análisis en laboratorio.

Tabla 2-7. Registro calidad de aguas naturales para archivar.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Organigrama administración Parque Nacional Huerquehue 2018.

Figura 1-2. Lago Toro. Coordenadas geográficas y los lagos aledaños (S 39° 8` 20” W 71° 42´ 25”)

Figura 1-3. Vista Lago Toro desde sendero principal.

Figura 1-4. Carta Gantt Proyecto FSM1402_S_06

Figura 2-1. Sendero (amarillo) y los cuatro puntos de muestreo en Lago Toro (A, B, C y D)

Figura 2-2. Metodología de muestreo y análisis.

Figura 2-3. Portada guía de bolsillo para análisis de aguas naturales en terreno.

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

SNASPE	:	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
CONAF	:	Corporación Nacional Forestal
PNH	:	Parque Nacional Huerquehue
MMA	:	Ministerio del Medio Ambiente
DGA	:	Dirección General de Aguas
OD	:	Oxígeno Disuelto
DBO	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBO ₅	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días
ST	:	Sólidos Totales
SDT	:	Sólidos Disueltos Totales
REMA	:	Reporte del estado del medio ambiente
ONU	:	Organización de las Naciones Unidas
ODS	:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
SEIA	:	Sistema de evaluación de impacto ambiental
NCh	:	Norma Chilena
UTFSM	:	Universidad Técnica Federico Santa María
EPA	:	Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (US Environmental Protection Agency)
DT	:	Dureza Total
EDTA	:	Ácido etilendiaminotetraacético
NET	:	Negro de Eriocromo T
EAA	:	Espectrofotómetro de absorción atómica
LCD	:	Pantalla de cristal líquido (Liquid Crystal Display)

SIMBOLOGÍA

mL	:	Mililitro
mg	:	Miligramo

L	: Litro
m	: Metro
mm	: Milímetro
km	: Kilometro
g	: Gramo
ppm	: Partes por Millón
msnm	: Metros Sobre el Nivel del Mar
ha	: Hectárea
µm	: Micrómetro
nm	: Nanómetro
°C	: Grado Celsio
°F	: Grado Farenheit
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 (ion)
OH ⁻	: Hidróxido
CO ₃ ⁻²	: Carbonato
H ₂ O	: Agua
HCO ₃ ⁻	: 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 (ion)
Mg ⁺²	: Magnesio (ion)

Sr^{+2}	: Estroncio (ion)
Fe^{+2}	: Hierro (ion)
Mn^{+2}	: Manganeseo (ion)
SO_4^{-2}	: Sulfato
Cl^-	: Cloruro
NO_3^-	: Nitrato
SiO_3^{-2}	: Silicato
CO_2	: Dióxido de Carbono
$\text{Mn}(\text{OH})_2$	: Hidróxido de Manganeseo (II)
$\text{Mn}(\text{OH})_3$	: Hidróxido de Manganeseo (III)
I^-	: Yoduro
I_2	: Yodo molecular
$\text{S}_2\text{O}_3^{-2}$	: Tiosulfato
$\text{S}_4\text{O}_6^{-2}$	: Tetrationato
NaN_3	: Azida de Sodio
HN_3	: Azida de Hidrogeno
MnSO_4	: Sulfato de Manganeseo (II)
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	: Tiosulfato de Sodio
O_2	: Oxígeno molecular
Ag/AgCl	: Plata/Cloruro de plata

INTRODUCCIÓN

Chile cuenta con gran riqueza natural que está protegida dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE) y administrada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Este sistema de protección cuenta con 101 unidades, entre las que se encuentran 36 Parques Nacionales, 49 Reservas Nacionales y 16 Monumentos Naturales que cubren unos 14,5 millones de hectáreas, que representan aproximadamente 19,2% del territorio continental. [1] Dentro de los cuales se albergan, además, gran cantidad de cuencas hidrológicas como lagos, laguna, ríos y embalses.

Dicho territorio es constantemente azotado por desastres naturales como fenómenos meteorológicos, sísmicos o volcánicos, que afectan de gran manera los ecosistemas y recursos hídricos a nivel nacional, esta situación, junto a la falta de recursos destinados a la preservación y mantención de las áreas protegidas han originado un ambiente de duda respecto a la composición de las aguas naturales y como afectan estas a la flora y fauna que sustentan. Además, según el programa de las naciones unidas para el desarrollo, la escasez de agua afecta a más del 40% de la población a nivel mundial y se pierden alrededor de 12 millones de hectáreas debido a las sequías y desertificación por lo que se han establecido una serie de objetivos y metas para lograr revertir o mitigar estas problemáticas, dentro de las cuales se plantea proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos, antes del 2020.

Enmarcándose a dichos objetivos, es que se quiere realizar un aporte de información para el levantamiento de una línea base de la composición del Lago Toro, que está ubicado en el Parque Nacional Huerquehue, Provincia de Cautín, cercano a la ciudad de Pucón en la IX región de la Araucanía.

Se revisarán a continuación los siguientes capítulos: En primer lugar, se presentan los antecedentes generales del lago en cuestión y su entorno, luego en la parte experimental, obtendremos información acerca de los análisis que se realizan y su respectiva expresión de resultados. En el capítulo III se presentarán los resultados de los análisis realizados tanto en terreno como en el laboratorio y finalmente se analizan estos resultados para entregar las conclusiones obtenidas.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la composición química y microbiológica de Lago Toro perteneciente al Parque Nacional Huerquehue ubicado en la IX Región, para realizar un aporte en el levantamiento de una línea base que permita el control, evaluación y prevención de los efectos que la laguna pueda generar en el ecosistema que sustenta, debido a cambios climáticos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener y analizar muestras de agua del Lago Toro del Parque Nacional Huerquehue, para aportar al levantamiento de una línea base de aguas naturales
- Generar plan de muestreo y análisis de aguas naturales que sea replicable en otros Parques, Reservas y/o Monumentos Naturales (tipo libro de bolsillo) a partir de la experiencia adquirida en el muestreo de la laguna analizada
- Realizar una comparación de los resultados obtenidos en los análisis realizados en terreno con los de laboratorio
- Generar una hoja de registro de resultados que se pueda archivar.

ALCANCE

El alcance de esta investigación es dar el primer paso hacia la fundación de una base de datos de la composición química de los principales recursos hídricos de nuestro país, enfocándose en un sistema de muestreo y análisis accesible, de fácil aplicación, para finalmente tener un punto de control a eventuales cambios.

JUSTIFICACIÓN

Se busca establecer la caracterización de aguas naturales y un registro histórico del estado de los principales recursos hídricos de nuestro país, ya que según el REMA 2017 se requiere contar con datos sistemáticos del estado de estos recursos, con el propósito de prevenir la escasez hídrica y promover una política nacional de uso racional y sustentable, que garantice la disponibilidad de agua para consumo humano. Asimismo, se contribuye a los programas de medición y control de la calidad ambiental y el estado ecológico de los recursos hídricos que se están realizando y junto con ello, a identificar y clasificar los ecosistemas acuáticos del territorio, ríos, lagos y humedales.[2]

El registro periódico de los datos obtenidos conlleva la creación de una nueva red de información que es fundamental para SNASPE en el manejo de aguas naturales, su cuidado y preservación.

Por otra parte, este trabajo contribuye a desarrollar algunas de las metas establecidas en los objetivos de desarrollo sostenible orientados a la limpieza y saneamiento del agua, la acción por el clima y el cuidado de la vida de ecosistemas terrestres.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 LÍNEA BASE

Según el Servicio de Evaluación Ambiental, una línea base constituye 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 18 literal e), del Reglamento del SEIA:

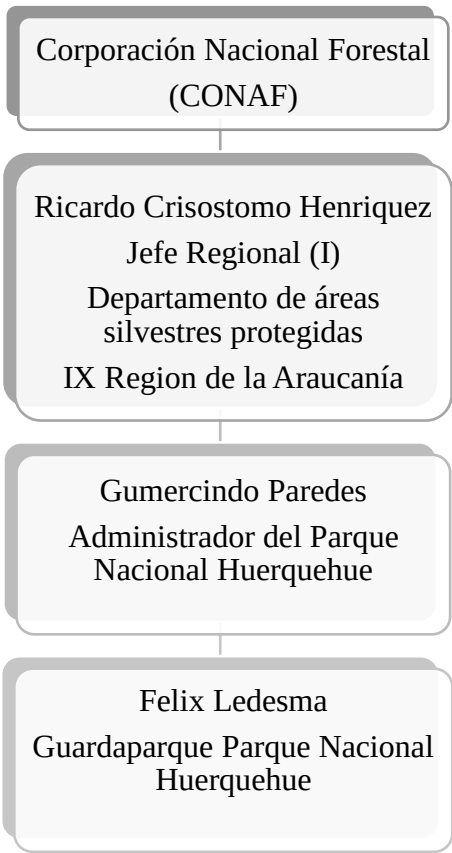
- El medio físico, incluyendo, entre otros, la caracterización y análisis de los aspectos asociados a atmósfera (como clima y meteorología, calidad del aire, ruido, luminosidad, entre otros); a la litósfera (como geología, geomorfología, áreas de riesgo geomorfológico, caracterización del suelo, entre otros); la hidrósfera; los glaciares, calidad y cantidad del agua.
- Ecosistemas terrestres.
- Ecosistemas acuáticos continentales.
- Ecosistemas marinos.
- Elementos naturales y artificiales que componen el patrimonio histórico, arqueológico, paleontológico, religioso y en general, los que componen el patrimonio cultural, incluyendo la caracterización de los Monumentos Nacionales.
- El paisaje, incluyendo su visibilidad, calidad y tipo.
- Las áreas protegidas y sitios prioritarios para la conservación.
- Los atractivos naturales o culturales y sus interrelaciones, que atraen flujos de visitantes o turistas.
- El uso del territorio y su relación con la planificación territorial.
- El medio humano, incluyendo información y análisis de sus dimensiones geográfica, demográfica, antropológica, socioeconómica y de bienestar social básico. De existir presencia de grupos humanos pertenecientes a pueblos indígenas, se describirán con particular énfasis los usos y valoración de los recursos naturales; sus prácticas culturales; estructura organizacional; apropiación del medio ambiente; su patrimonio cultural; identidad grupal; ritos comunitarios.

- Los proyectos o actividades que cuenten con Resolución de Calificación Ambiental vigente, aun cuando no se encuentren operando.

1.2 PARQUE NACIONAL HUERQUEHUE

1.2.1 Administración

Actualmente el Parque Nacional Huerquehue (PNH) es administrado por CONAF, una entidad de derecho privado dependiente del Ministerio de Agricultura, a través de la siguiente estructura organizacional (Figura 1-1):



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recopilada en la visita 1 al PNH. [Ver ANEXO 1-7]

Figura. 1-1 Organigrama administración Parque Nacional Huerquehue 2018

1.2.2 **Misión y objetivos**

La oficina de la Corporación Nacional Forestal de la provincia de Cautín está encargada de la preservación, manejo y gestión de las unidades protegidas de esta zona, donde se encuentra el PNH.

Para esto realiza acciones de educación ambiental, prevención y manejo de incendios forestales, reforestación y cuidado de flora y fauna nativa.

1.2.3 **Características generales**

El Parque Nacional Huerquehue es un área forestal protegida y administrada por CONAF, de aproximadamente 12.500 há de extensión y altura entre 750 a 2000 msnm. Está ubicado en la Región de la Araucanía, provincia de Cautín, comunas de Cunco y Pucón, cercano al Lago Caburgua. Dentro de él se pueden encontrar alrededor de 20 lagunas o lagos y flujos de agua naturales que sustentan la flora y fauna existente. [3]

Su gran variación de altitudes permite el desarrollo variadas especies vegetales. Entre las especies arbóreas existentes se destacan: araucaria, lenga, roble, coigüe, avellano, entre otras. Además, se encuentran otras especies como helechos, musgos, líquenes y hongos. La fauna representativa de esta unidad la componen el puma, pudú, coipo, güiña, monito del monte, ranita de Darwin, ratón topo valdiviano, diversas aves, coleópteros y pequeños reptiles.[4]

1.2.4 **Rutas y senderos**

Como se menciona anteriormente, el principal atractivo del PNH son la gran cantidad de lagos que se ubican dentro de sus dependencias, a los cuales se puede acceder mediante alguno de los senderos existentes. Los senderos principales son: Sendero Los Lagos, que comienza en el Lago Tinquilco, luego pasa por el Sendero Ñirrico que cuenta con información acerca de las especies arbóreas (muy abundantes en esa zona) y luego de un breve desvío por terrenos privados se reingresa al bosque llegando al Lago Chico, en este punto se puede acceder al camino que lleva al Lago Toro y Laguna Verde. El Sendero Quinchol/San Sebastián comienza cerca de la caseta de entrada, luego de 10 minutos de caminata se encuentra el último punto de abastecimiento de agua (arroyo) y luego el sendero continúa por el faldeo del cerro donde, esporádicamente, se tienen vistas del Lago

Tinquilco y algunos saltos de agua. Luego de una hora de caminata la vegetación se hace más frondosa y 15 minutos más tarde se encuentra la bifurcación de los senderos Quinchol y San Sebastian, se continua por la izquierda siguiendo las marcas del sendero hasta una nueva bifurcación en la que se debe tomar la derecha, desde ahí se tiene vista al cerro San Sebastian , Nevados de Caburgua, Volcán Llaima, Villarica, Coshuenco, Quetrupillán , Quinquilil y Lanín. [5].

1.3 LAGO TORO [6]

1.3.1 Ubicación

El Lago Toro está ubicado en la provincia de Cautín, dentro del Parque Nacional Huerquehue. Se encuentra en la cima de un cerro del parque a más de 1320 msnm junto a los lagos Chico y Verde, como se puede observar en la Figura 1-2.



Fuente: Informe Proyecto FSM1402_S_06

Figura 1-2. Lago Toro. Coordenada geográfica y los lagos aledaños en el PNH (S 39° 8' 20'' W 71° 42' 25'')

1.3.2 Características generales

El Lago Toro posee aguas permanentemente claras, 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.

1.3.3 Clima

El clima es oceánico templado lluvioso con influencia mediterránea, precipitaciones abundantes y constantes, incluso en verano. La temperatura media anual es de 11°C.

En el ANEXO 3 se puede ver las condiciones climáticas pronosticadas para los días en que se realizó esta investigación.

1.3.4 Flora

La flora se caracteriza por poseer ejemplares de mañíos, tepas, coigües, arrayanes, tineos, palmillas, lengas y las milenarias araucarias.

1.3.5 Fauna

La fauna está compuesta por algunos ejemplares interesantes de aves: loros choroy, pitíos, run-run, chucao, tintica, tiuque, guaraibo, martín pescador, y los magníficos carpintero magallánico, peuco y cóndor. En la temporada de invierno, (junio-agosto) es un verdadero espectáculo los lagos congelados, el parque nevado, y la fauna que se aventura un poco más, dada las soledades: zorro, pudú, liebre salvaje, chingue, coipo y puma.

1.3.6 Atracciones

Este Lago cuenta con un paisaje privilegiado (Ver Figura 1-3) y está cercano al sendero principal del Parque Nacional Huerquehue que sube hacia otros lagos de menor tamaño y bosques de araucarias.



Fuente: Elaboración propia.9

Figura 1-3. Vista Lago Toro desde sendero principal (diciembre 2018)

1.3.7 Vías de acceso

Desde Pucón, son 35 kilómetros por la ruta S- 905 con dirección a Caburgua.

1.4 CARACTERIZACIÓN DE AGUAS [7]

1.4.1 Normativa vigente aplicable

La NCh 1333.Of.78 establece que existen ciertos requisitos de calidad que deben cumplir las aguas, dependiendo del uso al que están destinadas.

1.4.2 Tipos de agua según su uso

Los tipos de agua que considera la NCh 133.Of.78 para su campo de aplicación son

- a. Agua para consumo humano

Se definen como todas aquellas aguas que cumplan con la NCh 409.

- b. Agua para bebida de animales

Este tipo de agua debe cumplir con la NCh 409. La autoridad competente debe determinar casos especiales.

- c. Riego

Aguas utilizadas para riego de plantaciones de productos destinados a consumo humano. Deben cumplir con ciertos parámetros que las clasifican de menos a más riesgosas.

- d. Recreación y estética

Aguas de uso ornamental, en el caso de la estética y para actividades como pesca y deportes acuáticos en el caso de aguas de recreación. Se subdividen en aguas de:

- d.1 Estética
- d.2 Recreación con contacto directo
- d.3 Recreación si contacto directo

- e. Vida acuática

Aguas dulces destinadas a sustentar vida acuática.

1.4.3 Tipo de agua de Lago Toro

En el marco de esta norma, los lagos del PNH son considerados como aguas de uso ornamental por su impresionante belleza escénica, sin embargo, no hay barreras físicas para restringir el contacto con los visitantes, por lo que se establece que el lago a analizar corresponde a agua de tipo recreativo, con contacto directo puesto que los visitantes del

parque tienen libre acceso al uso de sus aguas, ya sea en actividades como pesca o simplemente para refrescarse.

1.4.4 Parámetros de caracterización para aguas de uso recreativo con contacto directo

Las aguas de recreación con contacto directo deben cumplir como mínimo con los parámetros indicados en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Requisitos del agua para recreación con contacto directo.

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

Fuente: Norma Chilena 1333.Of.78

*Estos valores podrán ser modificados en caso de que la autoridad competente así lo determine. En este caso, se define a CONAF como autoridad competente, por ser administrador del PNH.

Adicionalmente, se estima conveniente realizar los análisis de alcalinidad, dureza, metales, OD y DBO, ya que ayudan a determinar la degradación ecológica del lago en estudio.

Finalmente, los parámetros medidos en las muestras recolectadas son:

- pH
- Temperatura
- Sólidos totales
- Sólidos disueltos totales
- Coliformes totales
- Coliformes fecales
- Olor
- Alcalinidad
- Dureza
- Metales pesados
- Oxígeno disuelto
- Demanda bioquímica de oxígeno

1.4.5 Objetivos de Desarrollo Sostenible

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países puedan mejorar la vida de sus ciudadanos. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de las ciudades.

En este estudio se apunta a 3 de estos objetivos; Objetivo 6: Agua y saneamiento, Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y por último, Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres, contribuyendo en el cumplimiento de las siguientes metas respectivamente:

Meta 6.6: De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.

Meta 13.3: Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

Meta 15.1: Para 2020, velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan, en particular los bosques, los humedales, las montañas y zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales

1.5 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.[8]

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.

CAPÍTULO II: PARTE EXPERIMENTAL Y EXPRESIÓN DE CÁLCULOS

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

El análisis de aguas es una herramienta práctica que permite conocer de forma objetiva algunos antecedentes relativos a la caracterización química o microbiológica del agua, que orientan hacia la calidad del agua y su capacidad para sustentar la vida de especies vegetales y animales. Además, entregan parámetros que indican el riesgo de acidificación o alcalinización para aplicar medidas correctivas oportunamente.

Este tipo de análisis es ampliamente utilizado en todo el mundo para caracterizar diferentes tipos de aguas y la experiencia indica que estos solo son efectivos si se obtiene una muestra representativa de la masa de agua a analizar.

No hay normativa vigente aplicable, en cuanto al muestreo, para este tipo de recurso hídrico, según la DGA del Ministerio de Obras Públicas, por lo que se aplicará un procedimiento propio, basado en la bibliografía y la experiencia práctica.[9]

2.1.1 Puntos de muestreo e identificación de muestras

Se identifican cuatro puntos de muestreo identificados como: A, B, C y D (ver Figura 2-1), en cada punto de muestreo se recolectan cuatro muestras de agua de 1 L cada una, las cuales son llamadas como M1, M2, M3 y M4, obteniendo un total de 4 L por punto de muestreo y 16 L totales. Con estas variables se construye la matriz de identificación de muestras que se observa en la Tabla 2-1.

En la Tabla 2-2 se muestra en detalle cada punto de muestreo, incluyendo fecha y hora de muestreo y coordenadas geográficas.



Fuente: Informe Proyecto FSM1402_S_06

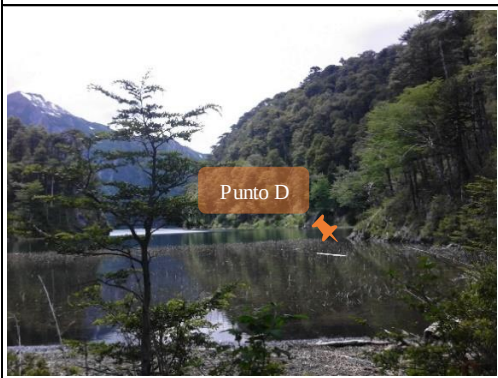
Figura 2-1. Sendero (amarillo) y los cuatro puntos de muestreo en Lago Toro (A, B, C y D).

Tabla 2-1. Matriz de identificación de muestras de agua recolectadas en Lago Toro, PN Huerquehue.

Muestras	Puntos de muestreo			
	A	B	C	D
M1	M1A	M1B	M1C	M1D
M2	M2A	M2B	M2C	M2D
M3	M3A	M3B	M3C	M3D
M4	M4A	M4B	M4C	M4D

Fuente: Informe Proyecto FSM1402_S_06

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

2.1.2 Homogeneidad y representatividad de las muestras

En general, la mayor variabilidad que pudiese observarse en las muestras la aportan cambios en el entorno o medio ambiente, ya sea por acción de fenómenos meteorológicos y/o desastres naturales, sobre todo los de naturaleza volcánica, por esto se recomienda levantar la información cuando el estado ecológico del lago o laguna está en equilibrio, es decir, que es capaz de sustentar la flora y fauna que lo rodea manteniendo cadenas tróficas y tasas de crecimiento en niveles normales.

Se debe evitar todo factor artificial que pueda alterar la muestra en cuestión, por este motivo se debe evitar zonas cercanas al acceso público. Además, es necesario que la zona de la toma de muestra esté en constante circulación para evitar depósitos de materia orgánica, como excremento de animales o material vegetal en descomposición.

En muestras destinadas a análisis es de vital importancia utilizar frascos o recipientes estériles, para evitar la influencia de microorganismos externos a la muestra en los resultados.

2.1.3 Profundidad y obtención de la muestra

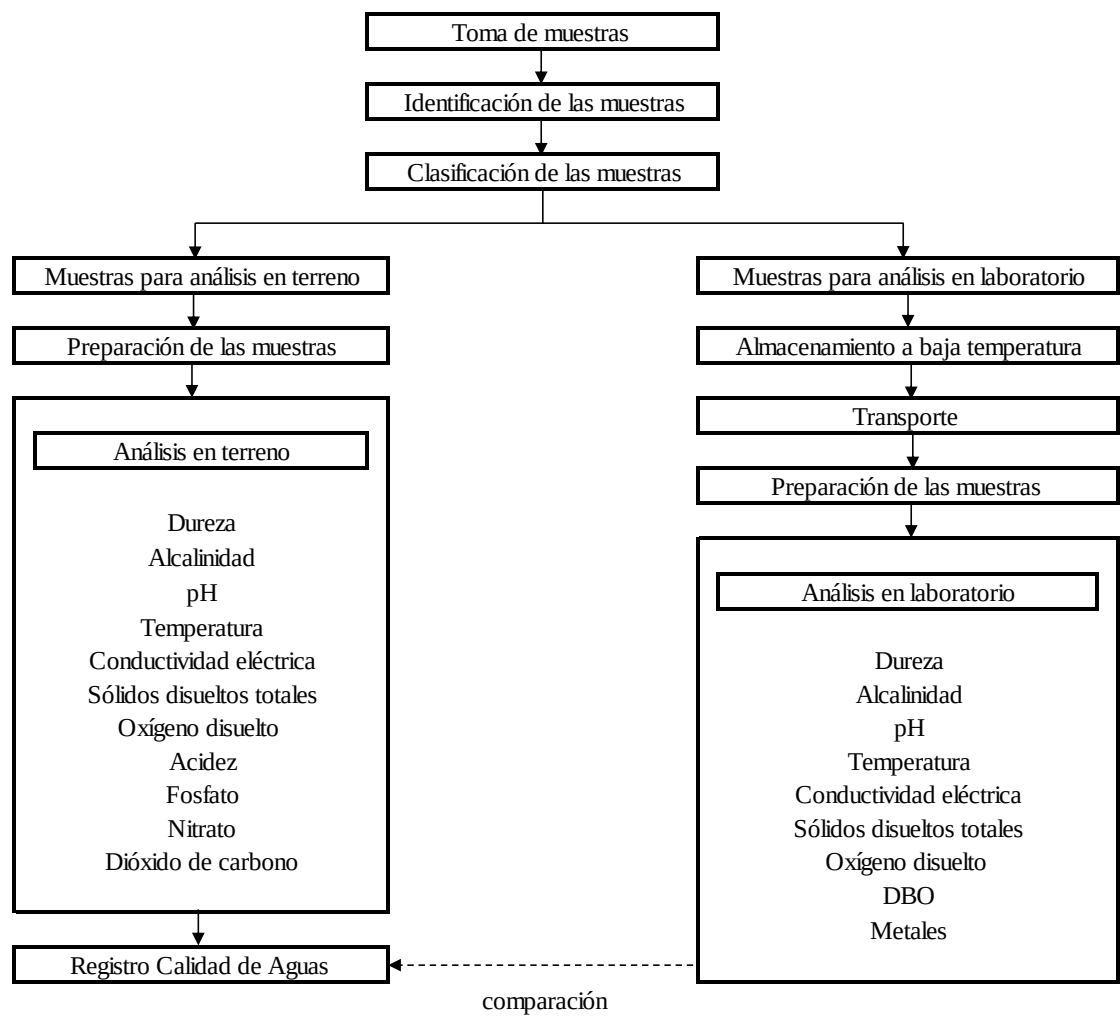
La toma de las muestras se realiza a 2 metros de la orilla sosteniendo el recipiente y sumergiéndolo rápidamente a la profundidad que alcance el brazo del analista, se tapa inmediatamente después de tomar la muestra cuidando que no queden cámaras de aire, ya sean muestras para análisis fisicoquímico o microbiológico.[10]

2.1.4 Tipo de muestreo

Se debe considerar el tipo de muestreo a efectuar, ya sea para obtener muestras simples o compuestas. Entendiéndose como muestra simple la toma de muestras en un lugar y momento determinado; en cambio en una muestra compuesta se toman varias muestras en distintos instantes y se almacenan en un mismo recipiente. Otra modalidad de la muestra compuesta es la toma de varias muestras en distintos puntos de la zona a analizar (ríos, lagunas, lagos, tranques, etc) que se almacenan en un mismo recipiente. En el caso de esta investigación se realiza solo muestreo simple.

2.2 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

La toma de muestras y el análisis de éstas se lleva a cabo según la metodología indicada en la Figura 2-2.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la planificación desarrollada.

Figura 2-2. Metodología de muestreo y análisis

2.3 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

2.3.1 Principio y alcance

El objetivo de la preparación de la muestra es homogeneizar las muestras para ser utilizadas en los análisis químicos y microbiológicos.

Este método es aplicable para todas las muestras de agua.

2.3.2 Procedimiento

- a. Se agita el recipiente que contiene la muestra de agua, procurando que todos los sedimentos observables se vean homogéneos dentro este. No deben observarse fases o zonas de diferente color dentro del recipiente.
- b. Tomar alícuota necesaria para el análisis a realizar. Esta acción debe realizarse inmediatamente después del paso anterior.

2.4 pH DE LA MUESTRA

2.4.1 Medición de pH en laboratorio

2.4.1.1 Principio y alcance

La medición del pH del agua y del suelo tiene gran importancia, ya que realmente puede afectar la estabilidad de un ecosistema.

El pH es un índice de la concentración de los iones de hidrógeno (H) en el agua. Se define como $-\log[H^+]$. Cuanto mayor sea la concentración de los iones de hidrógeno en el agua, menor será el valor del pH.

La escala del pH va desde 0 a 14, donde el agua con un pH inferior a 7 se considera ácida (mayor concentración de iones de H^+), en cambio, si tiene un pH superior a 7 se considera

básica (menor concentración de iones de H^+). El agua con un pH de 7,0 se considera neutral.

La escala del pH es una escala logarítmica, un cambio de una unidad del pH (por ejemplo, de 5,0 a 6,0) significa un cambio de 10 veces en la concentración de los iones de hidrógeno, por lo que una pequeña variación en este parámetro puede afectar el equilibrio de la vida en determinado hábitat.

Los iones de hidrógeno participan en la mayoría de las reacciones químicas en el agua y el suelo. La concentración de los iones de hidrogeno (y por lo tanto, el pH) influye en la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes, las formas iónicas de los elementos (por ejemplo, PO_4^{3-} vs $H_2PO_4^-$), la estabilidad de los quelatos, etc.

Un agua o suelo con un pH demasiado alto, puede resultar en deficiencias de nutrientes, principalmente de micronutrientes como el hierro. Además, mantener el pH del agua por debajo de 7,0 es también importante para prevenir la precipitación de sales. Por otra parte, un pH demasiado bajo, podría dar lugar a la toxicidad de los micronutrientes para los organismos que se nutren de esta.

La medición de pH se realiza a través de un equipo de sobremesa (Thermo Scientific, Orion Star A211) que cuenta con un electrodo combinado para medición de pH.

Un electrodo combinado cuenta con un sensor que participa como referencia y otro que realiza la medición. En el electrodo de medición se genera un potencial que es proporcional a la concentración de iones de hidrógeno (pH). El electrodo de referencia proporciona la referencia de potencial del sistema. El pH se traduce en una diferencia de potencial o tensión eléctrica entre el electrodo de medición y el electrodo de referencia que puede ser interpretada por circuitos electrónicos para poder mostrar su valor.

Este análisis es aplicable a cualquier muestra de agua.

2.4.1.2 Procedimiento

La medición de pH se debe realizar de la siguiente manera:

- a. En primer lugar, se debe realizar la calibración del pH metro según su manual de uso
- b. En un vaso limpio y seco, poner un volumen de muestra suficiente para cubrir el electrodo.
- c. Limpiar el electrodo con agua destilada y secar cuidadosamente con papel tissue.

- d. Introducir el electrodo de pH en la muestra de agua cuidando que este no toque las paredes ni el fondo del vaso.
- e. Cuando la medición se estabilice, registrar el valor de pH.
- f. Finalmente se debe limpiar el electrodo con agua destilada, secar con papel tissue y sumergir en solución de mantención.

2.4.1.3 Expresión de cálculo

El equipo entrega directamente el valor de pH de la muestra, el cual se encuentra dentro de la escala de este parámetro, es decir, entre 0 y 14.

2.4.2 Medición de pH en terreno

2.4.2.1 Principio y alcance

La medición en terreno se basa en el mismo principio que la medición de laboratorio, pero con un equipo portable (HI98130). Este equipo cuenta con un electrodo reemplazable de referencia de Ag/AgCl y electrolito en gel. Este análisis es aplicable para cualquier muestra de agua.

2.4.2.2 Procedimiento

- a. Encienda el equipo y seleccione el modo pH con el botón SET/HOLD
- b. Sumerja el electrodo en la solución a ser medida.
- c. La medición estará tomada cuando el símbolo de estabilidad desaparezca.
- d. El valor de pH automáticamente compensado se mostrará en LCD primario y el display secundario mostrará la temperatura de la muestra.

2.4.2.3 Expresión de cálculo

El equipo entrega directamente el valor de pH de la muestra, el cual se encuentra dentro de la escala de este parámetro, es decir, entre 0 y 14.

2.5 TEMPERATURA DE LA MUESTRA

2.5.1 Medición de temperatura en laboratorio

2.5.1.1 Principio y alcance

La temperatura es un parámetro físico que permite medir las sensaciones de calor y frío. Desde el punto de vista microscópico, la temperatura se considera una representación de la energía cinética interna media de las moléculas del agua.

La flora y fauna acuáticas son sensibles a los cambios de temperatura del agua y requieren que esta se mantenga dentro de un intervalo determinado para poder sobrevivir. Si la temperatura del agua permanece fuera de este intervalo durante mucho tiempo, los organismos quedaran expuestos a condiciones inadecuadas que pueden afectar a sus índices de reproducción o aumentar la susceptibilidad a enfermedades causadas por bacterias u otros microorganismos que se vean favorecidos por el aumento de la temperatura. Además, los cambios bruscos de temperatura pueden causar un choque térmico y finalmente ocasionar la muerte de algunos animales acuáticos.

La temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua (el agua a menor temperatura transporta más oxígeno). Este parámetro también influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos.

Este análisis es aplicable a todas las muestras de agua

2.5.1.2 Procedimiento

La medición de temperatura se desprende del procedimiento de la medición de pH, ya que el equipo utilizado también indica la temperatura.

Se debe introducir el electrodo de pH en la muestra. Este electrodo cuenta con un termómetro integrado que medirá la temperatura al mismo tiempo que mide el pH.

Finalmente, cuando se estabiliza la medición del pH, se debe registrar la temperatura.

2.5.1.3 **Expresión de cálculo**

La unidad de medida de la temperatura es el °C. Corresponde a la centésima parte entre el punto de fusión y ebullición del agua en la escala que fija el valor de 0 grados para la fusión y 100 grados para la ebullición.

2.5.2 **Medición de temperatura en terreno**

2.5.2.1 **Principio y alcance**

Es importante conocer la temperatura del agua porque puede ayudar a predecir y confirmar otras condiciones del agua. La temperatura tiene influencia directa en otros factores de la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto, DBO y la supervivencia de algunas especies.

Siempre debe considerarse la medición de temperatura en el análisis de aguas naturales en terreno, ya que es en ese momento exacto donde podemos conocer el estado del lago.

Este análisis es aplicable a todas las muestras de agua

2.5.2.2 **Procedimiento**

La medición de temperatura se desprende del procedimiento de los otros parámetros medidos con este equipo (pH, CE y SDT).

A partir de estas mediciones se debe registrar la temperatura de la muestra, introduciendo el electrodo directamente en el lago y esperando a que se estabilice la lectura.

Si esta coincide en la medición de todos los parámetros, registrar solo una vez.

2.5.2.3 **Expresión de cálculo**

El equipo de medición puede entregar la temperatura en °C o F°, dependiendo del modo que se seleccione. Como se mencionó anteriormente, el grado Celsius fija el valor de 0 grados para la fusión y 100 grados para la ebullición, en cambio el grado Fahrenheit considera 32° para congelación y 212° para ebullición. En este caso se considera la temperatura en °C.

2.6 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA MUESTRA

2.6.1 Medición de conductividad eléctrica en laboratorio

2.6.1.1 Principio y alcance

Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio).

La conductividad en acuíferos de agua dulce está determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca). Por ejemplo, aguas que corren en sustratos compuestos por materiales que no se ionizan tienden a tener menor conductividad. Las descargas de aguas residuales sobre cursos de aguas naturales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} , u otros iones.

La unidad básica para medir la conductividad es el siemens por centímetro. El agua destilada tiene una conductividad en el rango de 0,5 a 3 $\mu\text{Siemens/cm}$ (un μS^{-1} es la millonésima parte de un Siemens). La conductividad en los sistemas continentales generalmente es baja, variando entre 50 y 1.500 $\mu\text{S/cm}$. En cursos de agua dulce, conductividades por fuera de este rango pueden indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados. Algunos efluentes industriales pueden llegar a tener más de 10.000 $\mu\text{S/cm}$. Es por esto que la conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de agua dulce.

La medición de este parámetro se realiza con un conductímetro de mesa, marca Thermo Scientific, modelo Orion Star A212 y es aplicable a muestras con hasta 3000 mS/cm de conductividad.

2.6.1.2 Procedimiento

- a. Enjuague la celda de conductividad y cualquier otro electrodo en uso con agua destilada, seque con un paño sin pelusa y colóquelo en la muestra.
- b. Si la sonda del agitador está en uso y el medidor está en modo continuo o temporizado, presione "agitador" para encender la sonda del agitador. Si la sonda del agitador está en uso y el medidor está en modo de lectura automática, la sonda

del agitador comenzará a agitarse cuando se presione "medir" y se detendrá cuando la lectura se estabilice

- c. Por último, registre el valor que indica la pantalla del equipo.

2.6.1.3 Expresión de cálculo

El resultado de CE se expresa en $\mu\text{S}/\text{cm}$ y es entregado directamente por el equipo. Este análisis es aplicable para todas las muestras de agua que estén dentro del rango de 0,001 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 3000 mS/cm

2.6.2 Medición de conductividad eléctrica en terreno

2.6.2.1 Principio y alcance

La conductividad suele ser constante y estable en cursos de agua de gran magnitud y una vez conocido, puede ser utilizado como línea base para comparaciones con otras determinaciones puntuales.

Cambios significativos pueden ser indicadores de eventos puntuales de contaminación, por lo que su medición siempre debe considerarse en el análisis de aguas naturales en terreno.

En terreno la medición se realiza con un electro portátil multiparámetro, marca Hanna, modelo HI98130 y es aplicable para muestras hasta que contengan hasta 20 mS/cm de conductividad.

2.6.2.2 Procedimiento

- e. Encienda el equipo y seleccione el modo CE con el botón SET/HOLD
- f. Sumerja el electrodo en la solución a ser medida.
- g. La medición estará tomada cuando el símbolo de estabilidad desaparezca.
- h. El valor de CE automáticamente compensado se mostrará en el LCD primario y el display secundario mostrará la temperatura de la muestra.

2.6.2.3 Expresión de cálculo

El resultado de CE se expresa en $\mu\text{S}/\text{cm}$ y es entregado directamente por el equipo luego de la lectura. El número aparece en la pantalla principal del dispositivo de medición y su unidad de medida aparece a su lado en la pantalla secundaria.

2.7 ALCALINIDAD DE LA MUESTRA [11]

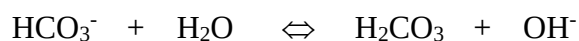
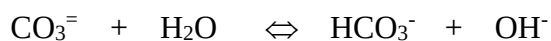
2.7.1 Determinación de alcalinidad en laboratorio

2.7.1.1 Principio y alcance

La alcalinidad del 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.

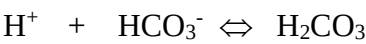
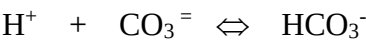
La alcalinidad se corrige por descarbonatación con cal, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, tratamiento con ácido, o desmineralización por intercambio iónico.

La alcalinidad se expresa en términos de mg/L CaCO_3 y se determina por titulación con H_2SO_4 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 y naranja de metilo o bien potenciométricamente. El viraje de la FF (de rosado a incoloro) a $\text{pH} > 8,3$ 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) $\text{pH} 4,5$ 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:

$$F = OH^- + \frac{1}{2} CO_3^{=}$$

$$M = OH^- + CO_3^{=} + HCO_3^-$$

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 de la tabla siguiente:

Tabla 2-3. Relaciones de alcalinidad

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

Fuente: Guía Laboratorio de Análisis Industrial.

Este análisis es aplicable para todas las muestras de agua.

2.7.1.2 Procedimiento

- 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 muestras con alta turbidez):

- Calibrar el pH metro con una solución tampón de pH lo más cercano al pH de la muestra a analizar.
- Tomar una alícuota de muestra de 50 ml e introducir en ella una barra de agitación.
- Introducir el electrodo de pH en la muestra y leer el pH inicial.
- 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).
- 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.

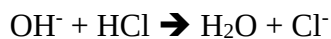
2.7.1.3 Expresión de cálculo

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

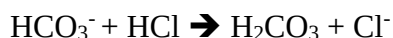
2.7.2 Determinación de alcalinidad en terreno

2.7.2.1 Principio y alcance

A través del kit de medición Hanna HI3811 se puede medir la alcalinidad como alcalinidad de fenolftaleína y alcalinidad total. La alcalinidad de la fenolftaleína 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 carbonato en iones de bicarbonato.



Dado que los iones bicarbonato se pueden convertir en ácido carbónico con ácido clorhídrico adicional, la alcalinidad de la fenolftaleína mide los iones de hidróxido totales, pero solo la mitad de la contribución del bicarbonato. Para convertir completamente los iones de carbonato, se agrega ácido clorhídrico hasta que el pH de la muestra es 4.5.



Esto se conoce como alcalinidad total.

2.7.2.2 **Procedimiento**

Determinación de la alcalinidad FF:

- Retire la tapa del recipiente de plástico pequeño. Enjuague el recipiente de plástico con una muestra de agua, llene hasta la marca de 5 ml y vuelva a colocar la tapa.
- Agregue 1 gota de indicador de fenolftaleína a través del puerto de la tapa y mezcle cuidadosamente el remolino en círculos cerrados. Si la solución permanece incolora, registre la alcalinidad de fenolftaleína como cero y continúe con el procedimiento para la determinación de la alcalinidad total (ver a continuación). Si la solución es rosa o roja, continúe con el siguiente paso.
- Tome la jeringa de titulación y empuje el émbolo completamente dentro de la jeringa. Inserte la punta en la solución HI3811-0 y saque el émbolo hasta que el borde inferior del sello del émbolo quede en la marca de 0 ml de la jeringa.
- 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 se vuelva incolora.
- Lea los mililitros de la solución de titulación de la escala de la jeringa y regístrelo.

Determinación de la alcalinidad total:

- Retire la tapa del recipiente de plástico pequeño. Enjuague el recipiente de plástico con una muestra de agua, llene hasta la marca de 5 ml y vuelva a colocar la tapa.
- A través del puerto de la tapa, agregue 1 gota de indicador azul de bromofenol y mezcle. Si la solución es verde o azul, continúe con el siguiente paso.

- c. Tome la jeringa de titulación y empuje el émbolo completamente dentro de la jeringa. Inserte la punta en la solución HI3811-0 y saque el émbolo hasta que el borde inferior del sello del émbolo quede en la marca de 0 ml de la jeringa.
- d. 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 se vuelva amarilla.
- e. Lea los mililitros de la solución de titulación de la escala de la jeringa y regístrelo.

Determinación de bajas concentraciones:

Si los resultados son menores a 100 mg/l, la precisión de la prueba se puede mejorar de la siguiente manera.

- a. Retire la tapa del recipiente de plástico grande. Enjuague el recipiente con una muestra de agua, llene hasta la marca de 15 ml y vuelva a colocar la tapa. Continúe con la prueba como se describe anteriormente.

2.7.2.3 **Expresión de cálculo**

$$\text{Alcalinidad FF} = \text{ml gasto con fenolftaleína} * 300 = \text{mg/L CaCO}_3$$

$$\text{Alcalinidad total} = \text{ml gasto con azul de bromofenol} * 300 = \text{mg/L CaCO}_3$$

Para obtener el resultado para la fenolftaleína y la alcalinidad total en bajas concentraciones, multiplique los valores en la escala de la jeringa (ml de gasto) por 100.

2.8 DUREZA DE LA MUESTRA [12]

2.8.1 Determinación de dureza en laboratorio

2.8.1.1 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 2-4:

Tabla 2-4. Dureza del agua

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.

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:

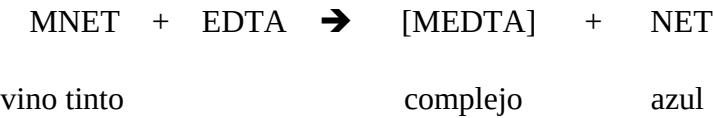


azul

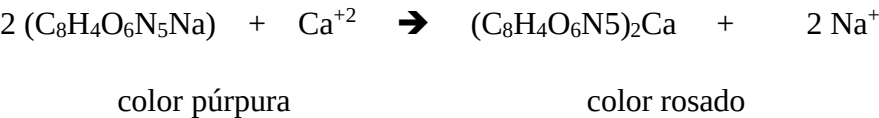
complejo vino tinto

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

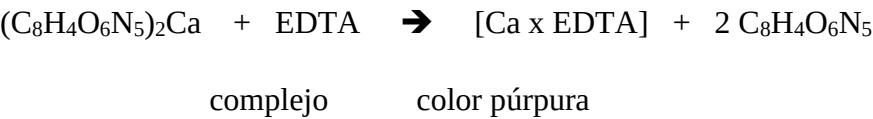
NET y la solución pasa de color vino tinto a un color azul lo cual indica el punto final de la titulación. La reacción puede representarse así:



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, $C_8H_4O_6N_5(NH_4)$, 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 calcon 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.

2.8.1.2 **Procedimiento**

Determinación de Dureza Total:

- a. Tomar una alícuota de 50 ml de muestra de agua (o 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, luego valorar con solución estandarizada de EDTA 0,01 M hasta viraje del indicador, desde color rojo vinoso a azul puro permanente.

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.

Determinación de Dureza Cálcica:

- a. Tomar una alícuota de 50 ml de muestra.
- b. Agregar 2 ml de solución de NaOH 1 N o 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 calcon carboxílico al 0,4%.
- e. Valorar con solución estandarizada de EDTA 0,01 M hasta viraje del indicador, desde rosado a azul puro permanente.

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.

2.8.1.3 Expresión de cálculo

$$\text{Dureza total} = \frac{\text{gasto EDTA dureza total} * 0.01\text{M} * 100 * 1000}{\text{ml muestra}}$$

$$\text{Dureza cálcica} = \frac{\text{gasto EDTA dureza cálcica} * 0.01\text{M} * 100 * 1000}{\text{ml muestra}}$$

$$\text{Dureza Magnésica} = \text{Dureza Total} - \text{Dureza Cálcica}$$

2.8.2 Determinación de dureza en terreno

2.8.2.1 Principio y alcance

El kit HI3812 mide el nivel de dureza en mg/L de carbonato de calcio, que se determina mediante una titulación con EDTA. La solución se ajusta primero a un pH de 10 utilizando una solución tampón. El indicador se quela con iones metálicos como el magnesio o el calcio para formar un complejo de color rojo. A medida que se agrega EDTA, los iones metálicos forman complejos con él. Una vez que todos los iones metálicos libres se han complejado, un exceso de EDTA elimina los iones metálicos complejados con el indicador para formar una solución de color azul. Este cambio de color de rojo a azul es el punto final de la titulación.

2.8.2.2 Procedimiento

Determinación de altas concentraciones (0 - 300 mg/L CaCO₃)

- Retire la tapa del recipiente de plástico pequeño. Enjuague el recipiente de plástico con una muestra de agua, llene hasta la marca de 5 ml y vuelva a colocar la tapa.
- Agregue 5 gotas de tampón de dureza a través del puerto de la tapa y mezcle cuidadosamente haciendo girar el recipiente en círculos cerrados.
- Agregue 1 gota de indicador calmagita a través del puerto de la tapa y mezcle como se describe arriba. La solución se convierte en un color rojo-violeta.
- Tome la jeringa de titulación y empuje el émbolo completamente dentro de la jeringa. Inserte la punta en la solución EDTA HI3812-0 y extraiga el émbolo hasta que el borde inferior de la superficie del mar quede en la marca de 0 ml de la jeringa.

- e. 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, agitando para mezclar después de cada gota.
- f. Continúe agregando la solución de titulación hasta que la solución se vuelva púrpura, luego mezcle durante 15 segundos después de cada gota adicional hasta que la solución se vuelva azul.
- g. Lea los mililitros de la solución de titulación de la escala de la jeringa y regístrelo.

Determinación de bajas concentraciones (0.0 a 30.0 mg/L CaCO_3)

- a. Si los resultados son menores a 30 mg/L de CaCO_3 , la precisión de la prueba puede mejorarse siguiendo el procedimiento a continuación.
- b. 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.
- c. Continúe con la titulación al igual que en la prueba de altas concentraciones.
- d. Lea los mililitros de la solución de titulación de la escala de la jeringa regístrelo.

2.8.2.3 Expresión de cálculo

Altas concentraciones:

$$\text{Dureza} = \text{ml gasto EDTA} \times 30 = \text{mg/L CaCO}_3$$

Bajas concentraciones:

$$\text{Dureza} = \text{ml gasto EDTA} \times 30 = \text{mg/L CaCO}_3$$

2.9 METALES EN LA MUESTRA [13]

2.9.1 Determinación de metales en laboratorio

2.9.1.1 Principio y alcance

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.

Algunos metales son indispensables en bajas concentraciones, ya que forman parte de sistemas enzimáticos, como el cobalto, zinc, molibdeno, o como el hierro que forma parte de la hemoglobina. Su ausencia causa enfermedades, su exceso intoxicaciones.

Por otro parte los metales tóxicos son aquellos metales pesados cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Los términos metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos, pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos.

El incremento de metales pesados en el agua se debe a contaminación puntual, proveniente de faenas mineras, de origen industrial, lixiviados de vertederos o lixiviados de aguas servidas. Además, existen aguas que sufren procesos de enriquecimiento natural al fluir a través de rocas que poseen este tipo de metales en su composición.

Los metales pesados se encuentran en el agua como metales totales, que es el 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.

Los metales disueltos son los metales presentes en una muestra no acidificada que pasa a través de un filtro de membrana de 0,45 μm y los metales suspendidos son los metales que quedan retenidos en el filtro de membrana de 0,45 μm .

Para determinar metales disueltos y suspendidos por separado, se debe 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 $\text{pH} < 2$).

Este análisis es aplicable en todas las muestras de aguas.

2.9.1.2 Procedimiento

Preservación de la muestra: Inmediatamente después de la toma de muestra, acidificar ésta con HNO_3 (app. 1,5 ml HNO_3 conc./L de muestra o 3 mL de HNO_3 1:1/ L de muestra), hasta un $\text{pH} < 2$ y conservar refrigerada a 4°C.

Digestión de la muestra:

- a. Medir una alícuota de muestra de 100 mL (o según indicaciones) y llevar a un vaso de pp.
- b. Agregar 5 mL de HNO_3 conc. y evaporar suavemente en plancha calefactora, hasta tener un volumen de app. 10-20 mL.
- c. 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.
- d. 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.
- e. 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. 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)

En este caso, se realiza una técnica de exploración previa de la muestra, que permite evaluar cualitativamente el contenido de metales y la necesidad de realizar alguna de las curvas de calibración. Esta técnica consiste en realizar una lectura de metales sobre la muestra sin ningún tratamiento previo, esta lectura indicara si hay presencia significativa de metales. Es importante mencionar que este método es aplicable a muestras que no contengan solidos suspendidos apreciables.

2.9.1.3 Expresión de cálculo

El cálculo del contenido de metales en la muestra debe realizarse a través de una regresión lineal de la curva de calibración, en cuya ecuación resultante se reemplaza el valor de absorbancia obtenido de la lectura de la muestra en el EAA.

2.9.2 Determinación de metales en terreno

No se realiza determinación de metales en terreno, ya que no se cuenta con un equipo especializado para la medición de este parámetro.

2.10 OXÍGENO DISUELTO EN LA MUESTRA [14]

2.10.1 Determinación de oxígeno disuelto en laboratorio

2.10.1.1 Principio y alcance

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. Éste es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un recurso hídrico para mantener la vida acuática.

La concentración de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos. La entrada de oxígeno puede estar provocado por muchas fuentes, pero la principal es el oxígeno absorbido en la atmosfera.

Este oxígeno se disuelve con facilidad hasta que el agua se satura. Una vez disuelto. Se difunde lentamente con el movimiento del agua. Este proceso es natural y continuamente existe intercambio de oxígeno entre el agua y el aire. Un agua turbulenta, un torrente de montaña o un lago con oleaje tendrá mayor absorción ya que la superficie del agua está mucho más expuesta al aire. Las aguas estancadas retienen y absorben menos oxígeno, además las plantas también juegan un papel fundamental, ya que durante el día captan dióxido de carbono convirtiéndolo en oxígeno.

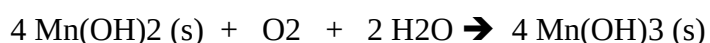
El oxígeno de un sistema acuático no depende solo de la producción y el consumo. También existen otros factores como la salinidad, ya que el agua dulce tiene más oxígeno que el agua salada; la temperatura, que al aumentar disminuye la solubilidad de este gas o la altitud.

El oxígeno disuelto es muy importante para los ecosistemas acuáticos y cuando su concentración es alta, es más probable que el entorno sea sano y estable, ya que permite mantener diversidad de organismos.

El oxígeno es responsable de dos fenómenos indispensables, la respiración de los seres vivos y la descomposición de la materia orgánica cuando muere. Esta descomposición se realiza a través del oxígeno en sí mismo, gracias a su capacidad oxidante y mediante bacterias y hongos que necesitan oxígeno para vivir.

El oxígeno disuelto 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).

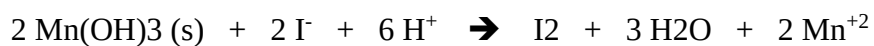
Se puede cuantificar el oxígeno disuelto a través del Método de Winkler, el cual se basa en convertir el OD presente en la muestra en una cantidad de yodo que sea químicamente equivalente y que pueda ser valorado en forma cuantitativa. Para lograrlo, a la muestra se le agrega sulfato de manganeso, hidróxido de sodio, yoduro de potasio y eventualmente, azida de sodio. El hidróxido de manganeso (II) blanco producido reacciona rápidamente con el oxígeno disuelto para formar hidróxido de manganeso (III) de color café a través de las siguientes reacciones:



blanco

café

Posteriormente se acidifica la muestra, produciéndose la oxidación del yoduro a yodo y la reducción del manganeso (III) a manganeso (II):

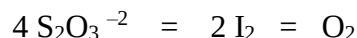


Finalmente, el yodo producido, equivalente al oxígeno disuelto que había en la muestra, puede ser valorado con solución estándar de tiosulfato sódico, en presencia de almidón como indicador, según la reacción:



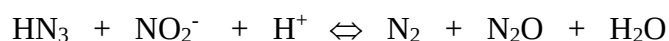
Debido a que un mol de oxígeno equivale a dos moles de yodo, se requerirán cuatro moles de tiosulfato por cada mol de oxígeno disuelto. Por lo tanto, las relaciones químicas que

han de mantenerse para que el método Winkler proporcione con exactitud la concentración de OD son:



De lo anterior se concluye que 1 milimol de tiosulfato es equivalente con 8 mg de O_2 .

La adición de azida de sodio sólo es necesaria cuando en la muestra de agua hay presencia de iones nitritos. La interferencia debida a los nitritos es destruida con el azida de sodio y las reacciones que ocurren son las siguientes:



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.

Este análisis se puede realizar en cualquier muestra de agua.

2.10.1.2 Procedimiento

- a. Agregar a las botellas de DBO 1 mL MnSO_4 48% y 1 mL del reactivo yodo-azida. 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).

2.10.1.3 Expresión de cálculo

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

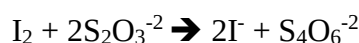
2.10.2 Determinación de oxígeno disuelto en terreno

2.10.2.1 Principio y alcance

El kit de prueba de Oxígeno Disuelto Hanna HI3810 determina la concentración de oxígeno en el agua rápida y fácilmente, tanto en terreno como en el laboratorio.

Se utiliza un método Winkler modificado. Los iones de manganeso reaccionan con el oxígeno en la presencia de hidróxido de potasio para formar un precipitado de óxido de manganeso. Una azida está presente para evitar que algún ion nitrito interfiera con la prueba. En adición al ácido, el hidróxido de óxido de manganeso oxida el yoduro a yodo. Debido a que la cantidad de yodo generado es equivalente al oxígeno en la muestra, la concentración de yodo es calculada por titulación de iones de tiosulfato que reducen el yodo nuevamente 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 .

2.10.2.2 Procedimiento

- 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.

2.10.2.3 Expresión de cálculo

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

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

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

2.11 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN LA MUESTRA [14]

2.11.1 Determinación de DBO en laboratorio

2.11.1.1 Principio y alcance

La demanda biológica de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de O_2 consumido al degradar la materia orgánica del agua. Dicha materia orgánica es susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que pueda contener la muestra.

La DBO se utiliza para medir el grado de contaminación y por lo general la medición se realiza cinco días después de iniciada la reacción (OD_5).

El método pretende medir la concentración de contaminantes orgánicos, sin embargo, este tipo de contaminación no es la única causa del consumo de O_2 , sino que también intervienen la oxidación de nitritos y sales amoniacales que también son susceptibles de ser oxidadas por bacterias en la disolución. Para evitar este hecho, se agrega tiourea como inhibidor. Además, influyen las necesidades de oxígeno originadas por la asimilación y creación de nuevas células.

Otras variaciones significativas están dadas por el tipo de microorganismos, su concentración y edad; la presencia de bacterias nitrificantes y protozoos consumidores de O_2 que se alimentan de bacterias.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. En aguas con bajo contenido de materia orgánica la precisión del método disminuye considerablemente.

2.11.1.2 Procedimiento

La determinación de DBO se realiza a partir del procedimiento de Oxígeno Disuelto.

2.11.1.3 Expresión de cálculo

A partir de la relación entre el Oxígeno Disuelto en el primer y quinto día de reacción se obtiene la DBO.

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

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

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

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

2.11.2 Determinación de DBO en terreno

No se realiza la medición de DBO en terreno, ya que, en este caso, la medición de DBO en terreno y laboratorio debe hacerse sobre la misma muestra, por lo que solo se considera el análisis tradicional.

2.12 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES EN LA MUESTRA [15]

2.12.1 Determinación de sólidos disueltos totales en laboratorio

2.12.1.1 Principio y alcance

La característica física más importante del agua es el contenido total de sólidos, término que engloba otros parámetros como la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Es decir, los sólidos incluyen toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos.

En este estudio se considera la determinación de sólidos disueltos totales o sólidos filtrables, y corresponde a la porción de sólidos totales que pasa a través del filtro Millipore o del filtro de fibra de vidrio.

Los SDT pueden ser de origen orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales. 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.

2.12.1.2 Procedimiento

Los procedimientos usados en la determinación del contenido de sólidos son métodos gravimétricos y como tales requieren la determinación del peso de cápsulas con o sin residuos. Es importante, por lo tanto, usar recipientes previamente acondicionados y de peso constante, con el fin de no introducir errores en la determinación.

Como se menciona anteriormente, en este estudio se determinan sólidos disueltos totales, cuyos procedimientos se describen a continuación.

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.
- g. Registrar el peso y finalmente calcular la cantidad de SDT.

2.12.1.3 Expresión de cálculo

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

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

B . peso de la cápsula, mg.

V : volumen de muestra, mL

2.12.2 Medición de sólidos disueltos totales en terreno

2.12.2.1 Principio y alcance

La medición de sólidos disueltos totales en terreno se realiza mediante equipo multiparámetro siguiendo el procedimiento detallado a continuación. Es aplicable para todas las muestras de aguas que contenga hasta 10 g de sólidos disueltos totales por litro.

2.12.2.2 Procedimiento

- i. Encienda el equipo y seleccione el modo TDS con el botón SET/HOLD
- j. Sumerja el electrodo en la solución a ser medida.
- k. La medición estará tomada cuando el símbolo de estabilidad desaparezca.
- l. El valor de SDT automáticamente compensado se mostrará en el LCD primario y el display secundario mostrará la temperatura de la muestra.

2.12.2.3 Expresión de cálculo

El resultado de los sólidos disueltos se expresa en ppm y el equipo lo entrega directamente.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS DE AGUA LAGO TORO

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los análisis realizados en terreno (Tabla 2-5) y también los resultados obtenidos en el laboratorio (Tabla 2-6)

Tabla 2-5. Resultados calidad de agua en Lago Toro. Análisis en terreno.¹

Parámetro		Muestra			
		M4A	M4B	M4C	M4D
Dureza total (mg CaCO3/L)		36	60	18	8,1
Alcalinidad (mg CaCO3/L)	Total	31	25	35	34
	FF	< 15ppm	< 15ppm	< 15ppm	< 15ppm
Oxígeno disuelto (mg O2/L)		5,8	6,2	7,5	6
Coliformes (presencia/ausencia en 10mL)	Totales	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
	Fecales	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
pH		7,43	8,09	7,54	7,19
Temperatura (°C)		16,2	15,8	16,3	15,6
Conductividad eléctrica (µS/cm)		21	22	21	21
SDT (ppm)		11	11	11	11
Fosfato (ppm)		<1ppm	<1ppm	3	1
Nitrato (mg NO3/L)		<10ppm	<10ppm	<10ppm	<10ppm
Acidez (mg CaCO3/L)	NM	<25ppm	<25ppm	<25ppm	<25ppm
	FF	5	5	4	4
Dioxido de carbono (mg CO2/L)		3	3	3	2,3

Fuente: Elaboración propia.

¹ En la Tabla 2-5 se utiliza la nomenclatura Acidez NM cuando se habla de acidez propiamente tal. El término Acidez FF se utiliza para referirse a la Alcalinidad. Esto se evidencia en que el pH de la muestra es levemente alcalino, por lo que la acidez FF representa los iones hidróxido presentes en ella.

Los resultados expresados como “<” son inferiores al límite de detección calculado para el parámetro correspondiente..

Tabla 2-6. Resultados calidad de agua en Lago Toro. Análisis en laboratorio.

Parámetros		Muestra							
		Analista 1				Analista 2			
		M1A	M1B	M1C	M1D	M2A	M2B	M2C	M2D
Dureza total (mg CaCO3/L)		14	12	12	10	12	12	14	8
		14	14	14	14	16	14	12	14
Alcalinidad (mg CaCO3/L)	Total	6	7	6	6	6	7	6	6
		7	6	5	6	6	6	6	6
	FF	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm
		<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm	<1ppm
Oxigeno disuelto (mg O2/L)	OD1	7,8	7,9	8,1	8	8,2	8	8	8,1
	OD5	7	7,2	7,1	7,3	7,4	7,1	7,2	7,2
DBO (mg O2/L)		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
Conductividad eléctrica (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

Fuente: Elaboración propia

3.2 REGISTRO DE CALIDAD DE AGUAS

Tabla 2-7. Registro calidad de aguas naturales para archivar.

Registro Calidad de Aguas Naturales											
Tipo de recurso hídrico											
Nombre											
Ubicación geográfica											
Fecha de análisis								Hora inicio			
								Hora final			
Resumen de Resultados											
Puntos de muestreo		Parámetros									
		pH	temperatura	CE	SDT	OD	dureza	alcalinidad		coliformes	
								FF	Total	totales	fecales
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
Marca y modelo equipo utilizado											
Analista											
Nombre											
Cargo											
Institución											
Contacto		teléfono							Firma		
		e-mail									
Verificación											
Nombre											
Cargo											
Institución											
Contacto		teléfono							Firma		
		e-mail									
Observaciones al reverso											

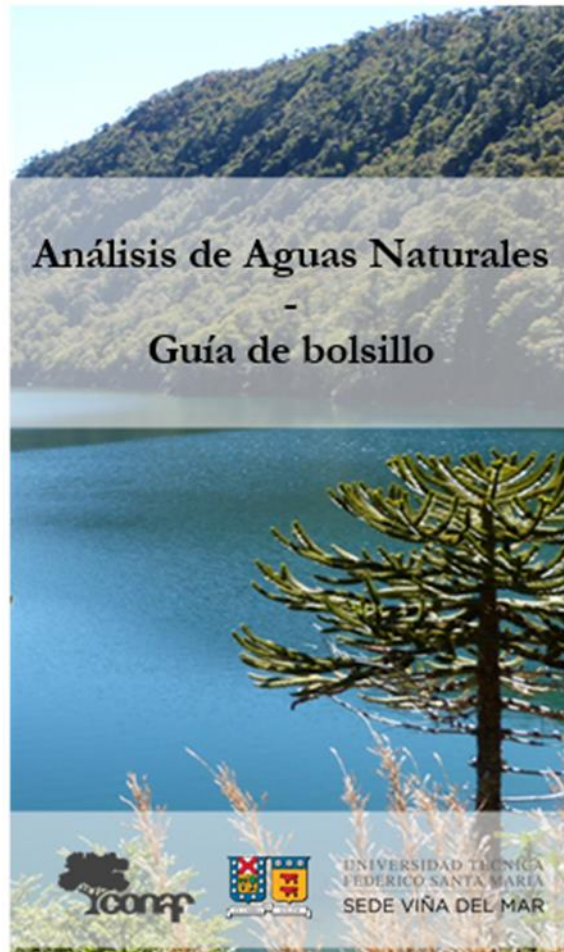
Fuente: Elaboración propia.

3.3 GUÍA DE BOLSILLO PARA ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES EN TERRENO

De este trabajo se desprende la elaboración de una guía de bolsillo para análisis de aguas naturales en terreno, aplicable al muestreo y análisis de cuencas de similares características.

Esta guía pretende entregar recomendaciones y referencias, recopilando experiencias adquiridas al momento de desarrollar este estudio.

La Figura 2-3 muestra la portada de esta guía. En el Anexo 5 puede ver el contenido detallado de esta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-3. Portada guía de bolsillo para análisis de aguas naturales en terreno.

DISCUSIÓN

En este estudio se evalúan algunos de los parámetros de calidad del agua especificados en la NCh 1333 Of.78 de tipos de agua según su uso, para aguas de uso recreativo con contacto directo, como pH, temperatura y coliformes fecales, además, otros indicadores que son considerados por la normativa internacional para la calidad de aguas naturales, que son OD, DBO, SDT, CE, metales pesados, fosfato, nitrato, acidez, dureza, alcalinidad y coliformes totales.

El análisis de los resultados está enfocado a establecer el estado ecológico del Lago Toro, por lo que se da énfasis a lo que estos representan, por sobre lo que indica como mínimo o máximo alguna de estas normas.

En primer lugar, según la NCh 1333 Of.78 el pH del agua para uso de recreación con contacto directo, como es el caso de este lago, debe encontrarse entre 6,5 a 8,3 y para el caso de aguas destinadas a vida acuática, categoría que también puede ser aplicada a este caso, debe ser entre 6,0 y 9,0. Los resultados obtenidos en terreno son 7,43; 8,09; 7,54 y 7,19 para los puntos M4A, M4B, M4C Y M4D respectivamente. Los resultados de análisis de laboratorio para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D son 7,88; 7,56; 5,54 y 5,83, mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C Y M2D se obtiene 7,43; 7,12; 5,57 y 5,74. Si se comparan los resultados obtenidos en terreno con la normativa, se puede ver que no hay desviaciones, ya que estos cumplen con los parámetros establecidos, sin embargo en los resultados obtenidos en el laboratorio se observa una clara desviación en los puntos de muestreo MC y MD tanto en la muestra 1 como en la 2. Esta desviación pudo ser ocasionada por malas condiciones de almacenamiento y/o transporte, donde las muestras pudieron tener un aumento de temperatura importante. Además, pudieron quedar expuestas a la contaminación atmosférica en esas etapas o mientras estaban siendo analizadas en el laboratorio y con el aumento de CO₂, que reacciona con el agua, se produce ácido carbónico que aumenta la concentración de H⁺ en la muestra. De todas maneras, el pH obtenido indica que las aguas del lago Toro son neutrales y que no hay indicios de contaminación por actividades industriales.

Otro de los parámetros de implicancia para el cumplimiento de la Norma Chilena es la confirmación de la presencia de coliformes fecales, como máximo 1000 UFC/100mL. Este análisis se realiza solo en terreno, debido a que no se pudo asegurar un transporte de las muestras en óptimas condiciones y en el intervalo de tiempo requerido para un análisis microbiológico debido a falta de recursos. Los resultados en terreno para todas las muestras indican ausencia, al igual que en la prueba de coliformes totales. En el Anexo 6

se muestran las fotografías de los resultados, que indican ausencia de coliformes fecales. Es importante mencionar que esto no significa que no haya absolutamente ninguna UFC de estos microorganismos, sino que están bajo el rango de medición del kit de muestreo en terreno. [Ver Anexo 2]. En consecuencia, de los resultados, se puede decir que indican que el agua es bacteriológicamente segura y que no hay riesgo en el contacto para las personas.

En cuanto a la temperatura del agua, los resultados en terreno son 16,2; 15,8; 16,3 y 15,6 °C para los puntos M4A, M4B, M4C Y M4D respectivamente. Los resultados de análisis de laboratorio para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D son 19,8; 20,1; 20,5 y 20,1 °C mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C Y M2D se obtiene 20,0; 19,6; 20,3 y 20,6 °C. La normativa (NCh 1333 Of.78) indica un máximo de 30 °C para aguas de uso recreativo con contacto directo por lo que en todos los casos los resultados se encuentran dentro de la norma. Para aguas destinadas a vida acuática se establece un máximo de 3°C para flujos de agua, valor mucho menor al medido, pero no debe ser considerado ya que el muestreo se realiza en aguas calmas y superficiales, condiciones que obviamente alteran la temperatura de las aguas muestreadas.

La conductividad eléctrica de las muestras es 21; 22; 21 y 21 uS/cm para los puntos M4A, M4B, M4C Y M4D respectivamente. Los resultados de análisis de laboratorio para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D son 21,91; 21,61; 21,39 y 21,71 uS/cm mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C Y M2D se obtiene 26,24; 29,11; 21,49 y 21,05 uS/cm. Si bien la norma chilena no especifica valores máximos o mínimos para este parámetro, la normativa internacional si lo considera como un indicador de la calidad de agua natural. Como la conductividad es indicador de la salinidad, el resultado puede dar una idea general de cantidad de iones presentes en el agua. Según la tabla de conductividad del agua en el Anexo 7, el agua ultra pura contiene 0,055 uS/cm, el agua destilada 0,5 uS/cm, el agua doméstica entre 500 y 800 uS/cm y el agua salobre 100 mS/cm. Considerando estos valores, se puede decir que la calidad de agua de Lago toro se encuentra cercana a la del agua destilada, por lo que hay pocos iones en disolución, que pueden haberse incorporado a través del paso del agua por cuencas ricas en minerales.

Otro parámetro medido son los SDT, cuyos resultados en terreno son 11 ppm para los puntos M4A, M4B, M4C Y M4D. Los resultados de análisis de laboratorio para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D son 20; 10; 0 y 20 ppm, mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C Y M2D se obtiene 20; 30; 10 y 50 ppm respectivamente. Según la EPA, que considera a los SDT como un indicador secundario de la calidad del agua, el valor máximo que puede tomar este índice en agua para consumo humano es de 500 ppm. Cabe mencionar que solo se realiza el análisis de sólidos disueltos totales porque no se aprecian

sólidos suspendidos en las muestras. Tomando como referencia el valor de la Agencia de Protección Ambiental se puede decir que el agua presenta un bajo contenido de SDT, lo que es beneficioso para los organismos acuáticos, ya que permite el paso de la radiación solar, que es de vital importancia para el desarrollo de la vida.

El oxígeno disuelto es un gran indicador de la calidad de aguas. Los resultados obtenidos para este parámetro son 5,8; 6,2; 7,5 y 6 ppm de O_2 para los puntos M4A, M4B, M4C Y M4D. Los resultados de análisis de laboratorio para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D son 7,8; 7,9; 8,1 y 8,0 ppm de O_2 , mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C Y M2D se obtiene 8,2; 8,0; 8,0 y 8,1 ppm de O_2 respectivamente. Este parámetro está directamente involucrado en la medición de DBO a través de la relación del oxígeno disuelto del primer día de reacción con el medido al quinto día de reacción. No se realiza la determinación de DBO en terreno, ya que, en este caso, la medición de DBO en terreno y laboratorio debe hacerse sobre la misma muestra, por lo que solo se considera el análisis tradicional. Los resultados de OD_5 obtenidos para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D son 7,0; 7,2; 7,1 y 7,3 ppm de O_2 , mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C Y M2D se obtiene 7,4; 7,1; 7,2 y 7,2 ppm de O_2 respectivamente. Finalmente la relación de ambos parámetros da como resultado 240, 210, 300 y 210 ppm de O_2 para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D, mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C Y M2D se obtiene 240, 270, 240 y 270 ppm de O_2 .

En la medición de dureza total, los resultados obtenidos en terreno son 36, 60, 18 y 8,1 ppm de $CaCO_3$ para los puntos M4A, M4B, M4C Y M4D. Los resultados de análisis de laboratorio para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D son 14; 14; 12 y 10 ppm de $CaCO_3$ y 14 ppm de $CaCO_3$ en los duplicados, mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C y M2D se obtiene 12; 12; 14 y 8 ppm de $CaCO_3$ y 16; 14; 12 y 14 en los duplicados. La dureza es un índice de la cantidad de iones metálicos divalentes capaces de reaccionar para formar precipitados o dicho de otra manera, la dificultad para generar espuma. Como se muestra en la Tabla 2-4, el agua se puede clasificar según su dureza. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede considerar el agua del Lago Toro como muy blanda, ya que está por debajo de los 70 ppm de $CaCO_3$. La diferencia entre los valores de terreno con respecto a los obtenidos en laboratorio, que son notoriamente más precisos, pudo originarse porque los primeros se desvían del rango de operación del equipo utilizado, que mide entre 0 y 10 ppm, por lo que el método pierde exactitud.

También se mide alcalinidad FF y total. En el caso de la alcalinidad FF el resultado es 0, tanto en análisis en terreno como en el laboratorio, esto se debe a que la alcalinidad de las muestras está dada sólo por HCO_3^- . Los resultados de alcalinidad total son 31, 25, 35 y 34 ppm de $CaCO_3$ para los puntos M4A, M4B, M4C Y M4D. Los resultados de análisis de

laboratorio para los puntos M1A, M1B, M1C Y M1D son 6; 7; 6 y 6 ppm de CaCO_3 y 7; 6; 5 y 6 ppm de CaCO_3 en los duplicados, mientras que en los puntos M2A, M2B, M2C y M2D se obtiene 6; 7; 6 y 6 ppm de CaCO_3 y 6 ppm en los duplicados. Los valores obtenidos se consideran bajos, en comparación al valor promedio de alcalinidad en agua potable que pocas veces sobrepasa las 300 ppm de CaCO_3 (quiere decir que el agua analizada tiene baja capacidad para neutralizar ácidos), sin embargo, no hay normativa vigente que indique valores mínimos o máximos de este parámetro. Los resultados del muestreo en terreno son significativamente más altos que los obtenidos en el laboratorio, esto debido a que el equipo utilizado en la medición en terreno no tiene la sensibilidad suficiente para determinaciones tan pequeñas como ocurre en este caso, pese a que su rango de operación para concentraciones bajas es de 0 a 100 ppm, el incremento mínimo es una parte por millón y esto, sumado a la posibilidad de descalibración del equipo y errores en la titulación aumenta en gran medida la probabilidad de obtener un valor mayor al real.

En el caso del análisis de metales pesados (Cu, Zn, Pb y Cd) se realiza una técnica de exploración previa que consiste en realizar una lectura de metales sobre la muestra sin ningún tratamiento previo, esta lectura indicara si hay presencia significativa de metales y permite evaluar cualitativamente el contenido de metales y la necesidad de realizar alguna de las curvas de calibración. Es importante mencionar que este método es aplicable a muestras que no contengan sólidos suspendidos apreciables. El resultado de este análisis indica que el contenido de metales no es detectable, por lo que no fue necesario realizar las curvas de calibración para cuantificarlos.

Otros parámetros que están contemplados por la normativa internacional como índices de calidad de agua son la presencia de nitrato y/o de fosfato. La determinación de estos parámetros solo se lleva a cabo en terreno. Los resultados de nitrato son 0 ppm para M4A, M4B, M4C y M4D. En el caso de fosfato, los resultados son 0, 0, 3 y 1 ppm para M4A, M4B, M4C y M4D respectivamente. Estos resultados se consideran como positivos, ya que son potenciales contaminantes químicos muy dañinos para la salud. Según la EPA, se fija como valor máximo permitido 10 ppm de NO_3^- en aguas que puedan llegar a ser consumidas por personas. La norma colombiana resolución 2115 de 2007, en el artículo 7° establece que el valor máximo aceptable para la concentración de fosfatos en el agua para consumo humano debe ser menor o igual a 0,5 ppm de PO_4^{3-} .

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conforme a lo expuesto en este estudio se puede asegurar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Se realiza el análisis de agua del Lago Toro, obteniendo los valores base de la composición química del lago, a través de la recolección de muestras que se analizan en terreno mediante equipos especializados para ello y además, llevando las muestras al Laboratorio de Química y Medio Ambiente de la UTFSM, para su posterior análisis mediante métodos tradicionales. La obtención de los resultados, tanto de terreno como de laboratorio son un aporte a la línea base del estado ecológico de este lago.

También, desde la experiencia adquirida, se elabora una guía de bolsillo y un registro de calidad de aguas que se puede aplicar en otras instancias de muestreo y análisis de aguas naturales y luego archivar, con el fin de llevar un orden de esta información, que finalmente constituya una base de datos del estado ecológico de diferentes lagos, lagunas o embalses a nivel nacional

Finalmente se realiza en análisis de los resultados en terreno y se comparan los valores obtenidos con los resultados obtenidos en el laboratorio.

Del análisis de resultados se puede establecer que la calidad del agua del Lago Toro es la adecuada para sustentar el ecosistema que la rodea y además es segura química y biológicamente para las personas que visitan este lago.

Se aconseja considerar la utilización de un bote inflable o kayak para tener un mejor acceso a puntos distantes del lago, ya que no siempre hay disponibilidad para aproximarse por la orilla de este.

En el caso de la temperatura, para poder medir este parámetro en capas más profundas del lago, puede utilizarse una sonda o termocupla que es capaz de sumergirse a mayores profundidades que lo alcanzado por un analista y en condiciones seguras.

REFERENCIAS

- [1] Protección SNASPE. <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/prevencion/proteccion-snaspe/>
- [2] Tercer Reporte del Estado del Medio Ambiente. 2017. <http://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/09/REMA-2017.pdf>
- [3] Características Generales Parque Nacional Huerquehue. https://es.wikipedia.org/wiki/Parque_nacional_Huerquehue
- [4] Flora y Fauna Parque Nacional Huerquehue. <http://parque-huerquehue.blogspot.com/2012/06/flora-y-fauna.html>
- [5] Senderos Parque Nacional Huerquehue. <http://chilemochilero.cl/rutas/rutas-sur/huerquehue/>
- [6] Lago Toro. https://es.wikipedia.org/wiki/Lago_Toro
- [7] NORMA CHILENA OFICIAL NCh1333.Of78
- [8] Resultados concurso “Generando ecosistemas de innovación”. Código del proyecto: FMS1402_S_06. <http://ines.dgiip.usm.cl/wp-content/uploads/2018/07/Resultadosfase2.pdf>
- [9] Manual de Normas y Procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos. http://www.dga.cl/legislacionynormas/normas/Reglamentos/proced_conservacion.pdf
- [10] Instructivo para Toma de Muestras de Aguas. https://www.entrierios.gov.ar/oser/leyes/Instructivo_para_la_Toma_de_Muestra_de_Agua.pdf
- [11] Guía Laboratorio de Análisis Industrial I. Análisis de Aguas. Determinación de Alcalinidad. María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.
- [12] Guía Laboratorio de Análisis Industrial I. Análisis de Aguas. Determinación de Dureza. María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.
- [13] 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.
- [14] Guía Laboratorio de Análisis Industrial. Análisis de Aguas. Determinación de parámetros indicativos de contaminación orgánica. María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.
- [15] Guía Laboratorio de Análisis Industrial. Análisis de Aguas. Determinación de Sólidos. María Elena Pérez de Arce. 1s. 2018.
- [16] Técnicas Convencionales y Simplificadas Aplicadas al Análisis Microbiológico de Aguas

ANEXOS

[ANEXO 1: DOCUMENTOS 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. ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS
REGION DE LA ARAUCANIA
BGL. MSM

Autorización N° 12/2018 IX

Autorización para realizar actividades de Investigación en el Sistema Nacional de Áreas 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.

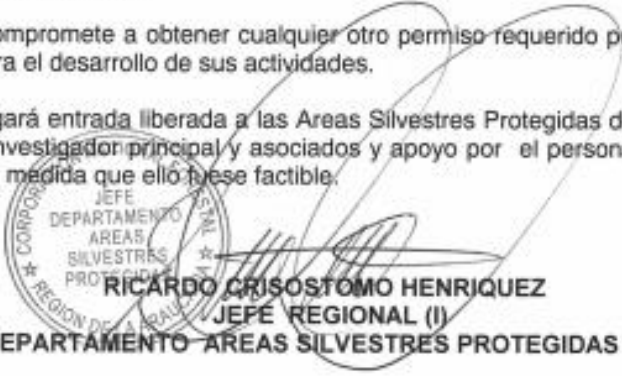
5.- De acuerdo al compromiso contraído por el investigador en su solicitud de investigación, éste declara conocer y se compromete a cumplir las normas del Reglamento sobre Proyectos de investigación en Áreas Silvestres Protegidas del Estado, especialmente aquellas referidas a la entrega de informes de 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 Áreas 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 AREAS 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: P. Universidad	Acta No
Encargada: Administración del CHAVE	Fecha: 11/10/2016
Representante USM: Humberto Sepúlveda	Hora inicio: 10:00 Fin: 14:00
Cargo USM: Jefe Carrera T.U. en Química	

PARTICIPANTES			
No.	Nombre	Cargo	Firma
1	Felix Ledesma Z	GUARDAFANYUE	
2	Gumercindo Paragorri	ADMINISTRADOR (I)	
3	Humberto Sepúlveda	Profesor.	
4	Maria Constanza Buitos	Alumno	
5	Simon Rivas Rojas	alumno	
6	Gabriel Sepúlveda	DOCENTE	
7	Isabella Zanni	Alumno	
8	Valentina Messerut	Alumna	
9	Pedro Dietz Opavender	Alumno	
10	Sara Ortega A.	Alumna	
11			
12			
13			
14			

PUNTOS DE DISCUSION	
1	- Presentación de informe 2015.
2	- Taller con Administradores y Asesoración
3	- Plan de mejoras de área.
4	- Presentación de 2 documentos para trabajo en
5	comando.
6	- Análisis en planta conluzo, peróxido.



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 control con la periodicidad de toma de muestras de aguas. - Se hace entrega de informe levantado el Ato 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 Nº 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. - Los docentes deben el compromiso de continuar el estudio durante el 2019.				
CONCLUSIONES				
No	Tarea	Responsable	Periodo de cumplimiento	Observaciones
1	Ejecución de Proyecto EST/402-S-06	Gonzalo Sepúlveda	2018	—
2	Retorno a Unidades	Nahia Bustos	2018-2019	—
3	Retorno a 2 Unidades	Sara Ortega	2018-2019	—
4	Postulación a otros fondos para continuar estudio	Gonzalo Sepúlveda	2018-2020	—



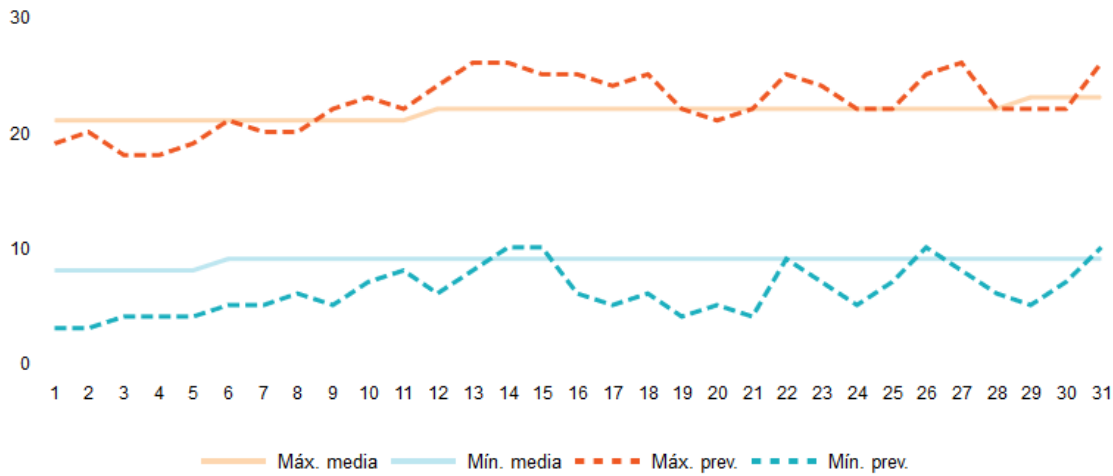
[ANEXO 2: RANGOS Y MARCAS DE KITS DE MUESTREO POR PARÁMETRO]

Parámetro	Rango del kit de muestreo	Marca y modelo del kit de muestreo
Dureza total (mg CaCO3/L)	0 - 10	Hanna Instrumets - HI3812
Alcalinidad (mg CaCO3/L)	0 - 300	Hanna Instrumets - HI3811
Oxigeno disuelto (mg O2/L)	0 - 300	Hanna Instrumets - 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	LU. 24/12  22° /5° Algunos chubascos temprano	MA. 25/12  22° /7° Sol y algo de nubosidad	MI. 26/12  25° /10° Principalmente soleado	JU. 27/12  26° /8° Principalmente soleado	VI. 28/12  22° /6° Algunos chubascos más tarde	SÁ. 29/12  22° /5° Períodos de lluvia

Gráfico de temperaturas diciembre 2018

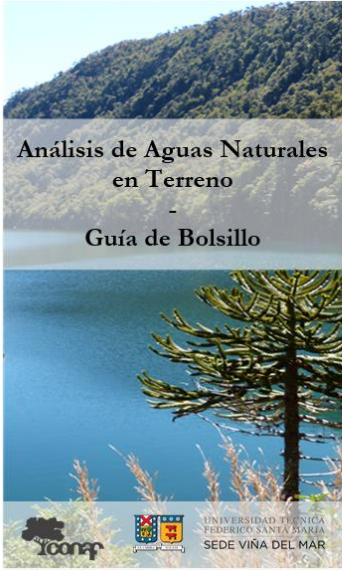


[ANEXO 4: FOTOGRAFÍAS VISITA 2 A PNH]





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

	2	Análisis de Aguas Naturales en Terreno - Guía de Bolsillo Maria Constanza Bustos Toledo 3
4	Análisis de Aguas Naturales en Terreno - Guía de Bolsillo 5	Maria Constanza Bustos Toledo ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES EN TERRENO – GUÍA DE BOLSILLO Impreso en Chile Editado por Maria Constanza Bustos Toledo Julio 2019. Reservados todos los derechos. Salvo excepción prevista por la ley, no se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos conlleva sanciones legales y puede constituir un delito contra la propiedad intelectual. Escríbale a maria.bustos@sanjano.usm.cl o comunique al +56976463282 si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. 6
Índice Objetivo 10 Alcance.....10 Justificación.....10 Capítulo 1: Consideraciones Generales.....12 Capítulo 2: Parte Experimental.....14 Capítulo 3: Resultados 16 Recomendaciones.....17 7	8	Resumen Chile cuenta con gran cantidad de recursos hídricos naturales, dentro de los que se encuentran cuencas de aguas dulces que sustentan la vida en diversos ecosistemas. Estos recursos se ven siempre amenazados, ya sea por fenómenos meteorológicos, desastres naturales o contaminación proveniente de actividades industriales que pueden causar importantes desequilibrios en su composición físico-química y microbiológica, por lo que se requiere contar con información que permita evaluar el cambio de estas cuencas a través de los años y poder aplicar medidas de mitigación cuando sea necesario. Esta guía apunta a facilitar el control, evaluación y prevención de los efectos que pueda ocasionar un cambio en la composición de las aguas naturales a lo largo de todo el país. También busca establecer un procedimiento de muestreo y análisis que pueda ser replicado y utilizado en la obtención de datos de cualquier masa de agua con características similares a la estudiada. Finalmente entrega recomendaciones para el desarrollo del muestreo y análisis en terreno. 9

Objetivo

Esta guía busca facilitar la recopilación de datos ecológicos de recursos hídricos naturales como lagos, lagunas y embalses, poniendo a disposición información relevante en cuanto al muestreo y análisis en terreno.

Alcance

Esta guía es aplicable para lagos, lagunas, embalses o cuencas de similares características. Es decir, que sus agua no fluyan hacia alguna dirección como en los ríos, ya que de ser así deben considerarse otros factores en el muestreo.

Justificación

Se busca establecer la caracterización de aguas naturales y un registro histórico del estado de los principales recursos hídricos de nuestro país, ya que según el Reporte del Estado Medio Ambiental (REMA) 2017 se requiere contar con datos sistemáticos del estado de estos recursos, con el

propósito de prevenir la escasez hídrica y promover una política nacional de uso racional y sustentable, que garantice la disponibilidad de agua para consumo humano. Asimismo, se contribuye a los programas de medición y control de la calidad ambiental y al estado ecológico de los recursos hídricos que se están realizando y junto con ello, a identificar y clasificar los ecosistemas acuáticos del territorio, ríos, lagos y humedales.

El registro periódico de los datos obtenidos conlleva la creación de una nueva red de información que es fundamental para SNASPE en el manejo de aguas naturales, su cuidado y preservación.

Por otra parte, este trabajo contribuye a desarrollar algunos de las metas establecidas en los objetivos de desarrollo sostenible, planteados por la Organización de las Naciones Unidas, que están orientados a la limpieza y saneamiento del agua, la acción por el clima y el cuidado de la vida de ecosistemas terrestres.

Capítulo 1: Consideraciones Generales

Para llevar a cabo el muestreo y análisis de aguas naturales en terreno es necesario realizar una serie de tareas previas que finalmente, facilitan el trabajo y evitan retrasos e inconvenientes.

1.1 Planificación:

El primer paso es la planificación de actividades. Esta tarea es de suma importancia ya que permite organizar los recursos. Se puede hacer a través de herramientas como carta Gantt e itinerarios.

1.2 Presupuesto:

Se debe considerar la forma de financiamiento del proyecto y la cantidad de recursos económicos disponibles, ya que de esto dependen los días muestreo considerados, alimentación, equipos y gastos del viaje en sí.

1.3 Permisos:

Esta guía está enfocada al muestreo dentro de las áreas silvestres protegidas de nuestro país, por lo que es importante conocer la administración del parque a visitar y pedir las autorizaciones correspondientes.

1.4 Clima:

Luego de obtener los permisos se debe investigar sobre las condiciones climáticas que se presentan a lo largo del año en el lugar a muestrear. En muchos parques nacionales hay

10

11

12

periodos temporales de cierre total o de algunos senderos debido a condiciones climáticas adversas. Es importante considerar un periodo del año que, históricamente, tenga las condiciones idóneas para realizar el muestreo ya que de eso depende la factibilidad de volver a realizar un análisis en la misma zona que sea comparable con el anterior ya que la estación del año también influye en variables biológicas que podrían afectar los resultados.

1.5 Vías de acceso:

Otro aspecto a considerar son las vías de acceso al parque, pues esto permite establecer el medio de transporte óptimo para acceder a este, considerando además el impacto de esta decisión en el presupuesto.

1.6 Rutas y senderos:

Es importante conocer de ante mano las rutas o senderos disponibles para llegar al punto específico de muestreo, ya que se debe incorporar esta información en la planificación.

Capítulo 2: Parte Experimental

2.1 Muestreo:

En primer lugar, se debe evitar todo factor artificial que pueda alterar la muestra en cuestión, por este motivo se debe evitar zonas cercanas al acceso público. Además, es necesario que la zona de la toma de muestra esté en constante circulación para evitar depósitos de materia orgánica, como excremento de animales o material vegetal en descomposición.

En muestras destinadas a análisis es de vital importancia utilizar frascos o recipientes estériles, para evitar la influencia de microorganismos externos a la muestra en los resultados.

La toma de las muestras se realiza a 2 metros de la orilla sosteniendo el recipiente y sumergendolo rápidamente a la profundidad que alcance el fondo del análisis, se tapa inmediatamente después de tomar la muestra cuidando que no queden burbujas de aire, ya sean muestras para análisis fisicoquímico o microbiológico. Aunque, en lo posible, se debe tomar el agua directamente en el recipiente en el que se realizará el análisis.

Se debe considerar el tipo de muestreo a efectuar, ya sea para obtener muestras simples o compuestas. Entendiéndose como muestra simple la toma de muestras en un lugar y momento determinado; en cambio en una muestra compuesta se toman varias muestras en distintos instantes y se almacenan en un mismo recipiente. Otra modalidad de la muestra compuesta es la toma de varias muestras en distintos puntos de la zona a analizar (ríos, lagunas, lagos, tranques, etc) que se almacenan en un mismo recipiente.

2.2 Análisis:

En la tabla 1-1 se encuentra el listado de parámetros medidos, una referencia del equipo utilizado para realizar el análisis y el rango de cada lit.

13

14

15

Tabla 2-1. Equipos. Rango y parámetro de aplicación		
Parámetro	Rango de lit de muestreo	litros y método de lit de muestreo
Dureza total (mg CaCO3/L)	0-10	Muestra Instantánea - 4001010
Alcalinidad (mg CaCO3/L)	0-300	Muestra Instantánea - 4001011
Cloruro (mg/L)	0-300	Muestra Instantánea - 4001010
Cálculos (precipitación)	> 10 ml/min x 100 ml	Litónes - Vaso Cloruro 100 ml - 4001010
pH	0-14	Muestra Instantánea - 4001010
Temperatura (°C)	0-50	Muestra Instantánea - 4001011
Conductividad (µS/cm)	0-10	Muestra Instantánea - 4001010
DO (µg/L)	0-10	Muestra Instantánea - 4001010

Fuente: Elaboración propia.

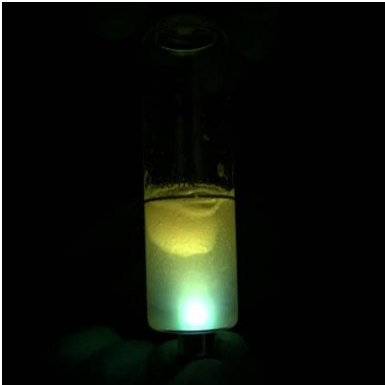
Capítulo 3: Resultados

Se recomienda registrar los resultados obtenidos en la tabla 3-1 y guardar este archivo para eventuales consultas posteriores.

Tabla 3-1. Registro calidad de aguas naturales para archivo.

Registro de calidad de aguas naturales para archivo										
Datos generales		Datos de muestreo		Datos de análisis		Datos de conservación		Datos de transporte		
Nombre del cuerpo de agua	Ubicación	Fecha	Hora	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)	DO (µg/L)	Alcalinidad (mg CaCO3/L)	Dureza total (mg CaCO3/L)	
Lago de Chapala	Estado de Jalisco	15/05/2023	08:00	22.5	7.2	150	1.2	100	150	
		15/05/2023	12:00	23.0	7.1	155	1.1	105	155	
		15/05/2023	18:00	21.5	7.3	145	1.3	95	145	
		16/05/2023	07:00	22.0	7.2	150	1.2	100	150	
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		
Lago de Chapala		Estado de Jalisco		Temperatura (°C)		pH		Conductividad (µS/cm)		

[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