



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL *EPILIMNIUM* DEL SISTEMA LACUSTRE ATILLO  
MAGDALENA DEL PARQUE NACIONAL SANGAY**

**Trabajo de Integración Curricular**  
Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:  
**INGENIERA/O AMBIENTAL**

**AUTORES:**  
LUZ DARI ATIENCIA CHIMBORAZO  
MICHAEL ADRIÁN FLORES QUILUMBANGO

Riobamba - Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL *EPILIMNIUM* DEL SISTEMA LACUSTRE ATILLO  
MAGDALENA DEL PARQUE NACIONAL SANGAY**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA/O AMBIENTAL**

**AUTORES:**

LUZ DARI ATIENCIA CHIMBORAZO

MICHAEL ADRIÁN FLORES QUILUMBANGO

**DIRECTOR:** Ing. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS

Riobamba - Ecuador

2023

**© 2023, Luz Dari Atiencia Chimborazo & Michael Adrián Flores Quilumbango**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, LUZ DARI ATIENCIA CHIMBORAZO y MICHAEL ADRIAN FLORES QUILUMBANGO, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular Titulación es de nuestra autoría cuyos resultados son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de enero de 2023



.....  
**Luz Dari Atencia Chimborazo**

**020209752-3**



.....  
**Michael Adrián Flores Quilumbango**

**172636464-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación. **ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL EPILIMNIUM DEL SISTEMA LACUSTRE ATILLO MAGDALENA DEL PARQUE NACIONAL SANGAY**, realizado por los señores: **LUZ DARI ATIENCIA CHIMBORAZO** y **MICHAEL ADRIAN FLORES QUILUMBANGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Ángel Paul Obregón Mayorga.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2023 – 01 – 19

Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos. MSc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023 – 01 – 19

Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés Ph.D.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



2023 – 01 – 19

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación. **ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL EPILIMNIUM DEL SISTEMA LACUSTRE ATILLO MAGDALENA DEL PARQUE NACIONAL SANGAY**, realizado por los señores: **LUZ DARI ATIENCIA CHIMBORAZO** y **MICHAEL ADRIAN FLORES QUILUMBANGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Bolívar Edmundo Flores Humanante  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2023 – 04 – 25

Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos. MSc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023 – 04 – 25

Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés Ph.D.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



2023 – 04 – 25

## **DEDICATORIA**

A mi padre José Miguel Atiencia Cabrera por brindarme su apoyo y cariño cada semestre, a mi madre Flor María Chimborazo Pasto por creer en mí, a los docentes de mi trayectoria académica, amantes de la enseñanza que lograron impulsar en mí un afán por aprender del mundo a través de libros. Terminar la carrera representó encontrarme, conocerme, transformarme y pulir varios aspectos de mi vida en busca del desarrollo personal y académico.

Dari

El Presente Trabajo de Titulación dedico a Dios, el amor y su misericordia ha primado siempre en mi caminar, me ha dado fortaleza para no desistir y continuar firme en el próximo reto cual fuere el que me proponga. A mis padres, quienes han sabido practicar aquello que predicán, me han podido brindar todas las herramientas para crecer en lo espiritual, físico y académico. A mi tutor, al Grupo de Investigación –Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) y docentes técnicos de los laboratorios de la facultad de Ciencias quienes, con su entrega y amor por la ciencia, han cultivado el amor por el desarrollo e innovación científica.

Michael

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a mis docentes quienes, me han inculcado el amor por aprender sobre ciencia, al Grupo de Investigación – Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) por proporcionarme la oportunidad de ser parte de su proyecto de investigación, a los técnicos docentes de los laboratorios de la Facultad de Ciencias, a aquellos amigos que estuvieron conmigo apoyándome y cuidándome en momentos difíciles, a mi director de Trabajo de Integración Curricular por su apoyo, mentoría y conocimientos esenciales para sustento del proyecto de investigación.

Dari

Dar gracias a Dios puesto a que su amparo y bendición, ha forjado en mí un hombre de bien. Doy gracias a mi dedicación y característica forma de conseguir una solución a los obstáculos que se presenten, he conseguido logros de los que hoy me encuentro muy orgulloso, así como también de las elecciones que me han ayudado a aprender y madurar para este arduo y sinuoso camino.

Michael



## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
SUMMARY .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Marco conceptual.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1. Agua .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2. Ecosistemas acuáticos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2.1. Estructura de los ecosistemas acuáticos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Humedales Altoandinos .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Sistemas lacustres.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Servicios ecosistémicos de los sistemas lacustres .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5. Estratificación las lagunas debido a la incidencia térmica .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5.1. Zonas según estratos de los sistemas lénticos .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5.1.1. Epilimnium .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5.1.2. Metalimnion .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5.1.3. Hipolimnion.....</b>	<b>8</b>
<b>1.6. Periodos de mayor variación térmica .....</b>	<b>9</b>

<b>1.7.</b>	<b>Evaluación de la calidad del agua</b> .....	9
<b>1.8.</b>	<b>Parámetros Físicoquímicos evaluados</b> .....	9
<b>1.8.1.</b>	<i>Temperatura</i> .....	9
<b>1.8.2.</b>	<i>Conductividad</i> .....	10
<b>1.8.3.</b>	<i>Potencial de hidrogeno (pH)</i> .....	10
<b>1.8.4.</b>	<i>Turbiedad (NTU)</i> .....	10
<b>1.8.5.</b>	<i>Transparencia de Secchi</i> .....	10
<b>1.8.6.</b>	<i>Parámetros químicos</i> .....	11
<b>1.8.6.1.</b>	<i>Oxígeno disuelto (OD)</i> .....	11
<b>1.8.6.2.</b>	<i>Nitrógeno</i> .....	11
<b>1.8.6.3.</b>	<i>Fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>)</i> .....	11
<b>1.8.6.4.</b>	<i>Cloruros</i> .....	12
<b>1.8.6.5.</b>	<i>Clorofila</i> .....	12
<b>1.8.6.6.</b>	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</i> .....	13

## **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	14
<b>2.1.</b>	<b>Zona de estudio</b> .....	14
<b>2.1.1.</b>	<i>Identificación</i> .....	14
<b>2.1.2.</b>	<i>Ubicación geográfica</i> .....	15
<b>2.1.3.</b>	<i>Componentes abióticos</i> .....	15
<b>2.1.3.1.</b>	<i>Clima</i> .....	15
<b>2.1.3.2.</b>	<i>Temperatura</i> .....	16
<b>2.1.3.4.</b>	<i>Suelo</i> .....	16
<b>2.1.4.</b>	<i>Componentes bióticos</i> .....	17
<b>2.1.4.1.</b>	<i>Flora</i> .....	17
<b>2.1.4.2.</b>	<i>Fauna</i> .....	17
<b>2.1.5.</b>	<i>Componentes socioeconómicos</i> .....	18

2.1.5.1. <i>Ocupación</i> .....	18
2.1.5.2. <i>Calidad de vida</i> .....	18
<b>2.2. Muestreo</b> .....	18
2.2.1. <i>Puntos de muestreo</i> .....	18
<b>2.3. Materiales, equipos y reactivos</b> .....	19
2.3.1. <i>Materiales aplicados en campo</i> .....	20
2.3.1.1. <i>Materiales</i> .....	20
2.3.1.2. <i>Equipos</i> .....	20
2.3.2. <i>Materiales aplicados en laboratorio</i> .....	20
2.3.2.1. <i>Materiales</i> .....	20
2.3.2.2. <i>Equipos</i> .....	21
2.3.2.3. <i>Reactivos</i> .....	22
<b>2.4. Recolección, etiquetado y conservación de la muestra</b> .....	22
2.4.1. <i>Recolección de la muestra</i> .....	22
2.4.2. <i>Etiquetado de la muestra</i> .....	23
2.4.3. <i>Conservación y traslado de la muestra</i> .....	23
<b>2.5. Determinación de parámetros In situ</b> .....	23
2.5.1. <i>Transparencia de Secchi</i> .....	23
<b>2.6. Determinación de parámetros Ex situ</b> .....	24
2.6.1. <i>Nitritos</i> .....	24
2.6.2. <i>Nitratos</i> .....	24
2.6.3. <i>Fosfatos</i> .....	25
2.6.4. <i>Cloruros</i> .....	25
2.6.5. <i>Clorofila</i> .....	26
2.6.5.1. <i>Toma y recolección de la muestra</i> .....	26
2.6.5.2. <i>Filtración</i> .....	26
2.6.5.3. <i>Extracción</i> .....	26
2.6.6. <i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</i> .....	27
<b>2.7. Índice de calidad del agua</b> .....	28

<b>2.7.1. Curvas de calidad de cada parámetro según el ICA-NFS</b> .....	28
2.7.1.1. <i>Potencial de hidrógeno (pH)</i> .....	28
2.7.1.2. <i>Nitratos (<math>NO_3^{-1}</math>)</i> .....	29
2.7.1.3. <i>Fosfatos (<math>PO_4^{3-}</math>)</i> .....	30
2.7.1.4. <i>Temperatura</i> .....	31
2.7.1.5. <i>Turbidez</i> .....	31
2.7.1.6. <i>Oxígeno disuelto (OD)</i> .....	32
2.7.1.7. <i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</i> .....	33
2.7.1.8. <i>Conductividad eléctrica</i> .....	33

### **CAPÍTULO III**

<b>3. Resultados y discusión</b> .....	34
3.1. <b>Puntos de muestreo de la temporada lluviosa</b> .....	34
3.2. <b>Muestreo 1</b> .....	35
3.2.1. <i>Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo y Laguna Magdalena</i> .....	35
3.3. <b>Muestreo 2</b> .....	38
3.3.1. <i>Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo y Laguna Magdalena</i> .....	38
3.4. <b>Puntos de muestreo de la temporada seca</b> .....	44
3.5. <b>Muestreo 3</b> .....	45
3.5.1. <i>Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo</i> .....	45
3.5.2. <i>Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Magdalena</i> .....	48
3.6. <b>Puntos de muestreo de la temporada lluviosa de la Laguna Cubillín</b> .....	51
3.7. <b>Muestreo 4</b> .....	53
3.7.1. <i>Perfiles los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Cubillín</i> .....	53

<b>3.8. Estadísticos descriptivos de las áreas de estudio .....</b>	<b>55</b>
<b>3.9. Índice de calidad del agua .....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Clasificación del agua según Índice de Calidad del Agua ICA.....	13
<b>Tabla 2-1:</b> Codificación de las etiquetas de las muestras.....	23
<b>Tabla 2-2:</b> Rango y precisión de las sondas según su parámetro a analizar.....	23
<b>Tabla 2-3:</b> Pesos para cada parámetro según ICA-NSF.....	28
<b>Tabla 3-1:</b> Coordenadas UTM de los puntos de muestreo en la temporada lluviosa.....	35
<b>Tabla 3-2:</b> Estadísticos descriptivos de la temporada lluviosa de la Laguna Atillo.....	42
<b>Tabla 3-3:</b> Estadísticos descriptivos de la temporada lluviosa de la Laguna Magdalena .....	43
<b>Tabla 3-4:</b> Coordenadas UTM de los puntos de muestreo en la temporada seca.....	44
<b>Tabla 3-5:</b> Estadísticos descriptivos de la temporada seca de la Laguna de Atillo.....	50
<b>Tabla 3-6:</b> Estadísticos descriptivos de la temporada seca de la Laguna Magdalena .....	51
<b>Tabla 3-7:</b> Coordenadas UTM de los puntos de muestreo de la temporada lluviosa de la Laguna Cubillín.....	52
<b>Tabla 3-8:</b> Estadísticos descriptivos de la Laguna Atillo.....	55
<b>Tabla 3-9:</b> Estadísticos descriptivos de la Laguna de Magdalena.....	55
<b>Tabla 3-10:</b> Estadísticos descriptivos de la Laguna Cubillín. ....	56
<b>Tabla 3-11:</b> Estadísticos Descriptivos de los índices de Calidad del agua.....	57

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Mapa de la ubicación geográfica del área del estudio Atillo - Magdalena del Parque Nacional Sangay. ....	15
<b>Ilustración 2-2:</b> Curva de calidad del agua para pH .....	29
<b>Ilustración 2-3:</b> Curvas de calidad del agua para los nitratos. ....	30
<b>Ilustración 2-4:</b> Curva de calidad de agua para fosfatos.....	30
<b>Ilustración 2-5:</b> Curva de calidad de agua para la temperatura. ....	31
<b>Ilustración 2-5:</b> Curva de calidad de agua para la turbidez .....	32
<b>Ilustración 2-6:</b> Curva de calidad de agua para oxígeno disuelto.....	32
<b>Ilustración 2-7:</b> Curva de calidad de agua para Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	33
<b>Ilustración 3-1:</b> Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de la temporada lluviosa.....	34
<b>Ilustración 3-2:</b> Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo del primer muestreo. ....	36
<b>Ilustración 3-3:</b> Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Magdalena del primer monitoreo. ....	38
<b>Ilustración 3-4:</b> Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo del segundo muestreo. ....	41
<b>Ilustración 3-5:</b> Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Magdalena.....	42
<b>Ilustración 3-6:</b> Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de la temporada seca .....	44
<b>Ilustración 3-7:</b> Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo .....	47
<b>Ilustración 3-8:</b> Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Magdalena.....	49
<b>Ilustración 3-9:</b> Mapa de ubicación de los puntos de muestreos de la temporada lluviosa de la Laguna Cubillín – Ozogoche. ....	52
<b>Ilustración 3-10:</b> Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Cubillín. ....	54
<b>Ilustración 3-11:</b> Pirámide de población de frecuencia del Índice de Calidad de Agua según su clasificación. ....	58
<b>Ilustración 3-12:</b> Diagrama de cajas del Índice de Calidad del Agua de la Laguna de Atillo....	59
<b>Ilustración 3-13:</b> Diagrama de cajas de los Índices de Calidad del Agua de la Laguna Magdalena.....	60
<b>Ilustración 3-14:</b> Diagrama de cajas de los Índices de Calidad del Agua de la Laguna Cubillín	

– Ozogoche. ....	60
<b>Ilustración 3-15:</b> Variación del Índice de Calidad del Agua según la temperatura. ....	61



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.**

**ANEXO B. MUESTREO EN EL SISTEMA LACUSTRE ATILLO-MAGDALENA**

**ANEXO C. RECORRIDO EN LAS LAGUNAS ATILLO Y MAGDALENA**

**ANEXO D. ANÁLISIS IN SITU**

**ANEXO E. ANÁLISIS EN LABORATORIO**

## RESUMEN

La presente investigación determinó la relación existente entre la temperatura y parámetros fisicoquímicos y químicos de la laguna Atillo-Magdalena ubicada en el cantón Guamote, provincia de Chimborazo. Se establecieron 12 puntos de muestreo (en cada cuerpo de agua se seleccionó 6 en la laguna de Atillo y 6 puntos respectivamente para la laguna Magdalena) con el principio de aleatoriedad y teniendo en cuenta el acceso libre para el transporte entre lagunas, iniciando por el tramo a la entrada de la laguna Atillo en sentido horario para recorrer toda su extensión y con el fin de cruzar al siguiente sitio de muestreo en la laguna Magdalena, para el respectivo muestreo realizado en el periodo Mayo- Noviembre 2022. La conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH y temperatura, se los determinó in-situ, mediante el multiparámetro digital portátil, y la transparencia de la columna de agua con apoyo del disco secchi. Los parámetros analizados de nitratos, nitritos, fosfatos, cloruros, clorofila-a, se analizaron en el laboratorio del Grupo de Investigación-Desarrollo para el Cambio Climático (GIDAC) de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con los lineamientos de Standard Methods. Los resultados de la calidad del agua del sistema lacustre Atillo-Magdalena muestran una calidad buena en los puntos de muestreo acorde a lo estipulado en el índice de calidad del agua (ICA-NSF). El software aplicado para soporte estadístico de los análisis realizados fue SPSS Statistics, mostró que la laguna Atillo y Magdalena en el periodo tanto seco como lluvioso un rango entre 73,83 a 85,17, por lo que indica una variación de datos poco considerable, siendo el parámetro principal de alteración de la cantidad de aniones presentes la temperatura.

Al ser considerada una laguna con un índice de calidad bueno, se recomienda realizar análisis de los nutrimentos presentes en los cuerpos de agua.

**Palabras clave:** <ESTRATIFICACION TÉRMICA>, < EPILIMNIUM>, < HUMEDAL ALTOANDINO>, <CLOROFILA-A>, <LIMNOLOGÍA>, <PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS>, < ZONA EUFÓTICA>, <TERMOCLINA>.

0370-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

This research aims to determine the relationship between temperature and physicochemical and chemical parameters of the Atillo-Magdalena lagoon located in the Guamote canton, Chimborazo province. Twelve sampling points were established (in each body of water, six were selected in the Atillo lagoon and 6 points respectively for the Magdalena lagoon) with the principle of randomness and considering free access for transport between lagoons, starting with the section at the entrance of the Atillo lagoon in a clockwise direction to cover its entire length. To cross to the following sampling site in the Magdalena lagoon, the sampling was carried out in May-November 2022. The electrical conductivity, dissolved oxygen, pH and temperature were determined in situ using the portable digital multiparameter and the water column's transparency with the Secchi disk's support. The parameters of nitrates, nitrites, phosphates, chlorides, and chlorophyll-a were analyzed in the Research-Development Group for Climate Change (GIDAC) laboratory of the Faculty of Sciences of the Higher Polytechnic School of Chimborazo with the guidelines of Standard Methods. The results of the water quality of the Atillo-Magdalena Lake system show good quality at the sampling points by the provisions of the water quality index (ICA-NSF). The software applied for statistical support of the analyses was SPSS Statistics. It showed that the Atillo and Magdalena lagoons in both the dry and rainy periods ranged from 73.83 to 85.17, which indicates a slight, considerable data variation, being the main parameter of alteration of the number of anions present in the temperature.

Therefore, considering a lagoon with a good quality index, it is recommended to analyze the nutrients in the water bodies.

**Keywords:** <THERMAL STRATIFICATION>, < EPILIMNIUM>, <HIGH ANDEAN WETLAND>, <CHLOROPHYLL-A>, <LIMNOLOGY>, <PSYSICOCHEMICAL PARAMETERS>, <EUPHOTIC ZONE>, <THERMOCLINE>.



---

**Ing. Ángel Paul Obregón Mayorga**  
**C.I 060192712-2**

## INTRODUCCIÓN

La evaluación, mantenimiento y protección ambiental de las superficies acuáticas a nivel mundial, tiene un rol fundamental para el cuidado y la conservación de todos los cuerpos de agua continentales. En un contexto ecológico, es de gran relevancia estudiar el nacimiento del ecosistema léntico (cuerpos de agua cerrados), donde se sedimentaron, pues son precursores que establece la morfología y persistencia de las masas de agua y revela su permanencia en el tiempo, la cual es transitoria (Benjumea y Toro, 2007, pp. 50–51)

La estratificación térmica en las masas de agua es un acontecimiento que ocurre en la naturaleza de forma espontánea que por acción de la radiación solar reduce drásticamente la temperatura de la cubeta en el fondo acuático con relación a la superficie. El grado térmico de los cuerpos de agua lénticos se encuentran establecidos por capas horizontales según las estaciones climáticas, en regiones ecuatoriales, donde únicamente haya dos periodos: seco lluvioso, se produce con frecuencia en la estación de verano donde hay mayor radiación solar así como de la temperatura atmosférica, así (Butcher et al. 2015, pp. 296–297) menciona que, en el de invierno donde hay mayor precipitación, las capas formadas en cada uno de los tres estratos, se mezclan por factores externos tales como el volumen de los caudales de los afluentes y efluentes y velocidad del viento, logrando así una capa uniforme a lo largo de la columna del cuerpo de agua con variación mínima de la temperatura. Las capas que se diferencian son tres, el epilimnium es la cubierta superficial donde se produce la fotosíntesis debido al estar en contacto con el aire, la zona del metalimnion es la intermedia o más conocida como zona de transición o termoclina donde el gradiente de temperatura es más evidente, y, finalmente la zona del hipolimnion es caracterizada por presentar mayor densidad, una temperatura menor y es el encargado de recibir los desechos orgánicos producidos en el epilimnium (Mark et al., 2019, pp. 617–633).

La presencia de la capa intermedia de la estratificación de temperatura en lagos de alta montaña, tienen una gran relevancia en su calidad del agua ya que actúan como barrera para el intercambio de nutrientes entre el Epilimnium y el hipolimnion (Karpowicz, Ejsmont-Karabin 2017, p.75), no obstante si esta estratificación se mantiene constante en el tiempo y no ocurre la mezcla de la estratificación por temperatura de los lagos o embalses, habrá la presencia de eutrofización, un aumento desmedido de plantas acuáticas fotosintéticas, disminución de oxígeno disuelto y con ello un consumo total o parcial del recurso agua, lo cual perturbaría su calidad, morfología y a la población aledaña que se abastece del mismo.

El Parque Nacional Sangay, obtuvo esta mención a partir del año 1979, anterior a ello la denominación fue de Reserva Ecológica Sangay en el año 1975, además de ser declarado en 1983 como Patrimonio Natural de la Humanidad. Abarca una diversa cantidad de ecosistemas levemente alterados por la actividad antrópica, singularidad tanto de flora como fauna y de las

formaciones geomorfológicas alrededor. También brinda un gran aporte al crecimiento cultural y económico para las provincias Cañar, Chimborazo, Morona Santiago y Tungurahua(MAE, 2012, p. 34).

El Sistema Lacustre Atillo se encuentra dentro del Parque Nacional Sangay, en los páramos altos, con una altitud máxima de 3648 m.s.n.m. Limita al norte por los confluyentes ríos de Atillo y Ozogoche y al sur cercana a la Laguna Negra (Bastidas, 2001, pp.27-28). Las lagunas más representativas que comprende el sistema por su extensión son: la laguna Magdalena o Colag, Atillo, Kuyuk y laguna negra. El lugar de estudio será en la laguna de Atillo y Magdalena, su altitud es de 3485 m.s.n.m.

### **Planteamiento del problema**

La escasez de información limnológica a nivel nacional es un problema científico precursor de los problemas de conservación de los humedales que debido a la incidencia de la variación térmica multitemporal podría generar un incremento nutrimental en la zona del epilimnion (Jiménez, 2021, pp. 3-4), por ello se pretende desarrollar una investigación novedosa cuya área de estudio es el sistema lacustre occidental del Parque Nacional Sangay compuesto por un complejo sistema de lagunas, el estudio en particular toma en cuenta las principales lagunas: Magdalena, Negra, Atillo, Kuyuk y lagunas de Ozogoche.

### **Justificación**

Los humedales prestan servicios ecosistémicos a las comunidades, solventan varias necesidades primordiales y secundarias como: alimentación, turismo, recreación, fuente de materias primas, combustibles, reguladores del clima, permiten el abastecimiento de los sistemas hidrológicos en especial de los acuíferos, previenen derrumbes, inundaciones, sequías, entre otros desastres; mismos que se ven amenazados debido a la incidencia de las actividades antrópicas y las variaciones de temperatura.

Según (Ramsar, 2018, pp. 75-78) la pérdida de los humedales ha aumentado de manera abrupta desde 1970 hasta la actualidad puesto que supera la tasa de pérdida de bosques; por tanto, se propone desarrollar una investigación novedosa y con un plus de sostenibilidad, la cual plantea resolver el principal problema a escala nacional que es la escasa información en limnología para Ecuador, analizar la calidad del agua de la Laguna Atillo-Magdalena, establecer los índices de calidad del agua del epilimnium y la dinámica de la calidad del agua según la variabilidad espaciotemporal de la temperatura en la Laguna Atillo y Magdalena. La información obtenida será una fuerte base

de información que permita realizar un plan de manejo enfocado a la conservación de los humedales en el Parque Nacional Sangay.

La investigación para llevarse a cabo se encuentra financiado por los estudiantes tanto como para el apartado de transportes, disponibles: para el transporte de materiales hacia el lugar del muestreo, reactivos para el análisis, mano de obra para el transporte, material apropiado para la ejecución.

La investigación por realizarse posee reactivos para el análisis de muestras e instrumentos de medición de parámetros in situ y ex situ. Cabe mencionar que el Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) el cual promueve esta investigación, cuenta con el respectivo permiso para el ingreso a los sistemas lacustres occidentales del Parque Nacional Sangay, así como docentes técnicos del Grupo de Investigación para la asistencia técnica, en laboratorio y en campo.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar la calidad del agua espaciotemporal del Epilimnium del Sistema Lacustre Atillo y Magdalena del Parque Nacional Sangay, 2022.

### **Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de las lagunas Atillo y Magdalena del Parque Nacional Sangay.
- Establecer los índices de calidad del agua del Epilimnium del Sistema Lacustre Occidental del Parque Nacional Sangay.
- Interpretar la dinámica de la calidad del agua según la variabilidad de temperatura del Sistema Lacustre Occidental del Parque Nacional Sangay.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### **Antecedentes de la investigación**

En los últimos años, la lucha contra el cambio climático busca implementar acciones globales que toman relevancia a nivel local y nacional. Es evidente que, los humedales altoandinos similar que otro complejo hidrográfico, son vitales para el desenvolvimiento de las cuencas hidrográficas, pues parte del recurso agua va direccionado a las Costas del mar del pacífico y a la vertiente (Arizala, 2018, pp.7). Los suelos saturados de agua o las áreas inundadas de agua más conocidos como humedales en un periodo relativamente corto, se encargan de favorecer a los medios aledaños a los humedales, por lo que su contribución a los medios de subsistencia es enorme.

Los ecosistemas altoandinos de los Andes del norte y en alta montaña de Centroamérica, ha sido caracterizado por una composición de sistemas lacustres extensos habitualmente provenientes de tipo glaciar (Jiménez, 2021, pp. 3–4). La laguna Atillo y Magdalena son actualmente el abastecimiento de las comunidades, refiriéndose como principal dotación de agua, riego, entre otras actividades para la satisfacción de necesidades vitales de las comunidades de Atillo. El estado actual de la calidad del agua de este sistema lacustre ha sufrido una considerable degradación por parte de actividades de origen humano, haciendo alusión a actividades económicas, ganaderas, turísticas y recreativas (Rivera y Patarón 2021, pp. 31–33)

Publicaciones pioneras en el estudio de la división limnológica en Ecuador como la Limnología de un Lago Tropical de Alta Montaña, en Ecuador: Características de los sedimentos y tasa de sedimentación, en conjunto con Algunos Aspectos Linnológicos de un lago alto andino: el lago San Pablo, Ecuador, son las precursoras para la investigación de aspectos limnológicos relativos al entendimiento integral de un ecosistema acuático, eutrofización y estratificación de gran utilidad para la determinación de la calidad de embalses, humedales, lagos, lagunas y ríos (Casallas, Gunkel 2001, pp. 215–228; Gunkel 2003, pp. 381–390).

Por otro lado, estudios espaciotemporales de la calidad del agua y las variaciones de Oxígeno Disuelto en un lago en sistemas lacustres, demuestra que existe una variación significativa en la salud del estado acuático según el transcurso de los meses del año y a las profundidades a las que se puede medir, determinando que la calidad del agua en los meses que mejor se encuentra es diciembre y febrero (Orozco et al., 2018, pp. 39–52).

Con base en toda esta información bibliográfica en la que se ha fundamentado esta investigación, es pertinente desarrollar la investigación relacionada al Análisis Espacio Temporal de la Calidad

del Agua del Epilimnium del Sistema Lacustre Atillo Magdalena Del Parque Nacional Sangay, con el objeto de ser precursor para investigaciones con una extensión de tiempo mayor y modificable a los sistemas lacustres de ecosistemas aledaños y apoyarse en proponer medidas para el cuidado y preservación de los sistemas lacustres altoandinos.

## **1.1. Marco conceptual**

### ***1.1.1. Agua***

Es un compuesto incoloro, inorgánico, disolvente natural, que cubre 71% de la superficie terrestre; un recurso esencial para gran parte de los organismos, puesto que sus procesos metabólicos dependen de su acción indirecta o directa. El resultado de las interacciones del agua con la atmosfera, tierra y organismos se define como ciclo hidrológico, este es el causante de los ecosistemas terrestres y acuáticos. (Roldán, 1992, p.232)

### ***1.1.2. Ecosistemas acuáticos***

Son el conjunto de interacciones de los factores bióticos y abióticos de un cuerpo de agua, como los lagos, cuya vida útil depende la incidencia de la luz solar, origen geológico, morfología, altitud y actividad antropogénica del lugar (Roldán, 1992, pp. 49-283).

#### ***1.1.2.1. Estructura de los ecosistemas acuáticos***

Los lagos se dividen en diferentes zonas dependiendo de incidencia de la radiación solar, organismos acuáticos existentes.

- Zona limnética o pelagica: Está en contacto con el aire, la temperatura impacta directamente, se pueden observar organismos flotando, está asociada con el Epilimnium; fenómeno de estratificación térmica (Roldán, 1992, pp. 49-283).
- Zona Limnética trofogénica: Caracterizada por estar predominada por organismos productores primarios (fitoplancton) y se extiende hasta donde se extingue la luz solar (Roldán, 1992, pp. 49-283).
- Zona de compensación: aquí terminan las actividades fotosintéticas y comienza respiración y oxidación de materia orgánica (Roldán, 1992, pp. 49-283).
- Zona litoral: Es una zona poco profunda, existe actividad fotosintética debido a la vegetación existente hay mayor desarrollo de vida acuática (Roldán, 1992, pp. 49-283).
- Zona sublitoral: caracterizada por la falta de vegetación acuática y la fauna béntica es muy baja puesto que la luz solar es escasa (Roldán, 1992, pp. 49-283).



- Zona profunda: Aquí se realizan diferentes fenómenos de respiración y oxidación de materia orgánica, la fauna ventisca es nula y hay mayor presencia de organismos quimio sintéticos debido a la escasez de luz solar (Roldán, 1992, pp. 49-283).

## **1.2. Humedales Altoandinos**

Según (Barbier et al., 1997, p.6) Los humedales son extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes tales como dulces, salobres o saladas. Dentro de los cuales se toma en cuenta los humedales lacustres los cuáles son cubiertas de agua permanentes caracterizadas por una baja circulación. Dentro de estos tenemos los humedales altoandinos que se definen como sistemas hidrográficos megadiversos de los ecosistemas de paramo; cuyos servicios ecosistémicos son económicos, sociales o ecológicos, puesto se relacionan con pisos altitudinales menores, incidiendo directamente en el desarrollo de las cuencas hidrográficas andinas (Ramsar, 2005, pp.107-108).

## **1.3. Sistemas lacustres**

Un sistema lacustre hace referencia al conjunto de agua embalsada en una extensión de tierra más o menos extensa, cercanas unas entre otras donde el término lacustre se menciona que es única y exclusivamente todo aquello dentro del cuerpo de agua (lago, laguna o río).

En el Parque Nacional Sangay, cuenta con un total de 327 lagunas establecidas en toda la extensión de la reserva, estas se encuentran como lagunas por separado o en conjunto formando sistemas lacustres, es el caso del sistema Atillo donde forman parte la laguna de Kuyuc, Magdalena, Chapanapungo, Sisñán y Colay, mientras que el Complejo Sistema lacustre de Ozogoche, forman parte las más representativas por su extensión son: las lagunas de Cubillín, Magtayán, dentro de ellas se hace mención a las lagunas de Atillo, Magdalena, las lagunas de Ozogoche y laguna negra (MAE, 2015, pp. 4-5).

Las lagunas presentes en el Parque Nacional Sangay son de origen glaciario, generadas a partir del deshielo hace aproximadamente 10.000 años, los lagos de este origen se encuentran en su mayoría en las zonas altas de la Cordillera andina y en las regiones de zona de tipo templado, por lo general estos lagos y lagunas mayormente se encuentran cercanas al páramo andino y la altura de este tipo de lagunas son superiores a los 3000 metros sobre el nivel del mar (Roldán, 1992; Roldán y Ramírez 2008, pp.48-55)

#### **1.4. Servicios ecosistémicos de los sistemas lacustres**

Según, la (FAO, 2002), los servicios ecosistémicos refieren a los aportes benéficos que la diversidad de flora y fauna representa para el humano, en este contexto, los Sistemas Lacustres del Parque Nacional Sangay, presentan múltiples beneficios. Estos Recursos, además de ser consideradas uno de los principales atractivos turísticos del parque, algunos de ellos funcionan como precursores de cuencas hídricas como es la Cuenca del Río Ozogoché, es también considerada para el consumo humano de la población aledaña, otro de los servicios ecosistémicos con valor cultural es el turismo y las actividades recreativa como es la pesca para la localidad aledaña. La dotación de agua como provisión de las comunidades, puede verse afectada con las actividades de producción, consumo e intercambio de bienes o servicios, en los cuerpos de agua por la disminución total o parcial del recurso agua al ser transportada para su uso (Oyarzún et al., 2005, pp.88-95).

#### **1.5. Estratificación las lagunas debido a la incidencia térmica**

El fenómeno por el cual los cuerpos de agua de carácter lénticos tienden a separar entre fases según la profundidad y la presencia o ausencia de temperatura se lo denomina estratificación térmica, si bien es cierto este proceso natural diferencia entre una capa superficial de un cuerpo de agua y una más profunda, cada capa tiene una característica diferenciada (Rivera y Patarón, 2021, pp.3-10), las fuentes de energía que se encuentran relacionadas directamente con la estratificación térmica y esta con una influencia en los procesos biológicos que ocurre dentro del sistema lacustre son la radiación solar, con esto la elevado turbidez y el viento (Benjumea y Wills, 2007, pp.51)

##### ***1.5.1. Zonas según estratos de los sistemas lénticos***

Las regiones o zonas por las cuales se dividen estas capas en un sistema lentico estático están definidas en tres fases muy diferenciadas, la zona más fría y profunda se denomina hipolimnion, su característica principal es las bajas temperaturas a diferencia de las demás capas definidas además de su alta densidad (Gattorno, 2019, p.115); el metalimnion es la capa que se encuentra entre la capa superior (epilimnium) y la capa más profunda (hipolimnion), la capa característica es la de agua-sedimento (Lewis, 2022), se caracteriza por ser de gradiente un gradiente de temperatura fuerte, aquí se encuentra la división de una línea imaginaria que separa entre capas y existe el cambio brusco de temperatura.

#### *1.5.1.1. Epilimnium*

En la superficie visible de los cuerpos de agua hasta antes de llegar a la termoclina, le corresponde a la capa del epilimnium, en esta zona de interfase del aire con la capa superficial del agua normalmente se da la incidencia directa de la luz mediante radiaciones solares (Limgis, 2001, pp.131-133), el espesor de esta capa, está determinada según la dimensión del cuerpo de agua, tiene sentido, pues los grandes lagos tienden a entrar en contacto con más intensidad a las corriente de viento, la energía eólica por tanto, hay más presencia de oleaje, esto mezcla la capa superficial menos densa de estos tres estratos permitiendo denotar un manto más profundo y uniforme. El rango de profundidad de esta capa varía según la extensión de este, por ejemplo, en cuerpos de agua protegidos esta capa puede encontrarse en 2 metros de profundidad, mientras que, los lagos con un tamaño relativamente grande que superan los 10 km<sup>2</sup>, pueden tener una profundidad de 15 metros hasta 20 metros aproximadamente (Lewis, 2022, p. 89).

#### *1.5.1.2. Metalimnion*

Posterior a la capa mixta o epilimnium, hay la presencia de un gradiente térmico el cual le corresponde un gradiente de densidad, aquí se denota una transformación de la densidad de la temperatura del cuerpo de agua, mencionada fase de transición se denomina Termoclina, y dentro de esta zona transitiva se encuentra la capa intermedia o mejor conocida como metalimnion. El rango de profundidad en el que se encuentra esta zona transitiva puede poseer una altura superior a 2 metros, similar a la capa mixta e inclusive superior. La capa intermedia es capaz o no de recibir suficiente luz para realizar su función fotosintética (Lewis, 2022, p. 90).

#### *1.5.1.3. Hipolimnion*

El efecto más importante es el consumo de oxígeno y, se puede evidenciar en esta zona más fría del cuerpo léntico de agua, mediante el contacto con los sedimentos donde en estas fases se produce el enriquecimiento desmedido de nutrientes, resultado de las condiciones anoxias de la capa, afecta directamente a las poblaciones y comunidades de organismos (fauna acuática) de las profundidades (Limgis, 2001, p.101). Comúnmente se puede observar que está más profunda capa está característicamente diferenciada por una temperatura que se acerca a los 4 grados centígrados, esto va a depender del tipo latitud, en el caso de que se encuentre en el Ecuador a 10 grados de latitud, la temperatura en el hipolimnion podría elevarse a 24 grados centígrados.

## **1.6. Periodos de mayor variación térmica**

La variación térmica se encuentra determinada por la estación del año y las condiciones climáticas, como se mencionó, según la transferencia de calor existente y viento que interviene en los sistemas lénticos son los capaces de alterar la estructura y composición entre fases, ahora bien, la mayor variación térmica se presenta en periodos del día entre las 9 a.m. hasta las 10 p.m. con una variación cíclica, mientras que en la noche no se estratifica por capas definidas (Gattorno Fúnez 2019, p.115), según la estación del año varía mínimamente los grados centígrados, por la posición geográfica, una altitud con una media de 3500 metros sobre el nivel del mar y la ubicación al clima ecuatorial o tropical, hace que la temperatura en las lagunas sea constante en el transcurso del año con un rango entre 6°C y 12°C (Rivera & Patarón, 2021, p.9).

## **1.7. Evaluación de la calidad del agua**

Los cuerpos de agua se puede determinar su estado a manera cuantitativa y cualitativa mediante parámetros, metodologías, por la demanda actual que representa conocer la calidad del agua se ha vuelto un tema complejo y con la necesidad de determinar cualitativamente los cuerpos de agua según características puntuales como el tipo o el uso del agua, por ello los conocimientos y las técnicas se han ido fortaleciendo y evolucionando. Ahora bien, representar en datos cuantitativos y cualitativos a los cuerpos de agua, se realiza ya sea mediante la medición de parámetros fisicoquímicos, estos pueden ser: pH, color, conductividad, turbidez, entre otros, o químicos: sólidos disueltos, nitritos, nitratos, fosfatos, cloruros, oxígeno disuelto, clorofila, entre otros; así como también se puede apoyar en indicadores para la determinación de la calidad de cuerpos de agua (Sierra 2011, pp.47-48).

## **1.8. Parámetros Fisicoquímicos evaluados**

### ***1.8.1. Temperatura***

Es el resultado de la interacción directa de la radiación solar con el agua, interviniendo en procesos como: concentración de oxígeno disuelto, formación de los depósitos de nutrientes, velocidad reacciones químicas y velocidad de crecimiento de la actividad biológica; puede variar según diversos factores ambientales.(Romero, 1999) (Aucapiña & Velasco, 2011, pp.26-30)

### ***1.8.2. Conductividad***

Es la capacidad de una disolución para conducir corriente eléctrica (Chancón, 2016). La conductividad eléctrica depende del contenido de sales disueltas, su unidad de medida es *mho/cm* o *s/cm*; mide la concentración de iones como: bicarbonatos, P, cloruros, Mg, sulfatos, Ca y Na. Se conoce como corrosivas a las aguas con concentraciones altas de conductividad (Sierra, 2011, pp.59-75)

### ***1.8.3. Potencial de hidrogeno (pH)***

Se define como menos logaritmo de la concentración molar de los iones hidrogeno, permite determinar las condiciones ácidas y básicas del agua, tiene una escala de 0 a 6.9 rango denominado ácido, 7 neutro y de 7 a 14 básico; el instrumento electrónico que permite cuantificar el pH es el pHmetro. (Sierra, 2011, pp.59-75)

Las fuentes hídricas cuyo pH sea menor a 4 puede generar efectos tóxicos funcionales y bioquímicos en los organismos acuáticos (Boman et al., 2015, pp.6-9)

### ***1.8.4. Turbiedad (NTU)***

Es ocasionada por la suspensión de materia coloidal compuesta por: lodo, microorganismos (Patógenos), materia inorgánica u orgánica que varían según su tamaño y composición; El agua de fuentes superficiales pueden variar en un rango de 10 a 1000 unidades nefelométricas de turbiedad (UTN), en el caso de ríos muy opacos alcanza 10000 unidades de turbidez; la medición se realiza con turbidímetro o nefelómetro. (Aucapiña & Velasco, 2011, pp.26-30)

### ***1.8.5. Transparencia de Secchi***

Es una medida de la impregnación de la luz en el agua a una determinada profundidad. Mientras más contenido de partículas suspendidas (de origen orgánico o inorgánico) exista en el agua, la transparencia del agua será menor, determinado mediante el uso del disco Secchi; la transparencia del agua está relacionada con el fosforo total y la clorofila-a.(RMBEL, 2020 Citado en Rivera & Patarón, 2021, pp 14-20). El valor de la profundidad (m), permite determinar la zona eufótica, donde se realizan procesos de fotosíntesis, a la profundidad donde la luz es el 1% de la energía de la superficie ( Margalef, 1983 Citado en Rivera & Patarón, 2021, pp 14-20)

### **1.8.6. Parámetros químicos**

#### **1.8.6.1. Oxígeno disuelto (OD)**

Es un gas poco soluble, se mide en mg/L, proviene de la atmosfera cuya solubilidad en agua superficiales dulces varia de 7mg/L a 35°C y 14,6 mg/L a 0°C, en concentraciones bajas, limita auto purificación de las fuentes hídricas; Otros factores que contribuyen a la presencia de OD en el agua son: fotosíntesis de plantas acuáticas, agitación del agua en movimiento, respiración de celular y descomposición de materia orgánica (Romero, 1999, pp. 67-70).

Las variaciones de temperatura debido a factores ambientales intervienen en la concentración de oxígeno disuelto, a mayor temperatura menor cantidad de oxígeno disponible en la fuente hídrica, reduciendo la cantidad de organismos acuáticos sensibles a la disponibilidad del OD, el cual en lagos disminuye de manera vertical, es decir, a mayor profundidad menor disponibilidad (Boman et al., 2015, pp.6-9).

Si las concentraciones de oxígeno disuelto están por debajo de 4mg/L puede causar efectos subagudos sobre los organismos acuáticos (Romero, 1999, pp.87-88).

#### **1.8.6.2. Nitrógeno**

Es un elemento químico, presente en los ecosistemas de forma: orgánica (reciclado continuamente por organismos) e inorgánica (Boman et al., 2015, pp.6-9). Los compuestos inorgánicos nitrogenados como: el ion nitrito ( $NO_2^-$ ) no se encuentran con facilidad en el agua debido a que se transforma en iones nitratos ( $NO_3^-$ ) es primordial para el crecimiento de las plantas acuáticas y protistas, por lo que se puede encontrar en fertilizantes, sus altas concentraciones en fuentes hídricas pueden ser de origen: agrícola, ganadera o urbana. (Bolaños et al., 2017, pp.17-18).

Los seres humanos que consumen agua con alto contenido de nitratos los reducen a nitritos, pueden causar enfermedades como: metahemoglobinemia o generar nitrosaminas (cancerígenas) (Romero, 1999, pp.36-70).

#### **1.8.6.3. Fosfatos ( $PO_4^-$ )**

La concentración de fosforo en el medio ambiente se encuentra disponible como mineral; cuya solubilidad es baja por tanto la población de organismos como algas y plantas se ven limitadas por la concentración de fosforo. Sin embargo, las actividades agrícolas o ganaderas que alteran la cobertura vegetal generando erosión del suelo pueden aumentar las concentraciones de fosforo en las fuentes hídricas (Kroiss et al., 2011, p.184)

El fósforo inorgánico forma el ion fosfato, en concentraciones altas podrían generar un déficit de oxígeno, incrementando la población de organismos acuáticos, al igual que la materia en descomposición, siendo uno de los principales percusores de la eutrofización de lagunas, lagos y ríos (Bolaños et al., 2017, pp.17-18).

Los fosfatos pueden encontrarse en el agua como: ortofosfatos, metafosfato y fosfatos en compuestos orgánicos. Las concentraciones en aguas superficiales suelen variar en un rango de 0.005-0.020 mg/L (Sierra, 2011, pp.59-75).

#### *1.8.6.4. Cloruros*

Se representada en su mayoría por el cloruro de sodio, el contenido en ríos y lagos de montaña es menor a 5mg/L, la modificación de la salinidad del agua afecta a la resistencia de los organismos acuáticos según sea el medio: hipotónico, hipertónico o isotónico; si los lagos tienen bajas cantidades de cloruros, el medio es hipotónico; Por tanto, la conductividad es baja (Roldán & Ramírez, 2008, pp.180-254). Las cantidades de  $Cl^-$  menores a 300mg/L no causan perjuicios (Boman et al., 2015, pp.6-9).

#### *1.8.6.5. Clorofila*

Los pigmentos de coloración verde que muestran en una especie vegetal la entrada de la energía lumínica, esta familia de verdes pigmentos se les caracteriza a las algas y cianobacterias, con ello hacer posible el imprescindible proceso fotosintético en la diversidad de la vida presente en la tierra (Manrique, 2003, pp. 1-11).

Este pigmento localizado en plantas, se lo considera como un indicador de la calidad del agua y para proporcionar un diagnóstico de cuán saludable se encuentra un ecosistema. Los tipos de clorofila se encuentran en base a la ubicación de estos, así por ejemplo la clorofila a de las más importantes y presente en todas las algas, plantas y ciertas bacterias, están ubicadas en los cloroplastos y su función primordial es la de transformar la energía lumínica en energía química, es por ello que se lo denomina como un parámetro indicador de presencia de fitoplancton de la calidad del agua; la clorofila b por otro lado se encarga de intensificar la absorción en el tipo de clorofila a, Además de que está la componen mayormente algas y árboles; respecto a la clorofila c, está la componen mayormente fitoplancton y determinadas características de algas, su color es de un tono rojo marrón, el cometido de este tipo de pigmento al igual que la clorofila b es la de apoyar a la absorción de la energía lumínica con la diferencia de que esta está presente en el periodo de inicio de la fotosíntesis; el tipo de Clorofila d, para este caso, la compone puntualmente el alga roja; finalizando con la Clorofila f, este tipo de clorofila relativamente nuevo, descubierto

en el siglo 21, es el pigmento que más efectiva absorción de luz roja permite (Manrique, 2003, pp. 1-11).





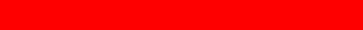
#### 1.8.6.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

El indicador encargado de determinar la materia orgánica que será degradada o que está disponible para biodegradarse, es la demanda biológica de oxígeno, la cual es capaz de establecer si la calidad del cuerpo de agua se encuentra degradada o no. La demanda biológica de oxígeno tiene relación con la demanda química de oxígeno, pues esta última tiene la función de degradar en su totalidad toda la materia orgánica. Se debe destacar que la demanda biológica de oxígeno se la debe calcular en el transcurso de 5 días a una temperatura de 20 grados centígrados a una oscuridad controlada. Un agua con incidencia alta antrópica o naturales insignificantes deberá tener un DBO5 aproximado de 2mg/L, mientras que en el caso de un cuerpo acuático que reciba directamente descargas de agua con alto contenido de DBO5, puede presentar un DBO 5 de 10 mg/L (EEA, 2021).

#### 1.8.7. Índices de calidad de agua ICA-NSF

Fue desarrollado por Nacional Sanitation Foundation (ICA-NSF), para cuantificar en base a parámetros analizados del sistema hídrico monitoreado como: Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, Nitratos ( $NO_3^-$ ), Fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ), Temperatura, sólidos disueltos totales (SDT), coliformes totales, potencial de hidrógeno ( $pH$ ), cloruros ( $Cl^-$ ) y turbiedad (Quiroz et al., 2017, pp 43-47). Mediante la determinación del ICA-NSF se evalúa la calidad del agua, obteniendo información según la variación espaciotemporal de diferentes zonas geográficas (Rodríguez, Serna, Sánchez 2016, pp.165).

**Tabla 1-1:** Clasificación del agua según Índice de Calidad del Agua ICA

Calidad del agua	Valor del ICA	Color
Excelente	91 - 100	
Buena	71 - 90	
Media	51 - 70	
Mala	26 - 50	
Muy mala	0 - 25	

**Fuente:** (Vargas, Rosero, Ávila 2011, pp. 3-6; Rodríguez, Serna, Sánchez, 2016, p. 165)

**Realizado por:** (Atencia L & Flores M, 2022)



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Zona de estudio

##### 2.1.1. Identificación

Los sistemas lacustres en el Parque Nacional Sangay son de naturaleza profunda que usualmente su rango varía entre 8 a 20 metros de profundidad (Rivera y Patarón, 2021, pp.20-25), por lo que su temperatura es propia de climas fríos. Se encuentra en una zona de páramos andinos y pequeños regiones de vegetación arbustiva (MAE, 2015, pp. 110-182). El tipo de topografía del lugar refiere a montañoso demasiado irregular y rodeado en gran medida de pajonales. La altitud por la que se encuentra la zona de estudio de las lagunas Atillo-Magdalena está entre los 3436 a 3448 metros sobre el nivel del mar. La población se encuentra distante de la reserva.

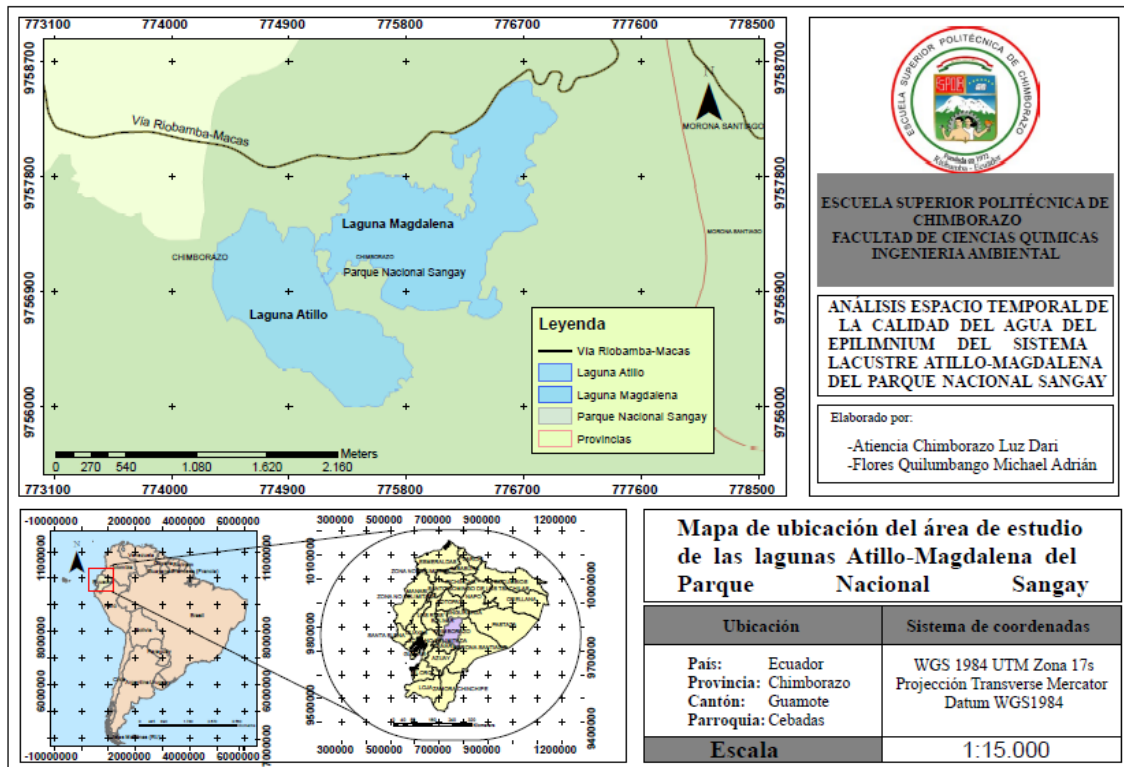
A estos elementos ya mencionados, se le debe agregar la amplia biodiversidad del sistema lacustre Atillo y de los hábitats colindantes que se asocian entre sí para construir el Parque Nacional Sangay, esto ha tenido como consecuencia que esta área salvaguardada se lleve el mérito como una de las más trascendentales de todos los parques, aquí se reúnen las áreas locales de los Andes del Noroccidente (Ordóñez, 2012, pp.3-4).

El complejo lacustre Atillo abarca a su disposición 18 lagunas, y la más representativa de todas debido a su extensión es la laguna Magdalena, la cual está a una altura sobre el nivel del mar de 3445, ubicada a 30 metros de la carretera que conecta a Macas con Guamote. Hay que destacar que el cuerpo acuático lenticó se encuentra a su alrededor de arbustos, hierbas y gigantescas rosetas pertenecientes al reino de los frailejones y estas rodeadas de humedales y pajonales. Las características morfológicas de la zona de estudio están de un área aproximada a los 127 ha, y una profundidad en el centro de la laguna tomada desde la superficie hasta la profundidad de los sedimentos es de 20 metros aproximadamente, mientras que para la laguna Atillo, una extensión de 105 ha con una profundidad similar a 20 metros.

Respecto a la ubicación, la laguna de Magdalena dentro del Parque Nacional Sangay está dentro de la provincia de Chimborazo, en la cabecera Cantonal de Alausí, parroquia de Achupallas, justamente en al extremo de la frontera con Macas (Delgado et al., 2019, pp.3-11).

### 2.1.2. Ubicación geográfica

El sitio de estudio muestra su posición geográfica en la parte sur oriental, puntualmente en la localidad de Atillo, en la Zona 17 Sur, con una latitud y longitud de 775608,85 y -243128,12 respectivamente, acorde a las coordenadas UTM\_WGS84, localizado dentro del Parque Nacional Sangay. A su lado norte se encuentra la Vía Riobamba-Macas, asimismo está limitado por el Este con la provincia de Morona Santiago.



**Ilustración 2-1:** Mapa de la ubicación geográfica del área del estudio Atillo - Magdalena del Parque Nacional Sangay.

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

### 2.1.3. Componentes abióticos

#### 2.1.3.1. Clima

El clima es un conjunto de escenarios atmosféricos reunidos entre sí para determinar las características de un lugar determinado, estos factores considerados es la humedad, temperatura, precipitación y la influencia del viento, los factores más determinantes con la temperatura y la precipitación (GAD Cebadas, 2021, pp. 170–171)

### 2.1.3.2. *Temperatura*

En todo el trayecto de las lagunas a estudiar, se tiene a consideración que la temperatura ambiente se ve alterada según la variabilidad de estos pisos climáticos esto hace que las temperaturas oscilen entre los 9 a los 22,2 grados centígrados, donde las temperaturas más cálidas se producen en noviembre y las temperaturas más bajas se concentran en julio (PDOT Chimborazo, 2015, p. 37), a más altura, la temperatura disminuye, la temperatura media es de 9 y 16 grados centígrados (PDOT Achupallas, 2020, p. 30)

### 2.1.3.3. *Precipitación*

Para el Sistema Lacustre Atillo, el factor climático de precipitación se hace presente en el clima de la región son mayormente visibles en el declive de la humedad, la manifestación de lloviznas, y la presencia de frigidez nocturna, al igual que la temperatura esta también presenta una relación directa con la altitud a la que se encuentra, a medida que la altitud aumenta, las precipitaciones también lo harán, por tanto, la de Atillo al estar cercanas al valor de precipitación anual que va ascendiendo a las cordilleras se encuentra entre los 500 y 750 mm a medida se ve acercando al sector de los páramos, el promedio es de 750 a 1000 mm (GAD Cebadas, 2021, pp. 171–172). Las precipitaciones se observan a partir de los meses de julio, anterior a ello hay ausencia total o parcial de la lluvia (PDOT Achupallas, 2020, p. 32).

### 2.1.3.4. *Suelo*

Hace referencia a el estrato superficial, la capa externa de tierra que funciona como medio para el desenvolvimiento de la flora, la cual se encuentra de cuatro constituyentes: agua, aire, materia orgánica y materia mineral (PDOT Chimborazo, 2015, p. 30).

Respecto a su elevación de 2800 a 3600 metros sobre el nivel del mar, aquí se comúnmente predomina la elevación montano alto. Para el tipo de elevación predomina el tipo escarpado y muy escarpado a diferencia y en su defecto, en menor porcentaje está la elevación tipo planicie (GAD Cebadas, 2021, pp. 15–16). La taxonomía del lugar está mayormente rodeada por los inceptisoles, los cuales conforman de tipo franco, limoso, franco arcilloso, franco arcilloso limoso y entisoles, en la localidad.

El tipo de textura del suelo se toma en cuenta de acuerdo con la fertilidad a su alrededor, con cuatro tipos de textura presentes, la más predominante de estas es la de textura fina, continuando con el tipo de textura media, consecuente mente de textura moderada y para concluir en una mínima cantidad los suelos de textura gruesa.

Característicamente dentro de la localidad de Atillo, presenta deficiencia de fósforo lo cual pierde la calidad de suelos fértiles impidiendo el correcto desarrollo de cultivos de pastizales (PDOT Achupallas, 2020, p. 39).

#### ***2.1.4. Componentes bióticos***

##### *2.1.4.1. Flora*

En todo ello, la gran variedad de plantas entre ellas medicinales, ornamentales y algunas alimenticias, encontrándose en distintas zonas entre ellas están las cercanas a ríos y quebradas, de producción y haciendo énfasis en la zona de bosque. En la Zona de Bosque la mayor variedad de especies es arbóreas, algunas forman se consideran exóticas, destacando al árbol de eucalipto, cedro, ciprés y pino; otras tantas son de naturaleza nativa, aquí se encuentra el capulí, el quishua y el yagual. De todas las especies presentes, están presentes para el uso exclusivo de leña 7, otras 7 especies determinadas para la construcción por sus características fuertes y estructurales, 4 especies dedicadas al uso medicinal, y única y exclusivamente una especie que se la puede usar para la alimentación humana (GAD Cebadas, 2021, pp. 199–200).

Los bosques naturales degradados o bajo presión, son causados particularmente por la deforestación con una afectación media (MAE, 2012).

##### *2.1.4.2. Fauna*

La vida silvestre en la zona se desarrolla en gran medida en los páramos andinos, mientras que cercana a las cuencas hídricas, las especies se observan en menor cantidad, en las zonas donde la producción es reducida, se puede diferenciar entre aves, mamíferos y peces (PDOT Achupallas, 2020, p. 43).

Las especies faunísticas que se asientan en la zona páramo de Atillo suman un total de 46 especies, la gran mayoría formada por aves con un total de 26, consecuentemente siguen los mamíferos, con 15 especímenes, continuando la sección entre anfibios y reptiles constan una cantidad de 4 especies andinas y 1 especie acuática.

En la zona boscosa, conforman 7 especies aves, al igual que 7 especies mamíferos y un total de 2 especímenes para anfibio y reptil respectivamente (GAD Cebadas, 2021, p. 202).

El recurso faunístico en los páramos de las zonas altas se ve enormemente afectado por actividades antrópicas de caza, pesca y deforestación, con un nivel medio de afectación (MAE, 2012).

### ***2.1.5. Componentes socioeconómicos***

#### ***2.1.5.1. Ocupación***

Respecto a la agricultura, en la comunidad de Atillo, no hay presencia comúnmente de la actividad, los cultivos son mínimos, esto se debe a fenómenos meteorológicos que no se pueden controlar como las heladas (Bastidas, 2001, p. 30), la localidad está adaptada naturalmente para el impulso del cultivo hortícola y pastizal, en zonas más altas y frías más cercanas al páramo, los cultivos pueden ser de haba, papa y pastos, los cuales no precisan de dotación de riego de agua (GAD Cebadas, 2021, p. 172), sin embargo, no es común observar alrededor del sitio de estudio encontrarse con cultivos.

#### ***2.1.5.2. Calidad de vida***

Estos componentes culturales se enfocan en la detección de escasez de igualdad según cada grupo o comunidad asentada en determinada región de la parroquia, mediante complicaciones puntuales destacando como punto de partida la discriminación existente y consecuente a ello, la exclusión y marginalidad. La movilidad social al hacer referencia a la posibilidad de que una persona con el tiempo vaya progresivamente obteniendo una escala mayor económicamente hablando, la localidad se considera cerrada debido a las mínimas oportunidades existentes, así como la condición social para cada habitante la cual se la establece al nacer (PDOT Achupallas, 2020, p. 52). La accesibilidad a la educación está muy limitada al punto de verse obligados a enviar a la ciudad para desarrollar sus actividades académicas en una institución de calidad, a más de ello los servicios básicos la mayoría de las comunidades aledañas carecen de algunos o todas las necesidades básicas (PDOT Achupallas, 2020, p. 54).

## **2.2. Muestreo**

### ***2.2.1. Puntos de muestreo***

Para los puntos de muestreo junto con el tutor encargado del seguimiento del presente trabajo investigativo, grupo de investigación y técnicos encargados de los proyectos encaminados a los páramos andinos y los sistemas lacustres, se seleccionan seis puntos en la laguna de Atillo y seis puntos de muestreo en la laguna Magdalena, teniendo en cuenta el principio de aleatoriedad y la accesibilidad a las lagunas.

Las muestras tomadas deben cumplir con las necesidades de la investigación, estas son los objetivos planteados, conociendo la sección de entrada y de salida para el cuerpo de agua, los factores, variables y aniones a analizar, teniendo en cuenta los principales sitios de ingreso, la extensión del área de estudio y con ello la topografía del lugar, así, la eficiencia de las fechas en que se realizará la extracción de muestras se realice eficientemente para su posterior análisis.

Hay un principal tema de discusión que se debió tomar en cuenta para muestrear y es la representatividad de las muestras y la influencia que pueden tomar estas por factores como la turbiedad, profundidad, entre otros, por ello es necesario tener en cuenta donde muestrear cada punto que preferentemente no sea en las orillas ya que aquí es donde no existe una mezcla completa, podría estas secciones de las orillas haber sufrido procesos de contaminación, arrastre o evaporación de la capa superficial del agua, además de que al disminuir la profundidad por tanto disminuirán las muestras que podrían contener trazas de sedimentos, que dificulten o interfieran el análisis.

Un factor importante para un correcto muestreo es la facilidad para el ingreso al sitio seleccionado para estudio, tomando en cuenta las rutas principales de acceso en transporte, el automóvil debe ser capaz de cruzar por secciones de la carretera en la que por acción de la lluvia ocurren deslaves, a más de ello está en seleccionar correctamente la sección de ingreso con los equipos, materiales y reactivos, esto debido a que el área de la laguna se encuentra cercada y el lugar destinado para acceder a la laguna está a una distancia considerable con una pendiente elevada tanto como para llevar los instrumentos a muestrear, así como para el regreso con lleno de las muestras tomadas y todos los implementos ocupados.

Ahora bien, la selección de puntos aleatorios del lugar son estratégicos ya que ambas lagunas únicamente presentan una entrada así como una salida de las lagunas, además los puntos en selección deben ser colocados cuidando que no haya excesiva corriente que arrastre el bote de la zona de medición, por ello para cada punto y representación en una perspectiva desde lo alto, se lo toma con un dispositivo con sistema de posicionamiento global y así facilitar el procesamiento en ArcGIS para ubicar las coordenadas gráficamente, como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

### **2.3. Materiales, equipos y reactivos**

Es esta sección se mencionan los instrumentos ocupados para el muestreo llevados al campo (in-situ) y en laboratorio (ex-situ).

### ***2.3.1. Materiales aplicados en campo***

#### *2.3.1.1. Materiales*

- Cooler
- Embudo
- Botellas ámbar 1L
- Cinta adhesiva
- Rotulador

#### *2.3.1.2. Equipos*

Los parámetros que se deben analizar in situ de la zona refieren a aquellos que por su estructura de naturaleza variable en el tiempo se los debe tomar en ese instante, así como por la accesibilidad y resistencia del equipo a condiciones climáticas inhóspitas (Barreto 2009, pp.3-4), para realizar un diagnóstico previo de la calidad de las lagunas, son: la conductividad, el oxígeno disuelto, pH, temperatura, la determinación de estos parámetros se lo realiza con un equipo multiparamétrico de marca “RaeZung AZ86031 Water Quality Meter”; además de la transparencia mediante el disco Secchi.

A continuación, se detallan los equipos

- Multiparámetro (RaeZung AZ86031 Water Quality Meter)
- Botella de Van Dorn
- Disco Secchi
- Dispositivos electrónicos para el apartado fotográfico
- GPS

### ***2.3.2. Materiales aplicados en laboratorio***

#### *2.3.2.1. Materiales*

Mientras que para los materiales aplicados en laboratorio teniendo en cuenta la facilidad para analizarlos en el laboratorio del grupo de investigación-desarrollo para el ambiente y cambio climático GIDAC serán los siguientes:

- Balones de aforo de 25, 100, 500 y 1000 mL

- Celda de cuarzo para cromatógrafo
- Celda del turbidímetro
- Cubeto de 10 mL para el espectrofotómetro
- Filtro de celulosa de 11  $\mu\text{m}$
- Filtro de membrana de celulosa para clorofila de 0,45  $\mu\text{m}$
- Gradilla para tubo de ensayo
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Micropipetas de 10, 100 y 1000  $\mu\text{L}$
- Pera de succión
- Pinzas
- Pipetas de 5 y 10 mL
- Piseta
- Tubos de ensayo
- Tubos falcón de 15 y 50 mL
- Vasos de precipitación de 100 mL
- Papel de microfiltro de tamaño de poro 0,45  $\mu\text{m}$
- Cubetas
- Pipetas de 10mL y 1mL
- Papel aluminio
- Balones de aforo
- Microespátula metálica.
- Pipetas graduadas de boca ancha.
- Probetas de 250 y 500mL

#### 2.3.2.2. *Equipos*

- Bomba de Filtración al vacío
- Bote
- Conductímetro
- Equipos de Cómputo para el Procesamiento de los resultados.
- Espectrofotómetro UV SQ2802
- Multiparámetro C200 HANNA
- Refrigerador para conservación de las muestras
- Nefelómetro
- Bomba de filtración al vacío
- Centrífuga



- Tubos falcon 15 mL
- Refrigeradora
- Aparato de DBO5 respirométrico
- Temoreactor
- Computadora

#### *2.3.2.3. Reactivos*

- Reactivo HI93707-0, Nitrite Low Range
- Reactivo HI93728-01, Nitrate Reagent
- Reactivo HI93713-01, Phosphate Low Range
- Reactivo de Cloruro A, HI93753A-0, y B, HI93753B-0
- Solución saturada de Carbonato de magnesio Mg (CO<sub>3</sub>)
- Cetona
- Ácido Clorhídrico (HCl) 0,1N
- Solución acuosa de Acetona al 90%
- Agua Destilada
- Almohadillas de polvo para nutrientes
- Comprimidos de hidróxido de potasio
- Ácido sulfúrico 0,05N
- Naranja de metilo
- Fenolftaleína

### **2.4. Recolección, etiquetado y conservación de la muestra**

#### *2.4.1. Recolección de la muestra*

- Selección de punto aleatoriamente y toma de las coordenadas con ayuda del GPS.
- Inserción de la botella Van Dorn abierta hasta la profundidad de 6 metros.
- Se introdujo la pesa de metal para activar el cierre de manera hermética de la botella.
- Extracción de la botella con la muestra, recogiendo la cuerda numerada.
- Se enjuagó la botella ámbar estéril con un porcentaje pequeño de la muestra obtenida.
- Se introdujo la muestra de agua hasta llenar la botella ámbar de 1 litro para los respectivos análisis de laboratorio.

#### 2.4.2. Etiquetado de la muestra

Se seleccionó la siguiente codificación:

**Tabla 2-1:** Codificación de las etiquetas de las muestras.

Punto	Número de punto	Laguna	Muestreo	Número de muestreo
P	1	A(Atillo)	M	1
P	2	M(Magdalena)	M	2
P	3	O(Ozogoche)	M	3

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

#### 2.4.3. Conservación y traslado de la muestra

Se utilizó un cooler con hielo para mantener una temperatura baja durante el transporte, luego se colocaron en un refrigerador a 5°C y se refrigeró de 12 a 15h para luego proceder el correspondiente análisis.

### 2.5. Determinación de parámetros In situ

Los siguientes parámetros se analizaron mediante el uso del Multiparámetro de Calidad del agua AZ Instruments, modelo: AZ86031:

**Tabla 2-2:** Rango y precisión de las sondas según su parámetro a analizar

Parámetro	Rango	Precisión
Temperatura (°C)	0 – 60,0	±0,5
pH	0,2 – 12,0	±0,1
Conductividad (µS / cm)	0 ~ 69,9	±1%
Oxígeno Disuelto (mg / L)	0 ~ 30,0	±3%

**Fuente:** (EC, 2019)

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

Las sondas se metieron en un recipiente que contenía la muestra, tras su estabilización se tomaron los valores correspondientes. ±3%

#### 2.5.1. Transparencia de Secchi

La determinación de la Transparencia Secchi se realizó siguiendo los siguientes pasos en el punto de muestreo designado de manera aleatoria:

- Se introdujo al costado sombreado el disco secchi al agua
- Cuando el disco no es visible y comienza a ser visible se apunta las medidas.
- Se promedian las dos medidas

## **2.6. Determinación de parámetros Ex situ**

Corresponde a los análisis realizados en el laboratorio como los siguientes compuestos:

### **2.6.1. Nitritos**

- Llenar con 10 mL de la muestra sin reactivo hasta la línea que limita y tapar.
- Seleccionar en el equipo el método Diazotization para medir Nitrite Low Range.
- Colocar la cubeta en el equipo y cerrar.
- Pulsar la tecla “zero”. Una vez este el marcador en 00:00, se puede empezar a medir.
- Retirar la cubeta.
- Se añade un sobre del reactivo HI93707-0, tapar y agitar 15seg.
- Colocar la cubeta en el equipo y cerrar la tapa.
- Presionar START, empieza a cuenta regresiva desde 15 min. (HANNA 2019, pp. 146-185).

La unidad de medida que muestra el equipo es mg/L, mide en un rango de 0.00 a 0.35 mg/L. (HANNA, 2015, p.1).

### **2.6.2. Nitratos**

- Rellenar con 10 mL de la muestra sin reactivo hasta la línea y tapar.
- Selección en el equipo el método Reducción de Cadmio para medir el reactivo de nitrato.
- Se coloca la cubeta en el equipo y cerrar.
- Pulsar la tecla “zero”. Una vez este el marcador en 00:00.
- Retirar la cubeta, añadir un sobre del reactivo HI93728-01 y tapar.
- Agitar 10s de manera vertical e invirtiendo la cubeta 50s de manera suave.
- Colocar la cubeta en el equipo y cerrar la tapa.
- Presionar START, empieza a cuenta regresiva desde 4 min con 30s.
- Apuntar el resultado obtenido. (HANNA, 2019, pp. 146-185)

La unidad de medida que muestra el equipo es mg/L, mide en un rango de 0,00 a 30,0 mg/L (HANNA, 2015, p.1).

### **2.6.3. Fosfatos**

- Rellenar con 10 mL de la muestra sin reactivo hasta la línea y tapar.
- Selección en el equipo el método Ascorbic Acid para medir Phosphate Low Range.
- Se coloca la cubeta en el equipo y cerrar.
- Pulsar la tecla “zero”. Una vez este el marcador en 00:00.
- Retirar la cubeta, añadir un sobre del reactivo HI93713-01 y tapar
- Agitar 2 min de manera suave, hasta disolver por completo el reactivo.
- Colocar la cubeta en el equipo y cerrar la tapa.
- Presionar START, empieza a cuenta regresiva desde 3 min.
- Apuntar el resultado obtenido. (HANNA, 2019, pp. 146-185)

La unidad de medida que muestra el equipo es mg/L, mide en un rango de 0,00 a 2,50 mg/L (HANNA, 2015, p.1)

### **2.6.4. Cloruros**

- Rellenar la cubeta 1 con 10 ml de agua desionizada hasta la línea y tapar
- Enjuagar la cubeta 2 con la muestra varias veces
- Rellenar la cubeta 2 con 10 mL de la muestra sin reactivo hasta la línea y tapar.
- Añadir con 0,5mL de HI93753A-0 de reactivo de Cloruro A en cada cubeta, utilizando una micropipeta de  $1\mu\text{m}$ .
- Se tapan las cubetas y mezcla durante 10s.
- Añadir con 0,5mL de HI93753B-0 de reactivo de Cloruro A en cada cubeta, utilizando una jeringa de 1mL.
- Se tapan las cubetas y mezcla durante 30s.
- Seleccione en el Espectrofotómetro UV SQ2802 el método para medir Phosphate Low Range.
- Se pone la cubeta 1 que contiene el reactivo con el agua desionizada en el equipo para proceder a medir, iniciando la cuenta regresiva en 2 min.
- Pulsar la tecla “zero”. Una vez este el marcador en 00:00.
- Retirar la cubeta.
- Colocar la cubeta 2 que contiene la muestra y los reactivos en el equipo y cerrar la tapa.
- Presionar START, empieza a cuenta regresiva desde 3 min.

- Apuntar el resultado obtenido. (HANNA, 2019, pp. 146-185)

El equipo da el resultado en valor absoluto mediante una curva podemos determinar la concentración en ppm.

### **2.6.5. Clorofila**

Para la metodología e identificación de la clorofila a presente, se analiza mediante el método espectrofotométrico, una metodología acorde a Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 24th Edition 2017. 10200 H. Chlorophyll.

El principio de funcionamiento de esta metodología espectrofotométrica es aplicar un rango de estrecho de banda entre 0,5 y 2,0 nm, y un ancho de banda central de 20 nm.

#### *2.6.5.1. Toma y recolección de la muestra*

- En campo medir la profundidad de la toma de muestra
- Se debe preservar con 5 gotas de suspensión de Mg (CO<sub>3</sub>), mantener en hielo y lejos de estímulos lumínicos.

#### *2.6.5.2. Filtración*

- La muestra debe ser filtrada en lo posible enseguida se la haya tomado y almacenado no más de 24 horas.
- El volumen de 200mL de muestra pasa a través de un filtro de vidrio o filtro de microporo de espesor de 0,45ug.
- Luego de eliminar toda la humedad del filtro, se lo lleva a un tubo falcón de 15mL, y a este envolverlo con papel aluminio para evitar cualquier paso de luz y almacenar en refrigeración en un rango de temperatura de (-20 a 10 °C), durante 3-4 horas.

#### *2.6.5.3. Extracción*

- Adicionar 10mL de acetona 90% a los filtros, almacenar las muestras en una gradilla de forma vertical y correctamente tapadas y se refrigera las muestras a una temperatura de 2 °C y reposar por 18-21 horas, centrifugado y lectura de la muestra en espectrofotómetro.
- Llevar a la centrifuga los tubos con el papel filtro a una revolución de 2500 rpm durante 10 minutos

- Trasvasar otro tubo de centrífuga en otro tubo el sobrenadante a otro tubo de centrífuga de plástico
- Se mide la absorbancia de la muestra a un rango de 664, 665 y 750 sin acidificar
- Luego de acidificar con 0,1ml de HCl 0,1N.

Para la determinación la concentración de clorofila se debe seguir la siguiente ecuación:

$$\text{Clorofila} \left( \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = \left( \frac{26,7(664_b - 665_a) * V_1}{V_2 * L} \right) \quad \text{(Ec.1-2)}$$

Donde

- $V_1$  = Volumen del extracto (l)
- $V_2$  = Volumen de muestra ( $\text{m}^3$ )
- L = Recorrido de luz o ancho de la cubeta (cm)
- $664_a, 665_b$  = Densidad óptica del extracto de acetona 90 por 100 antes y después de la acidificación, respectivamente.

#### 2.6.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $\text{DBO}_5$ )

- Para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno se debe determinar la cantidad de materia presente.
- Tomar un volumen de 420 mL de muestra en un frasco de ámbar.
- Agregar el reactivo de almohadillas de polvo para nutrientes.
- Agitar la muestra.
- Cerrar herméticamente la superficie del frasco ámbar.
- Adicionar comprimidos de hidróxido de potasio en la tapa que ha sido sellada herméticamente.
- Definir el programa en el respirador de DBO acorde a los 420mL de muestra
- Seleccionar una escala de medición de DBO (35mg/L)
- Colocar el frasco ámbar en el respirador.
- Conectar respectivamente el tubo al frasco con la muestra y cerrar fuerte con la ayuda del tapón.
- En el transcurso de 5 días se ha de anotar el valor más alto que ha tomado durante el análisis de los 5 días.

## 2.7. Índice de calidad del agua

Se debe determinar mediante la resolución inicial el subíndice de cada uno de los parámetros para después multiplicar con los pesos correspondientes en la **Tabla 3-2**. Aplicando la siguiente fórmula:

$$ICA = \sum_{i=1}^n Sub_i \times W_i \quad (\text{Ec.2-2})$$

Donde:

- $Sub_i$  = Subíndice correspondiente al parámetro  $i$
- $W_i$  = Pesos asignados de cada parámetro según ICA-NSF, ponderados.

**Tabla 2-3:** Pesos para cada parámetro según ICA-NSF

Parámetro	Unidad	Peso
Potencial de hidrógeno (pH)	-	0,12
Nitratos ( $NO_3^{-1}$ )	mg/L	0,10
Fosfatos ( $PO_4^{3-}$ )	mg/L	0,10
Cambio de temperatura	°C	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,11
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	0,2

Fuente: (Gutiérrez 2019, pp. 23-25)(Vargas, Rosero, Ávila 2011, pp. 3-6)

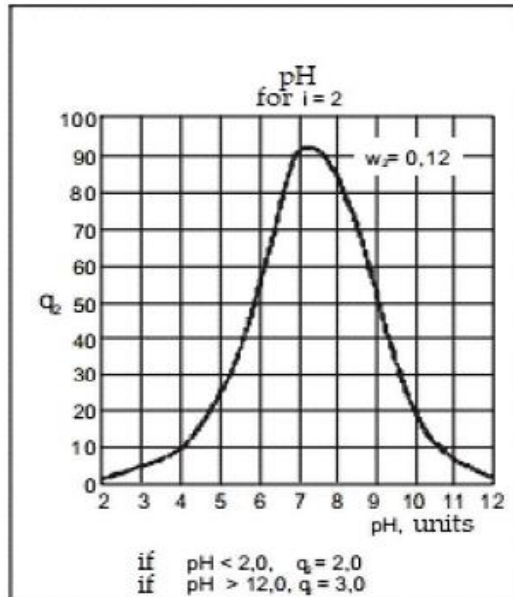
Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

Dentro de los parámetros entandar del ICA tenemos dos adicionales solidos totales y coliformes fecales, mismos que tienen un peso específico de 0,07 y 0,16 respectivamente, los cuales se añadieron de manera ecuánime a los pesos de los ocho parámetros analizados adicionando un valor de 0,0287.

### 2.7.1. Curvas de calidad de cada parámetro según el ICA-NFS

#### 2.7.1.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Si el valor del potencial de hidrogeno es menor a 2, el valor que toma el  $Sub_2 (q_2)$  es de 2, análogamente si el valor del pH supera a 12, el  $Sub_2$  es de 3. Para determinar el valor del  $Sub_2$  se debe tomar en cuenta el valor del pH del eje y e interpolar con el  $Sub_2$  del eje x.



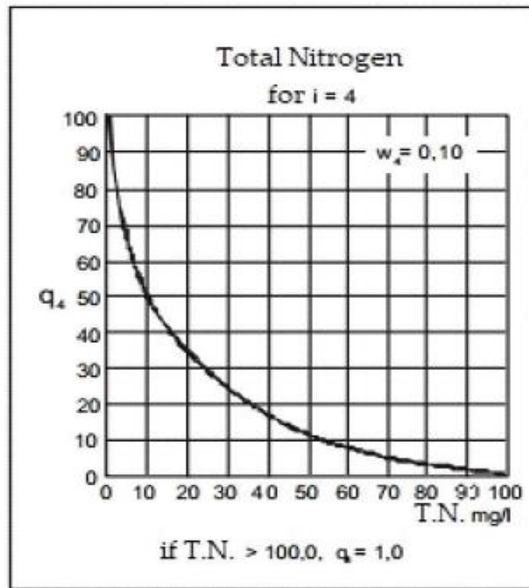
**Ilustración 2-2:** Curva de calidad del agua para pH

Fuente: (Borges et al. 2019, pp. 28)

#### 2.7.1.2. Nitratos ( $NO_3^{-1}$ )

Se debe tomar en cuenta que, si el valor del nitrato es mayor a 100 mg/L, el valor que toma el  $Sub_4 (q_4)$  es de 1. Por otra parte, para definir el  $Sub_4$  se toma en cuenta el valor de la concentración de nitratos del eje y e interpolar con el  $Sub_4$  del eje x.

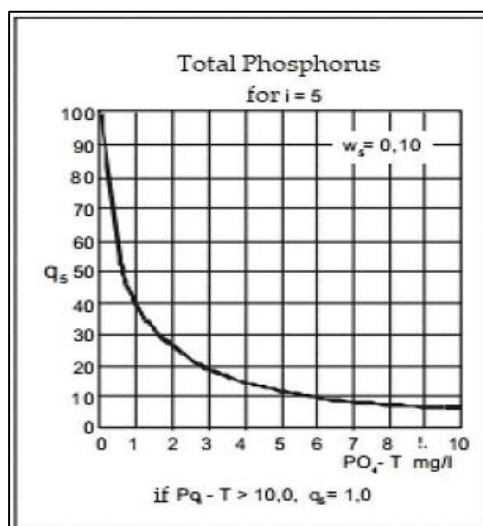




**Ilustración 2-3:** Curvas de calidad del agua para los nitratos.  
Fuente: (Borges et al. 2019, pp. 28)

### 2.7.1.3. Fosfatos ( $PO_4^{3-}$ )

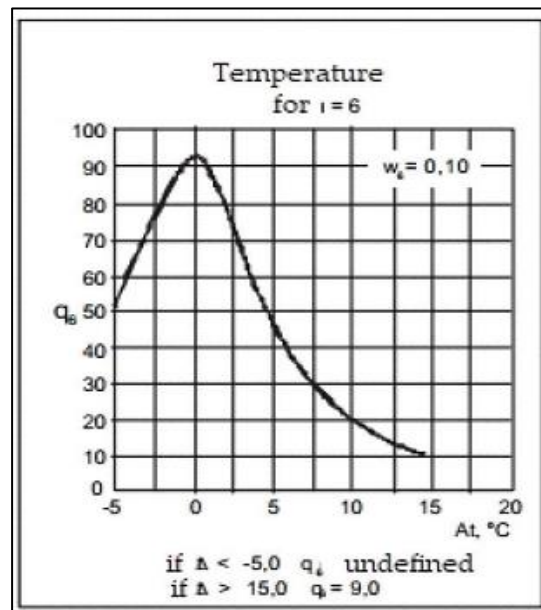
Siempre que el valor del fosfato sea mayor a 10 mg/L, el valor que toma el Sub5 ( $q_5$ ) es de 5. De manera que, si se pretende determinar el Sub4 tomando en cuenta que el valor de la concentración de fosfatos correspondiente al eje x, se realiza una interpolación con el Sub5 del eje x.



**Ilustración 2-4:** Curva de calidad de agua para fosfatos.  
Fuente: (Borges et al. 2019, pp. 28)

#### 2.7.1.4. Temperatura

En el caso de que el valor de la temperatura sea mayor a 15°C, el valor que toma el  $Sub_6$  ( $q_6$ ) es de 9. Al igual que si el valor es menor a -5, el  $Sub_6$  es indefinido. Si la temperatura se encuentra en un rango entre -5 a 15, se considera realizar una interpolación con el eje y que corresponde a  $Sub_9$  con el valor de la temperatura del eje x.

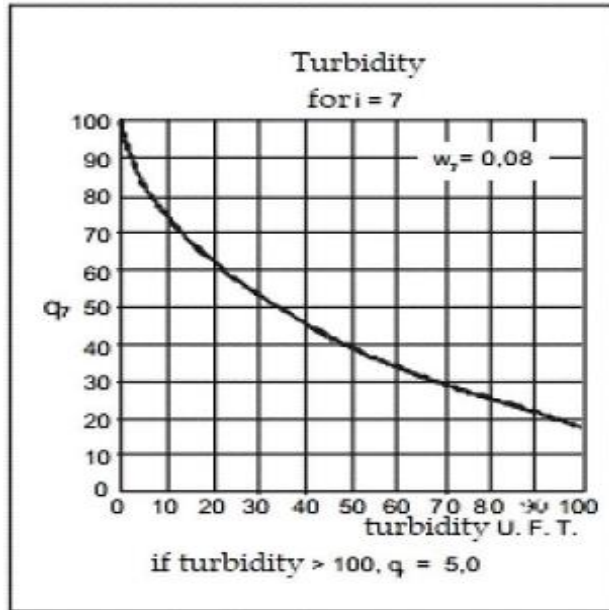


**Ilustración 2-5:** Curva de calidad de agua para la temperatura.

Fuente: (Borges et al. 2019, pp. 28)

#### 2.7.1.5. Turbidez

Si el valor de la turbidez es mayor a 100, el  $Sub_7$  es igual a 5. Para definir el valor del  $Sub_7$  ( $q_7$ ) se realiza una interpolación con el eje y que corresponde a  $Sub_7$  con el valor de la turbidez del eje x.

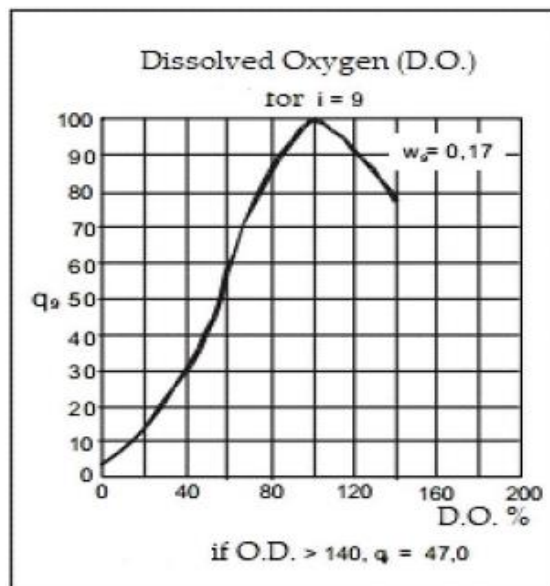


**Ilustración 2-5:** Curva de calidad de agua para la turbidez.

Fuente: (Borges et al. 2019, pp. 28)

#### 2.7.1.6. Oxígeno disuelto (OD)

Se debe considerar que, si el valor de OD es mayor a 140, consecuentemente el número del Sub9 ( $q_9$ ) es igual a 47. No obstante si la saturación de oxígeno disuelto es menor a 140 se realiza una interpolación entre el eje x (% Sat. de OD) y el eje y (Sub9).

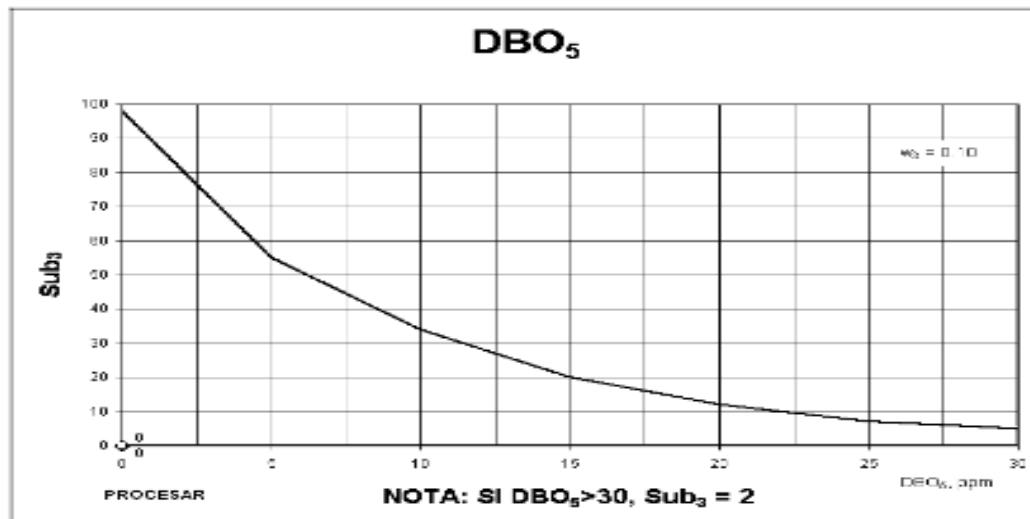


**Ilustración 2-6:** Curva de calidad de agua para oxígeno disuelto

Fuente: (Borges et al. 2019, pp. 28)

### 2.7.1.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Cuando la Demanda Bioquímica de Oxígeno es mayor a 30, consecuentemente el número del Sub<sub>9</sub> ( $q_9$ ) es igual a 2,0. Por otra parte, el peso asignado  $w_i$  es de 0,10.



**Ilustración 2-7:** Curva de calidad de agua para Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Fuente: (Borges et al. 2019, pp. 28)

### 2.7.1.8. Conductividad eléctrica

Según el Instituto de Hidrología, Metodología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2021), Se tomó como base para realizar la modificación al ICA Tradicional, para incrementar la conductividad eléctrica como parámetro adicional.

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{Log}_{10}C.E.)} \quad (\text{Ec. 3-2})$$

Donde:

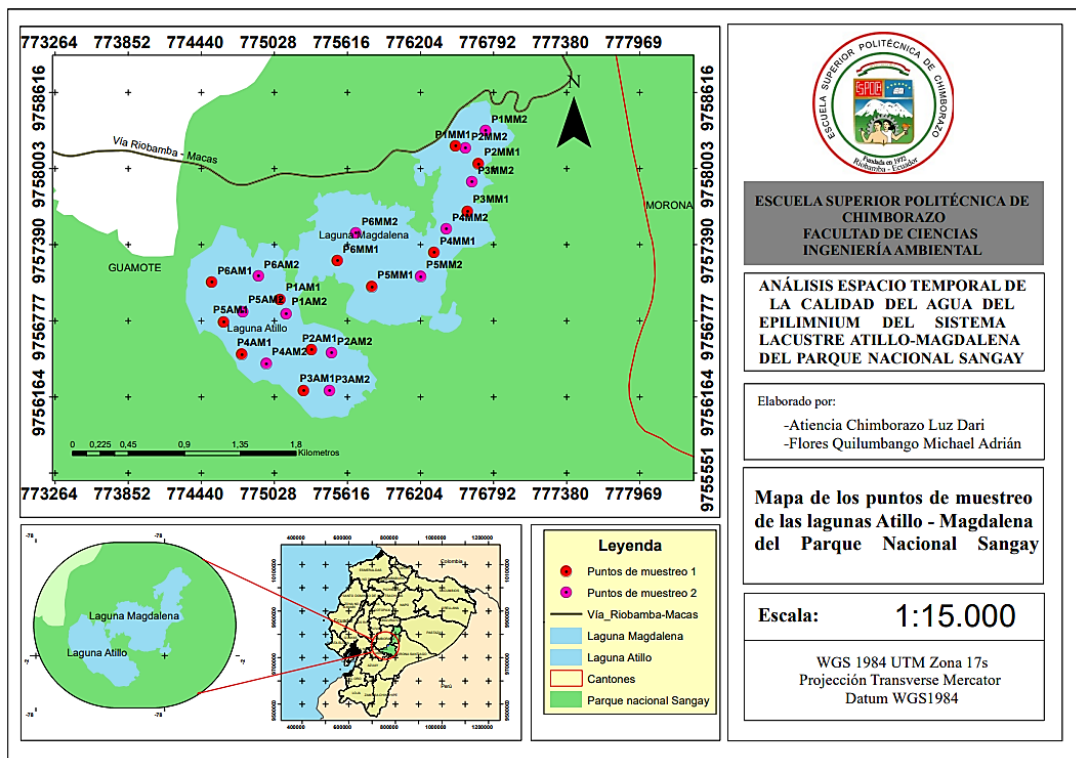
- C.E. = Conductividad eléctrica en  $\mu\text{S}/\text{cm}$

## CAPÍTULO III

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Puntos de muestreo de la temporada lluviosa

Se realizó un muestreo aleatorio simple, asimismo retomaron doce puntos durante la temporada lluviosa, seis en cada laguna, siguiendo la respectiva denominación; se logró abarcar de manera equitativa y georreferenciados. Así pues, las muestras fueron tomadas a seis metros de profundidad en cada uno de los puntos, mismos que fueron graficados dentro del mapa mediante el uso de ArcGIS 10.4.1 utilizando el sistema de referencia WGS 1984 UTM Zona 17s, Proyección Transverse Mercator.



**Ilustración 3-1:** Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de la temporada lluviosa.

Realizado por: (Atencia L & Flores M, 2022)

Las coordenadas fueron tomadas con ayuda de un GPS durante el transcurso de cada muestreo obteniendo los datos tabulados a continuación:

**Tabla 3-1:** Coordenadas UTM de los puntos de muestreo en la temporada lluviosa

Áreas de muestreo	Puntos de muestreo	X	Y	Puntos de muestreo	X	Y
Laguna Magdalena	P1MM1	775866,8	-242557,46	P1MM2	776596	9758182
	P2MM1	776429,1	-241938,45	P2MM2	776608	9758100
	P3MM1	776605,61	-241974,8	P3MM2	776621	9757900
	P4MM1	776580,56	-242101,19	P4MM2	776644	9757759
	P5MM1	776496,17	-242445,62	P5MM2	776207	9757135
	P6MM1	776066,78	-242851,92	P6MM2	775455	9757255
Laguna Atillo	P1AM1	775895,86	-243128,11	P1AM2	775226	9756415
	P2AM1	775608,85	-243606,86	P2AM2	775026	9756666
	P3AM1	775189,87	-243799,59	P3AM2	775063	9756906
	P4AM1	774738,82	-243510,35	P4AM2	775470	9756593
	P5AM1	774657,53	-243064,99	P5AM2	775099	9756820
	P6AM1	774494,32	-242659,68	P6AM2	774978	9757086

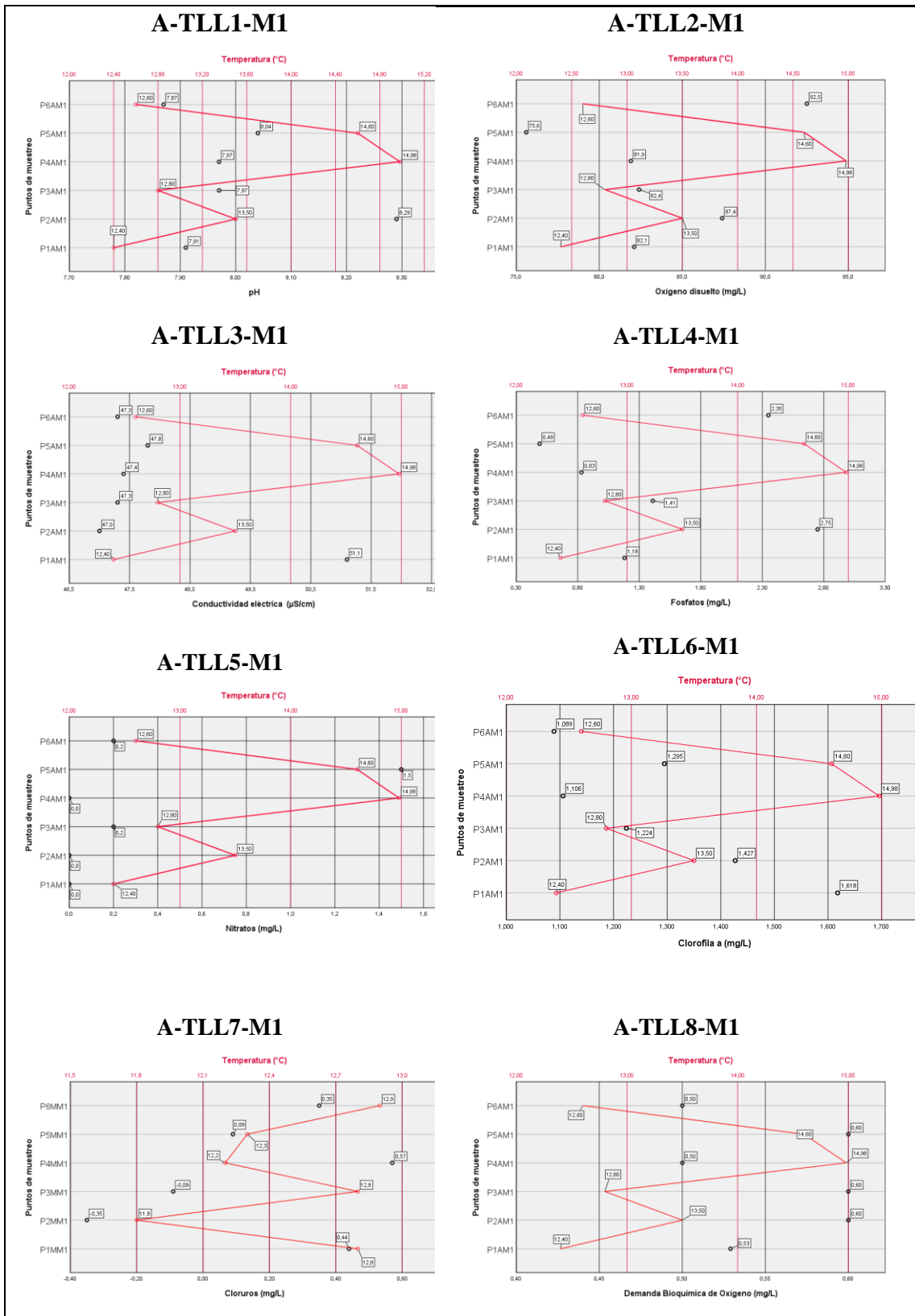
Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

### 3.2. Muestreo 1

#### 3.2.1. *Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo y Laguna Magdalena*

La laguna de Atillo presenta una cantidad de cloruros mucho mayor a la laguna Magdalena, ya que en Atillo el valor más alto es de 7,99mg/L y un valor muy bajo de 0,57mg/L. Mientras que la clorofila-a en los puntos más representativos de las áreas de estudio tienen un valor muy bajo cercanos a 1,618mg/L a 1,712mg/L respectivamente, pues al poseer un valor mucho más bajo en cuando a los 10mg/L de clorofila en el agua, demuestra que no hay una presencia considerable de fitoplancton, por tanto, se lo toma como un valor que no altera en lo absoluto la calidad del agua del sistema lacustre (Roldán, 1992).

Ahora bien, en cuanto a los nitratos, se ha determinado un total de 1,5mg/L en el punto P5AM1 como un valor más alto en el mes de mayo, y un resultado más alto para la laguna Magdalena con un valor de 2,8mg/L.



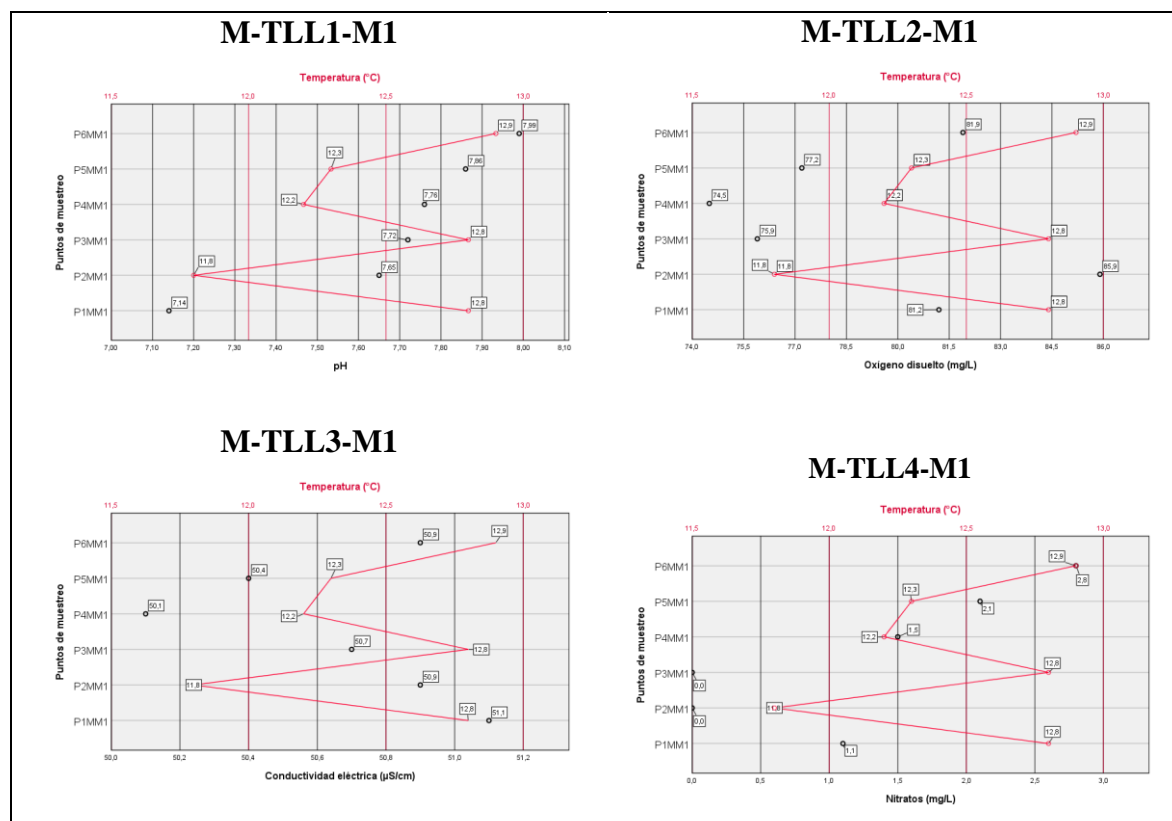
**Ilustración 3-2:** Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Attilo del primer muestreo.  
 Realizado por: (Atienza L & Flores M, 2022)

Las gráficas que se pueden apreciar en el monitoreo respecto a temperatura relacionadas con los parámetros analizados en la tabla 3 para los valores de parámetros analizados según ICA-NSF, los cuales son el potencial de Hidrógeno, nitratos, fosfatos, pH, Oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, nitratos, cloruros, clorofila y demanda bioquímica de oxígeno, tienen cierta relación entre sí, pues el parámetro con el que todo se asemejan es la temperatura de cada punto de muestreo la cual es la misma, no obstante, el pH en el primer monitoreo realizado en el mes de mayo en la laguna Atillo de 7,27 y el valor máximo de 8,29, mientras que para el valor de acidez de la laguna Magdalena es más ácida, disminuyendo su valor máximo a 7,99.

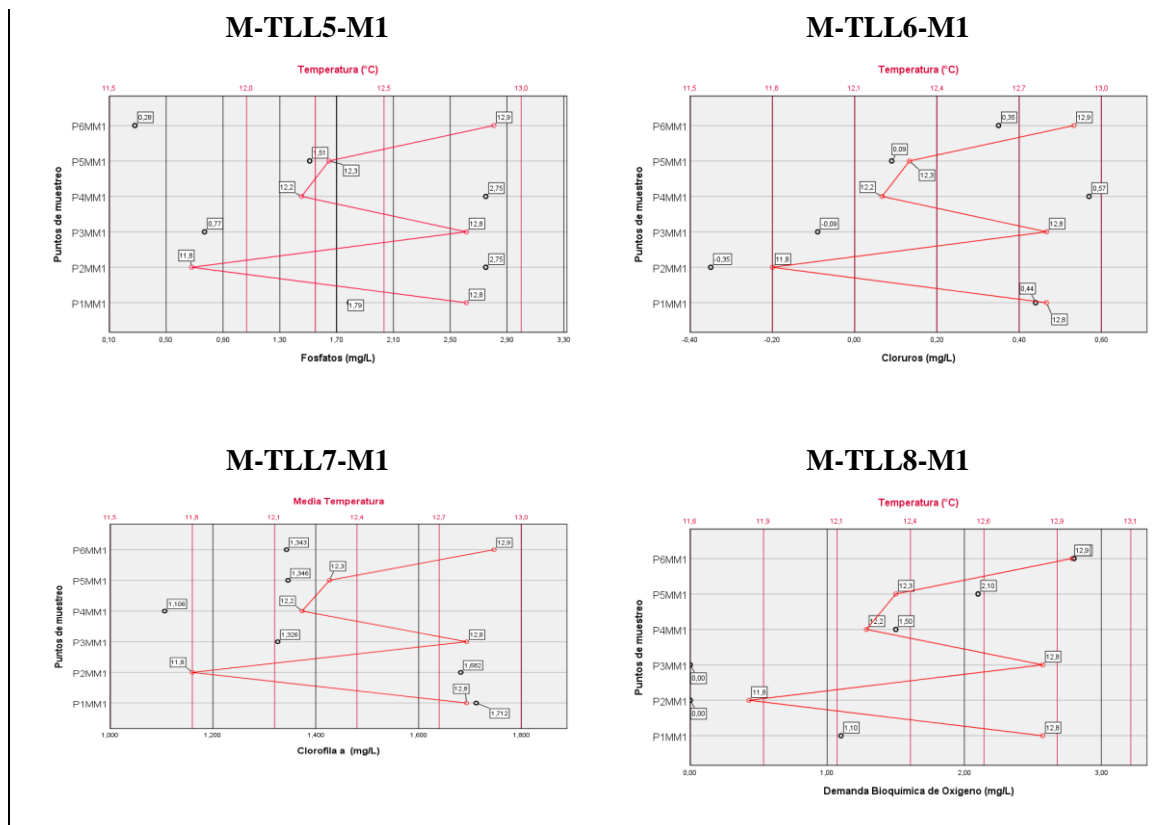
El oxígeno disuelto en la laguna Magdalena, en la zona P2MM1 tiene un valor de 85,9mg/L, mientras que en la laguna de Atillo, se incrementa en un valor máximo en el punto P6AM1 con un valor de 92,5.

Respectivamente la conductividad eléctrica medida en uS/cm se ha representado con un valor máximo de 51,1 uS/cm tanto como para la laguna de Atillo y la laguna Magdalena.

El anión fosfato posee un valor mínimo en el punto P5AM1 de 0,49mg/L, y para el valor máximo que se presenta en el P2AM1 un valor de 2,75mg/L. La demanda Bioquímica de oxígeno obtenida a través de la cantidad de materia presente fue de un total de 2,3mg/L y un valor mínimo en P3MM1 y P2MM1, con valores cercanos o menores a cero (EEA, 2021)







**Ilustración 3-3:** Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Magdalena del primer monitoreo.

Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

### 3.3. Muestreo 2

#### 3.3.1. *Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo y Laguna Magdalena*

Los parámetros analizados en el mes de Julio se han denotado en la calidad del agua de una alteración en el pH en relación con el monitoreo primero en la laguna Atillo los valores no cambian significativamente, más que un 7,99 a un valor ligeramente más neutro de 7,86 respecto al mes muestreado de mayo, ahora, para la laguna Magdalena, el valor máximo obtenido es más ácido, y el valor mínimo se mantiene en 7,72.

El oxígeno disuelto máximo obtenido en el cuerpo de agua Atillo, presentó un valor mínimo de 75,6mg/L, y un valor máximo de 81,6mg/L, esto se puede contrastar con laguna aledaña, la cual muestra un valor máximo de 82,4mg/L, un valor mínimo de 74,2mg/L, esta gráfica se encuentra más dispersa, los resultados obtenidos son muy equidistantes.

La determinación de conductividad eléctrica se encuentra formando parte de los parámetros estandarizados por el Standard Methods for the examination of water and wastewater, 24th

Edition (AWWA, 2017). Es un valor fundamental para la limnología determinar la calidad del cuerpo de agua, en tanto a su funcionamiento y distribución de un cuerpo acuático con los dos parámetros esenciales que son la conductividad eléctrica y el pH, además de que considerando lo mencionado por el autor (Roldán & Ramírez, 2008), los valores estándar para un lago de origen oligotrófico varía entre los 30 y 60 uS/cm, y los valores máximos obtenidos tanto en los puntos localizados en la laguna de Atillo y Magdalena, se encuentran 39,6 y 44,9uS/cm respectivamente mientras que los valores mínimo determinado en ambas lagunas es de 37,9 y 40,2uS/cm, todos ellos dentro del rango establecido por (Roldán & Ramírez, 2008, p. 226).

Si bien es cierto el Nitrógeno y el Fósforo son de los elementos primordiales para los ecosistemas acuáticos en la constitución de la producción primaria. El fosfato se encuentra disponible dentro del agua cuando el nivel de acidez disminuye (Roldán & Ramírez, 2008, p. 250). El valor determinado por fotometría en el equipo de HANNA C200, mostrando un rango entre 0,10 a 1,2mg/L como valor mínimo y máximo, mientras que el rango entre 0,08-1,27mg/L se presentó en la laguna Magdalena en el muestreo realizado en el mes de julio del presente año, la (EPA, 2001), en su Norma internacional sobre la calidad del agua superficial, no estipula un limita permisible máximo para tal parámetro, no obstante os valores comparados con un estudio realizado en el Lago San Pablo , en la provincia de Imbabura, presenta un valor máximo de 0,5253mg/L. Los datos obtenidos en campo varían unos con otros, y uno de los factores que puede que haya tomado mayor relevancia en esta variabilidad es la dinámica fotosintética, ya que, en época seca de mayo y julio, la disponibilidad de este nutriente aumenta, por el contrario que sucede en los meses de octubre, noviembre y diciembre la época lluviosa disminuye la cantidad de nutrientes presentes.

Los nitratos y los fosfatos son aniones limitantes para que se pueda dar limitaciones en el desarrollo de la vida de los organismos microscópicos fotosintéticos del agua (Roldán & Ramírez, 2008, p. 294), como se observa en la tabla propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en su Norma Internacional de la calidad de agua superficial, establece un límite máximo permisible de 50mg/L, contrastando estos valores con estudios realizados en el Lago la Tota en el departamento de Boyacá, Colombia, en el lago la Cocha en Nariño y en el lago Titicaca en Bolivia, presentan unos valores que parte de 2,2mg/L, 0,2mg/L y 1,5mg/L (Roldán & Ramírez, 2008, p. 248), mientras que el análisis obtenido en el presente estudio, es de 0 mg/L, en la laguna Atillo y el rango presente en la laguna Magdalena es de 0 como valor mínimo hasta alcanzar el 0,70mg/L, estos resultados obtenidos guardan estrecha relación unos con otros ya que no varían de una forma considerable y se encuentra dentro de la norma internacional de la calidad del agua (EPA, 2001).

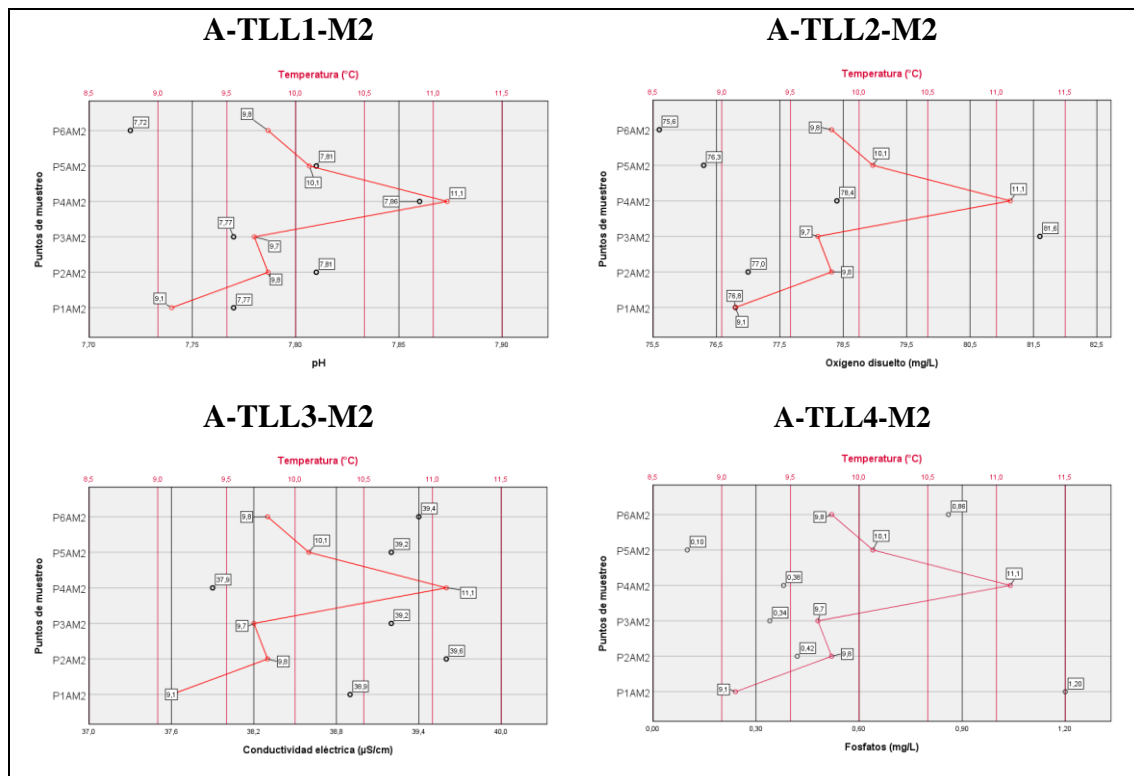
La determinación de cloruros en lagos, lagunas y ríos debe ser menor a 5 mg/L como menciona el autor (Roldán, 1992). Ahora bien, si un lago presenta menores cantidades de este ion en el agua,

se lo debe considerar al medio como hipotónico, por ello la conductividad también será muy baja, pues estos dos valores guardan estrecha relación (Roldán & Ramírez, 2008). Respecto a los valores obtenidos en cloruros, se obtuvo una cantidad máxima de 0,51mg/L para la laguna de Atillo, presentando así una variación poco considerable en todos los puntos de los sitios muestreados.

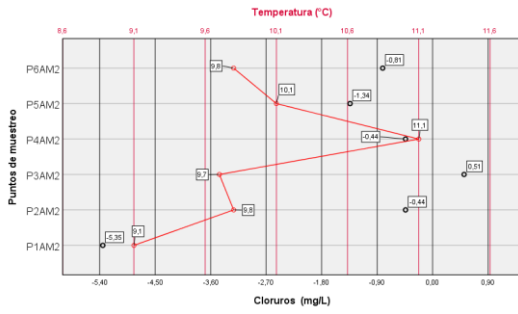
Como se puede apreciar en el caso de la clorofila a, presenta unos valores de (1,128-1,417) mg/L como valores mínimos y máximos tomados en el segundo muestreo del mes de julio en la laguna de Atillo, mientras que, para la laguna de Magdalena, los valores están entre (1,343-1,523) mg/L como valor mínimo y máximo.

La demanda biológica de oxígeno analizada en un lapso no menor a 5 días, por tanto, recibe el nombre de DBO<sub>5</sub>, y es tomada en cuenta como un indicador cuantitativo que permite determinar la contaminación acuática la cuál es intervenida por pequeños organismos residentes del agua que cumplen el papel de oxidar la materia orgánica del lugar (Rodríguez et al., 2016). El valor obtenido tanto en los seis puntos analizados en la laguna de Atillo son: 0,50- 0,52- 0,57- 0,6- 0,50 y 0,51 mg/L los cuales no presentan mucha variación en el transcurso de los puntos ubicados al azar y respecto a la tabla referente de la Norma internacional para la calidad de agua superficial de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, (EPA, 2001), menciona que no debe superar los 20 mg/L, lo cual, estos valores obtenidos están por muy debajo de los límites permisibles.

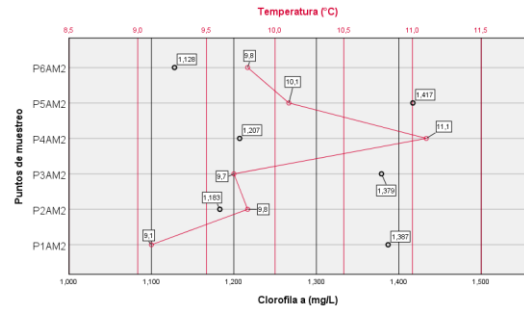
Así lo podemos observar en el Grafico 3-3 y Grafico 4-3 realizados en SPSS para ilustrando la variación de los compuestos con respecto a la temperatura:



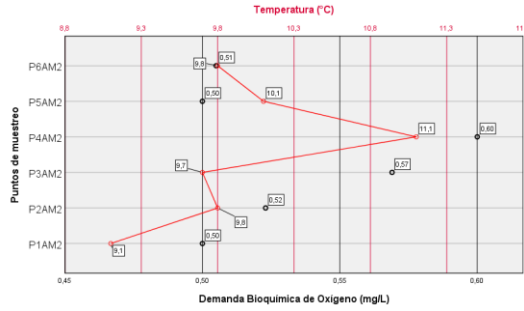
### A-TLL5-M2



### A-TLL6-M2



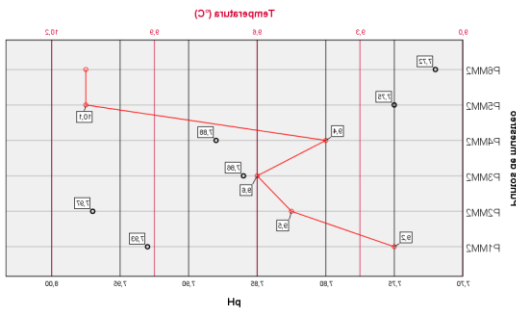
### A-TLL7-M2



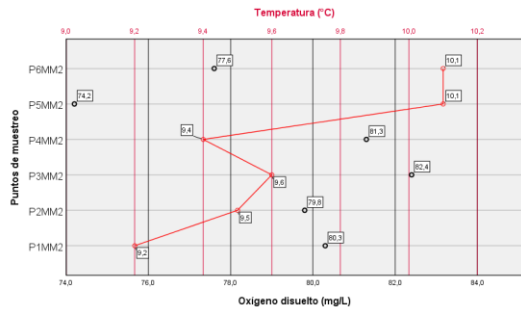
**Ilustración 3-4:** Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo del segundo muestreo.

Realizado por: (Atienza L & Flores M, 2022)

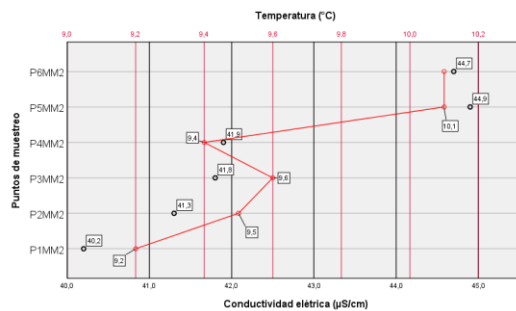
### M-TLL1-M2



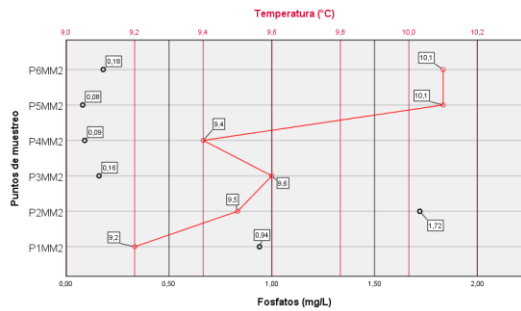
### M-TLL2-M2

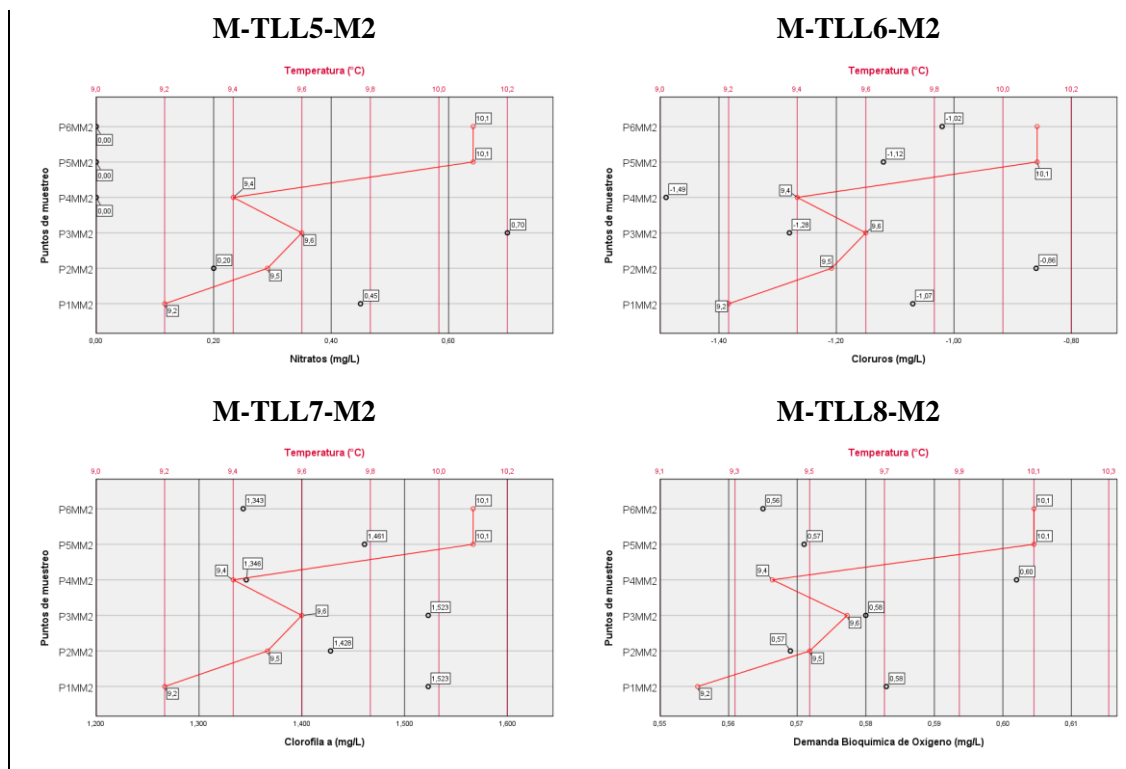


### M-TLL3-M2



### M-TLL4-M2





**Ilustración 3-5:** Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Magdalena

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

Respecto a la Tabla 2-3 se pueden apreciar valores del índice de calidad del agua, que, según los parámetros establecidos en este índice, considera al potencial de Hidrogeno, turbiedad, oxígeno disuelto, conductividad, fosfatos, nitratos, DBO<sub>5</sub>, Cloruros, clorofila-a, transparencia que se obtuvo con ayuda del disco secchi. Se debe mencionar que todos aquellos valores presentas en la tabla, se encuentran bajo las normas establecidas por la Norma acorde a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en su Norma Internacional de la calidad de agua superficial (EPA, 2012), el Standard Methods for the examination of water and wastewater, 24th Edition (AWWA, 2017) y las consideraciones por el fundamento de limnología neotropical por (Roldán & Ramírez, 2008).

**Tabla 3-2:** Estadísticos descriptivos de la temporada lluviosa de la Laguna Atillo

Parámetro	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Temperatura	5,88	9,10	14,98	11,7067	2,041	4,165
Potencial de hidrogeno	0,57	7,72	8,29	7,8992	0,157	0,024
Turbidez	0,310	1,019	1,329	1,16983	0,097800	0,010
Oxígeno Disuelto	16,9	75,6	92,5	80,633	5,1939	26,977

Conductividad	13,2	37,9	51,1	43,508	4,8063	23,101
Fosfatos	2,65	0,10	2,75	1,0258	0,81978	0,672
Nitratos	1,5	0,0	1,5	0,158	0,4295	0,184
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,22	0,30	0,52	0,436	0,091	0,008
Cloruros	12,74	-5,35	7,39	0,5933	3,19660	10,218
Clorofila-a	0,53	1,09	1,62	1,2883	0,16040	0,026
Transparencia secchi	3,0	4,5	7,5	5,542	0,9643	0,930

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

Los resultados obtenidos en la Tabla 3-3, demuestran unos valores mínimo y máximo cercanos a los datos obtenidos en la Tabla 1-3, los cuales presentan las siguientes características, partiendo de que los rangos más elevados en este análisis descriptivo, se obtiene en los datos de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, nitratos, fosfatos y cloruros, ya que valores superiores a la unidad ya representan un cambio más considerable entre un punto de monitoreo analizado y otro. El valor mínimo y máximo se lo ha analizado en los perfiles de cada uno de los parámetros mencionados en la tabla del ICA-NSF para la calidad del agua (NSF, 2006).

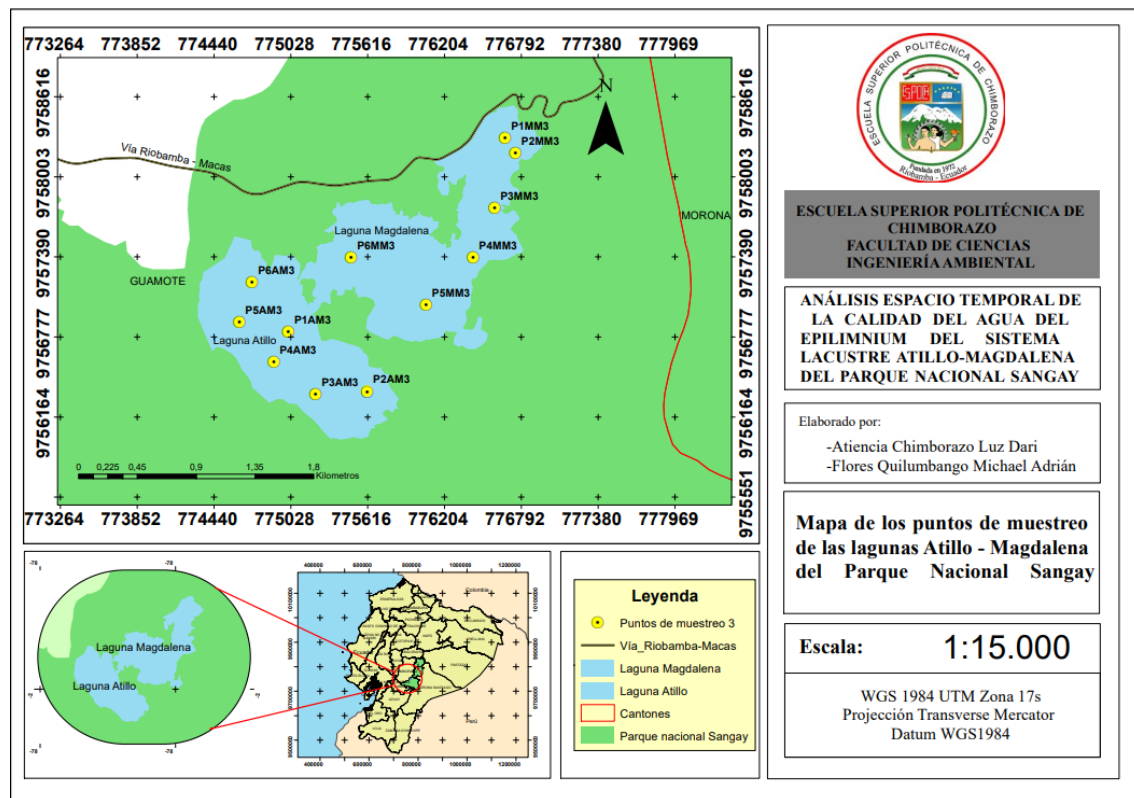
**Tabla 3-3:** Estadísticos descriptivos de la temporada lluviosa de la Laguna Magdalena

Parámetro	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Temperatura	3,7	9,2	12,9	11,058	1,5210	2,314
Potencial de hidrogeno	0,85	7,14	7,99	7,7692	0,22545	0,051
Turbidez	0,227	1,076	1,303	1,18065	0,052637	0,003
Oxígeno Disuelto	11,7	74,2	85,9	79,350	3,5248	12,425
Conductividad	10,9	40,2	51,1	46,575	4,4864	20,128
Fosfatos	2,67	0,08	2,75	1,0850	1,00310	1,006
Nitratos	2,80	0,00	2,80	0,7375	0,94943	0,901
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,24	0,36	0,60	0,4366	0,071	0,005
Cloruros	2,06	-1,49	0,57	-,4858	0,737	0,544
Clorofila-a	0,61	1,11	1,71	1,4283	0,166	0,028
Transparencia secchi	1,5	4,5	6,0	5,000	0,476	0,227

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

### 3.4. Puntos de muestreo de la temporada seca

Los puntos de muestreo de la temporada seca fueron georreferenciados con un GPS, por consiguiente, se representaron mediante la herramienta de sistemas de información geográfica, ArcGIS, WGS 1984 UTM Zona 17s Proyeccion Transverse Mercator, permitiendo observar los seis puntos muestreados de la Laguna de Atillo y de la Laguna de Magdalena.



**Ilustración 3-6:** Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de la temporada seca

**Realizado por:** (Atencia L & Flores M, 2022)

A continuación, se presenta las coordenadas de los puntos muestreados durante la temporada seca:

**Tabla 3-4:** Coordenadas UTM de los puntos de muestreo en la temporada seca

Área de estudio	Puntos de muestreo	X	Y
Laguna Magdalena	P1MM3	776669	9758303
	P2MM3	776801	9758168
	P3MM3	776428	9757627
	P4MM3	776072	9757354
	P5MM3	775684	9757222
	P6MM3	775446	9757298

Laguna Atillo	P1AM3	775739	9756355
	P2AM3	775611	9756333
	P3AM3	775307	9756457
	P4AM3	774898	9756589
	P5AM3	774635	9756889
	P6AM3	774732	9757198

Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

### 3.5. Muestreo 3

#### 3.5.1. *Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Atillo*

Refiriéndose a los valores de pH, generalmente los lagos de alta montaña, presentan un valor de entre los 7 y 9, es decir entre neutro a levemente básico. En el tercer muestreo el valor de de pH, presentó un rango entre 6,77 y 7,10 de rango mínimo y máximo respectivamente los puntos P1AM y P6AM3. En lo referente a estos puntos de muestreo, los resultados se proyectaron de manera distinta para el parámetro de los perfiles de temperatura representando la variabilidad de temperatura del la laguna Atillo muestreado en la zona del Epilimnium a una profundidad de 6 metros, con 6 puntos de muestreos seleccionados al azar estratégicamente, observando una temperatura máxima de 13,3 grados en la región intermedia casi colindando con la laguna Magdalena, mientras que la temperatura más baja que se registró fue de 12,6 en el P2AM3 ubicada mas al sureste de la laguna Atillo, esto por la influencia de las corrientes de viento que recorren en ese sentido y al presentar una mayor profundidad en este punto.

Se debe considerar que la disponibilidad de oxígeno dependerá de algunos factores como son: afluentes, altitud, agitación moderada y ciertas actividades fotosintéticas. Principal factor que tiene doble funciones principales, la primera es la respiración de los organismos acuáticos y la segunda refiere el oxidar la materia (Rivera y Patarón, 2021, p. 89).

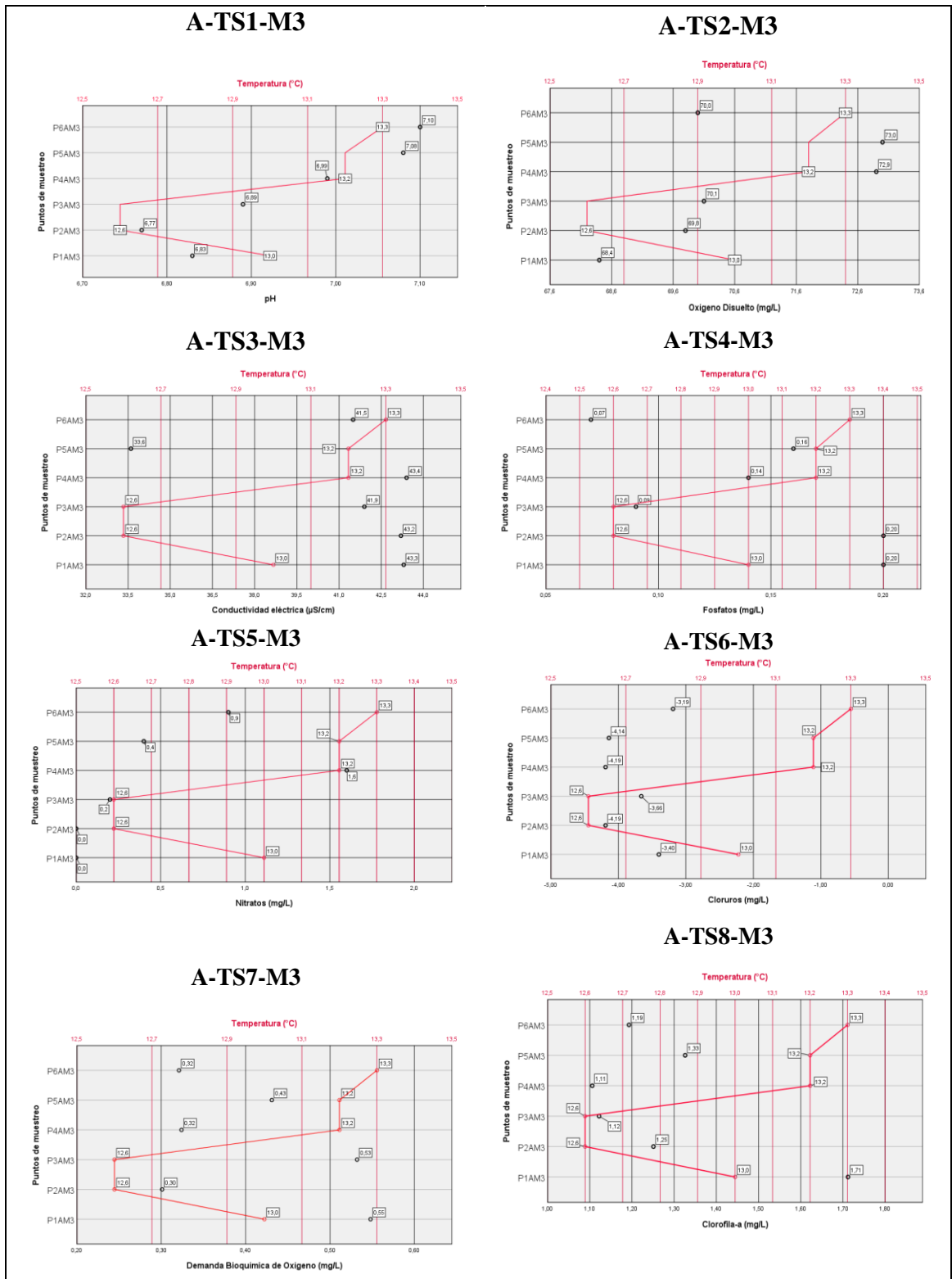
Los valores obtenidos en este muestreo fueron de 68,4 y de 73,0 en los puntos P1AM3 y P5AM3, esto tiene coordinación con lo estipulado para lo estipulado en el estudio de Determinación de la dinámica de lagos de altura, al presentar una presión atmosférica menor, también saturará el oxígeno menos a 95% (Villa y Mühlhauser, 1987)

Dentro de los parámetros del ICA que se ha modificado para los ecosistemas altoandinos, para determinar el uso y la calidad del recurso agua en humedales, se propone estudiar a la conductividad eléctrica. Conociendo se encuentran en un rango de 30 y 60 uS/cm los lagos



oligotróficos montano alto (Roldán y Ramírez, 2008). Ahora bien, cómo se puede apreciar en la gráfica, el valor máximo para la muestra P4AM3 un valor de 43,4 y un valor mínimo de 33,6 en la muestra P5AM3. De las formas más frecuentes del fósforo es el fosfato orgánico u ortofosfato, estas formas son las mejores aprovechadas debido a que para su disposición está en el cuerpo acuático disuelto y consecuentemente a ser aprovechado para las plantas, es por ello el nombre de una forma de fosforo aprovechable (Sierra, 2011). La determinación de fosfato en la región a lo largo de la laguna Atillo para el tercer muestreo, se encontró un máximo de 0,20 mg/L en los puntos P2AM3 y PAM3, tiene relación ya que estos puntos se mantienen cercanos. Mientras que el parámetro de más bajo de fosfato obtenido es de 0,07mg/L en la muestra P6AM3, la más cercana a la orilla norte de las lagunas, se puede determinar que se encuentra dentro del peso para cada factor según ICA-NSF adecuado. Los principales factores de determinación de la presencia de eutrofización en una laguna y los que primero se analizan, son al elemento fósforo y Nitrógeno en sus formas más aprovechables para el estudio respectivo, teniendo en cuenta que los nitratos deben estar bajo de 10 mg/L para que este sea aceptable, (Gutiérrez, 2019, p. 33), la determinación mediante el espectrofotómetro HANNA C200, ha presentado un valor bajo en comparación con los estándares establecidos, el valor mínimo de los puntos más bajo es de P1AM3 y P2AM3, valores de cero y demás cercanos a cero y menores a 0,10, el valor que más cerca esta de 0,10 mg/L es el punto P6AM3 con un valor de 0,9 mg/L.

Mayormente este compuesto se lo asocia con el Cloruro de sodio o más conocido como sal natural, y es de los valores que en características de alta montaña como afirma (Roldán, 1992, p. 113), debe estar menor a 5mg/L. Los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango establecido y los valores menores a 300mg/L no causan perjuicio alguno a la calidad (Boman et al., 2015, p. 14). Para la determinación de estos resultados se parte de la transparencia obtenida con el disco Secchi, posterior al procedimiento de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 24th Edition 2017. 10200 H. Chlorophyll, se obtiene un valor por espectrofotometría un valor mínimo de 1,1 mg/L en el tramo P4AM3 y para el valor más alto de tramo P1AM3 con un valor de 1,71mg/L como punto más alto en el tramo P1AM3. Los valores obtenidos menores a 10mg/L se consideran con una mínima cantidad de fitoplankton, por lo tanto, la presencia de clorofila no afectará a la calidad del agua de las lagunas (Roldán, 1992, p. 237).



**Ilustración 3-7:** Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Attilo

Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

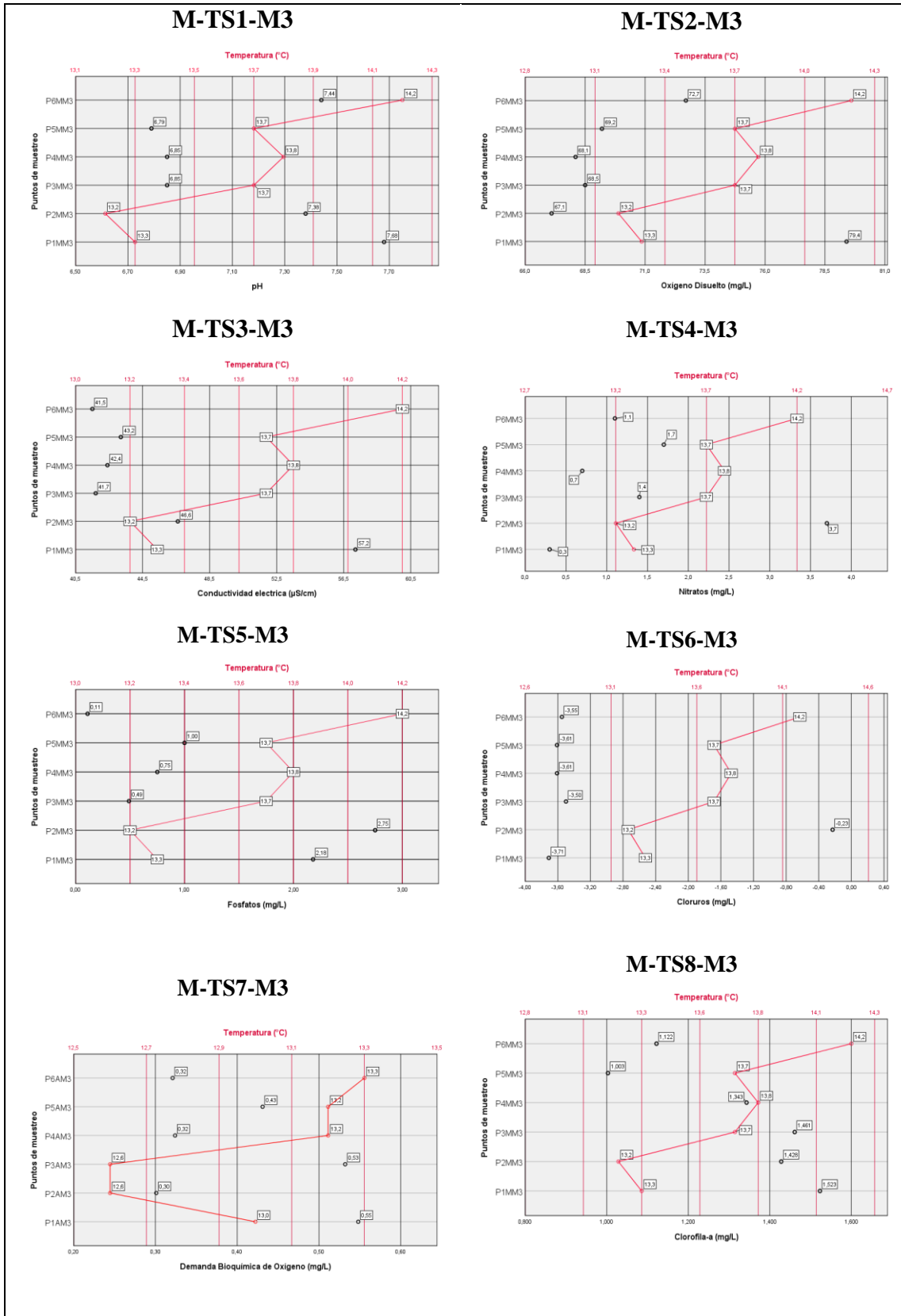
### ***3.5.2. Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Magdalena***

Los perfiles presentan un rango entre 7,68 en el punto P1MM3 es decir, al otro extremo de la entrada a la laguna de Magdalena, como máximo y un mínimo de pH de 6,79, lo cual demuestra que no hay una significativa alteración en los puntos de muestreo. En este caso para el oxígeno disuelto, se ha de tomar en consideración un valor máximo de 79,4 en el P1MM3, acorde a una saturación oxígeno menores a 95% (Villa & Mühlhauser, 1987) En este caso la conductividad eléctrica en relación a la laguna de Atillo, aumenta el rango considerablemente y sus valores mínimos y máximos son de 41,5 uS/cm en el punto P6MM3, y 57,2 uS/cm en el punto P1MM3, continuando dentro del rango establecido por alto (Roldán y Ramírez, 2008, p. 37), de (30 a 60) uS/cm

En este caso los valores de nitratos tienden a aumentar considerablemente a la laguna Atillo, con un valor de (0,1 a 0,9) mg/L que se obtenía anteriormente a un rango que va desde los (0,3 a 3,7) mg/L, en los puntos P1MM3 y P2MM3 para su rango mínimo y máximo respectivamente.

Los fosfatos respecto a este punto particular, también hubo una notable en los valores máximos, si se compara con la laguna Atillo, el valor máximo fue de 0,20(mg/L) y el valor en la laguna Magdalena es de 2,75(mg/L) tomando como referencia máxima al punto P2MM3, continuando con el P1MM3 de 2,18(mg/L), siguiendo de la misma forma con el punto P5MM3, que presenta una considerable disminución a 1(mg/L), consecuentemente en el P4MM3, un valor de 0,75(mg/L) y finalmente 0,49 (mg/L) para P3MM3 como valor mínimo de todos los muestreos para este anión.

Los cloruros, al igual que en la tabla de perfil de Atillo, son valores inferiores a 0,25 (mg/L), por lo que no son valores considerables a tener en cuenta y no modificará el estado final de la calidad del agua de las lagunas Atillo-Magdalena. En este caso, los rangos de calidad del agua no se ven afectados en lo más mínimo, pues, acorde a (Roldán, 1992, p. 98), no habrá alteración alguna en la biomasa del fitoplancton debido a que sus valores son menores a 10mg/L.



**Ilustración 3-8:** Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Magdalena

Realizado por: (Atienza L & Flores M, 2022)

Acorde a la Tabla 5-3, el valor de la desviación estándar en una medida estadística en los valores obtenidos para el índice de la calidad del agua, el valor más alto para conocer cuánto se ven alterados los valores obtenidos en los puntos de muestreo analizados para la conductividad eléctrica con un valor de 3,786 continuando con los valores obtenidos para oxígeno disuelto presentando una desviación de 1,850.

**Tabla 3-5:** Estadísticos descriptivos de la temporada seca de la Laguna de Atillo

Parámetro	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Temperatura	0,7	12,6	13,3	12,983	0,313	0,098
Potencial de hidrogeno	0,33	6,77	7,10	6,943	0,135	0,018
Turbidez	0,469	1,054	1,523	1,212	0,177	0,031
Oxígeno Disuelto	4,6	68,4	73,0	70,700	1,850	3,416
Conductividad eléctrica	9,8	33,6	43,4	41,150	3,786	14,315
Fosfatos	0,13	0,07	0,20	0,143	0,055	0,003
Nitratos	1,6	0,0	1,6	0,517	0,627	0,394
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,25	0,30	0,55	0,410	0,111	0,012
Cloruros	1,00	-4,19	-3,19	-3,795	0,441	0,194
Clorofila-a	0,61	1,11	1,71	1,285	0,225	0,050
Transparencia secchi	2,5	5,0	7,5	6,25	0,935	0,875

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

Como se pueden demostrar en la tabla 6-3, el rango donde hay un valor más distante entre el valor máximo y mínimo la conductividad es la que mayor rango de resultados y la más distante es el valor de conductividad eléctrica, continuando con el valor de oxígeno disuelto, cloruros, nitratos, fosfatos y finalmente el que menor rango presenta es el de DBO<sub>5</sub>. Los valores de media se pueden observar que se encuentran únicamente a la medida de los valores de la Norma acorde a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en su Norma Internacional de la calidad de agua superficial (EPA, 2012), el Standard Methods for the examination of water and wastewater, 24th Edition (AWWA, 2017) y las consideraciones por el fundamento de limnología neotropical por (Roldán & Ramírez, 2008).

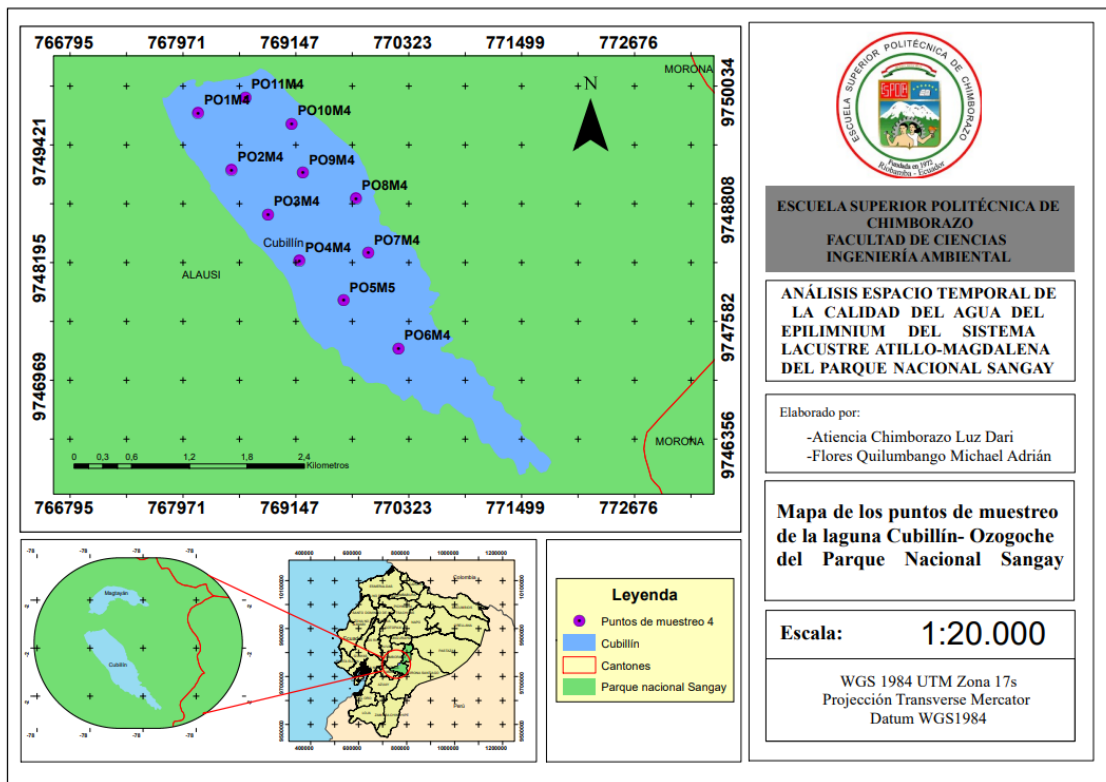
**Tabla 3-6:** Estadísticos descriptivos de la temporada seca de la Laguna Magdalena

Parámetro	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Temperatura	1,00	13,2	14,2	13,650	0,370	0,131
Potencial de hidrogeno	0,890	6,790	7,680	7,165	0,381	0,145
Turbidez	0,185	1,219	1,404	1,310	0,078	0,006
Oxígeno Disuelto	12,3	67,1	79,4	70,833	4,612	21,279
Conductividad	15,7	41,5	57,2	45,43	6,056	36,683
Fosfatos	2,64	0,11	2,75	1,213	1,029	1,059
Nitratos	3,4	0,3	3,7	1,483	1,194	1,426
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,25	0,30	0,55	0,422	0,0856	0,007
Cloruros	3,48	-3,71	-,23	-3,0350	1,375	1,893
Clorofila a	,520	1,003	1,523	1,313	0,206	0,043
Transparencia secchi	1,0	4,5	5,5	5,167	0,410	0,167

Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

### 3.6. Puntos de muestreo de la temporada lluviosa de la Laguna Cubillín

El muestreo cuatro corresponde al análisis de la calidad del agua de la laguna Cubillín parte del conjunto de lagunas Ozogoché cuyos puntos de muestreo se tomaron de manera antihorario por el contrario a las dos áreas de estudio debido a las condiciones de ingreso a la laguna y climáticas, se tomaron alrededor de once puntos con un GPS, proyectadas en el software ArcGIS, WGS 1984 UTM Zona 17s Proyeccion Transverse Mercator, herramienta de sistemas de información geográficas accediendo así observar las coordenadas detalladas en el siguiente mapa:



**Ilustración 3-9:** Mapa de ubicación de los puntos de muestros de la temporada lluviosa de la Laguna Cubillín – Ozogoche.

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

A continuación de se muestra las determinadas coordenadas de cada punto de muestro tomadas en el cuarto muestreo correspondientes al mapa de ubicación de la Figura 3-3.

**Tabla 3-7:** Coordenadas UTM de los puntos de muestreo de la temporada lluviosa de la Laguna Cubillín

Área de estudio	Puntos de muestreo	X	Y
Laguna Ozogoche	PO1M4	768131	9749757
	PO2M4	768481	9749161
	PO3M4	768858	9748698
	PO4M4	769185	9748217
	PO5M5	769647	9747802
	PO6M4	770220	9747298
	PO7M4	769903	9748297
	PO8M4	769776	9748866
	PO9M4	769224	9749132
	PO10M4	769106	9749644
	PO11M4	768624	9749916

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

### 3.7. Muestreo 4

#### 3.7.1. *Perfiles los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Cubillín*

De manera análoga a los perfiles de las Lagunas Atillo y Magdalena se analiza la temperatura con un rango que varía desde 9,529 °C en el punto PO1M4 como valor mínimo hasta alcanzar los 12,342 °C en el punto PO8M4, manteniendo así una variación baja a diferencia las Lagunas anteriores. En cuanto al potencial de hidrogeno su valor mínimo se refleja en los puntos PO8M4 y PO9M4 de 5,76 considerando estos puntos como levemente ácidos. No obstante, en los siguientes puntos no hay una alteración significativa siendo el valor máximo de 7,24 con una media de 6,35.

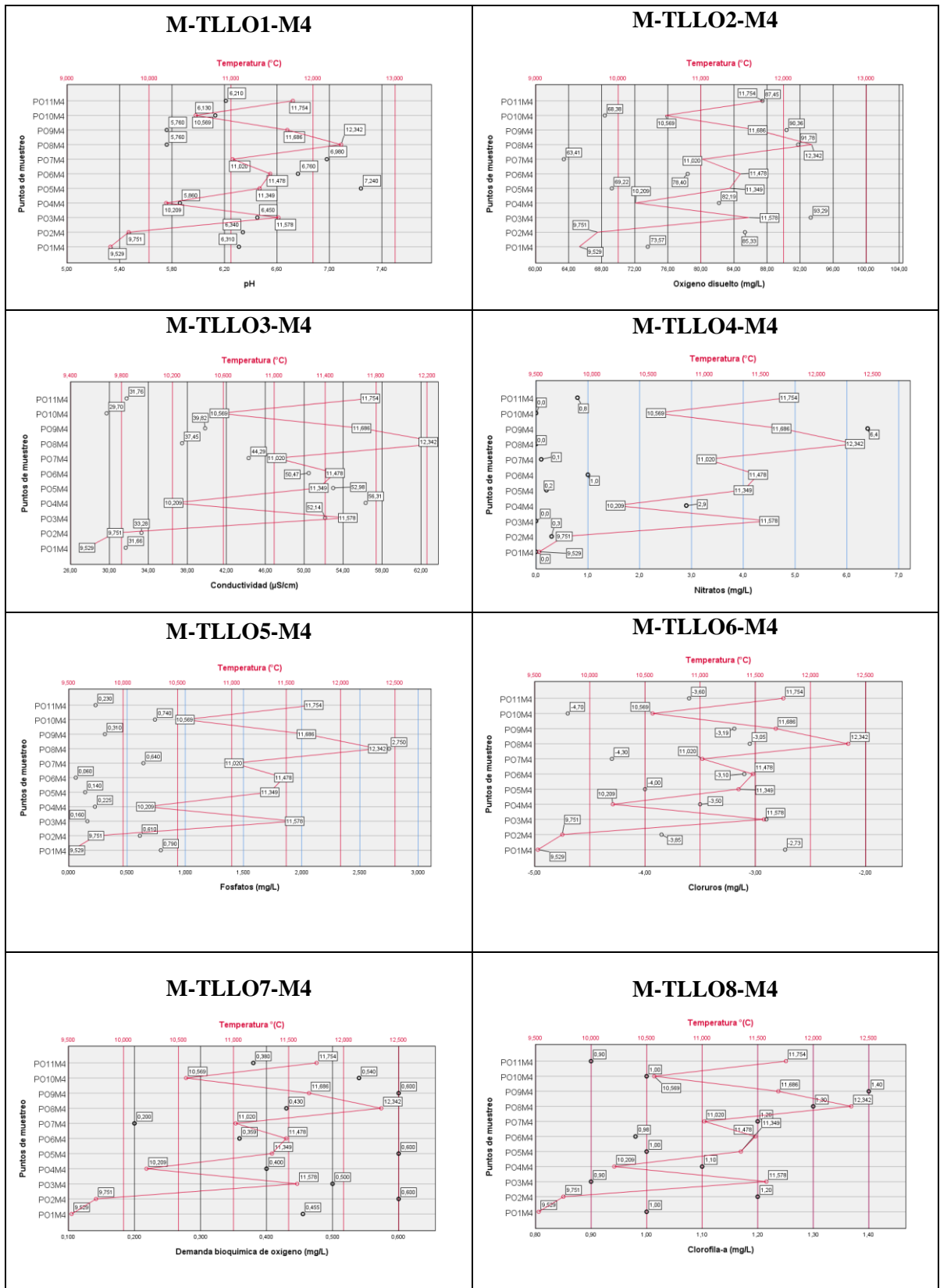
El oxígeno disuelto posee una media de 80,31 mg/L obteniendo el máximo valor de 93,29 mg/L en el punto PO3M4 y el valor mínimo de 63,41 mg/L en el punto PO7M4, Los valores de conductividad son menores con respecto a las lagunas Atillo-Magdalena con un rango de 29,70 a 56,31  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y una media de 41,81 siendo esta característica de los lagos oligotróficos montano alto según (Roldán y Ramírez, 2008).

Por consiguiente, en los PO3M4, PO8M4 y PO10M4 se determinan concentraciones mínimas de 0.00 mg/L de nitratos, no obstante, en el punto PO8M4 se halla el valor máximo de nitratos de las tres lagunas de 6,4 mg/L. Por otro lado, los fosfatos se mantienen en todos los puntos en un rango de 0,06 a 2,750 mg/L siendo estos la concentración mínima y máxima en las muestras de los puntos PO6M4 y PO8M4, se debe considerar que las muestras son tomadas a una profundidad de seis metros.

Los cloruros tienen una concentración máxima de -2,73 en el punto PO1M4 y mínima de -4,70 en el PO10M4 considerando que se encuentra en valores no dañinos para los organismos acuáticos (Boman et al., 2015, pp.6-9). La DBO5 mantiene una media de 0,460 mg/L con un mango de 0,200 a 0,600 mg/L pertenecen a las muestras PO7M4 para el valor mínimo y el valor máximo los puntos PO2M4, PO5M4 y PO9M4.

La clorofila-a en las muestras de los puntos de muestreo PO3M4 y PO11M4 tienen una mínima concentración de 0,9 mg/L y en el punto PO8M4 tiene una concentración de máxima, tomando en cuenta que la media es de 1,09 mg/L.





**Ilustración 3-10:** Perfiles de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la temperatura de la Laguna Cubillín.

Realizado por: (Atienza L & Flores M, 2022)

### 3.8. Estadísticos descriptivos de las áreas de estudio

Como se puede determinar en la Tabla 7-3, en el rango de la calidad, el rango más amplio como en los datos dedicados a la época seca y lluviosa, se muestran como el rango más amplio de variación de datos es la de oxígeno disuelto y la menor es la DBO. Respecto a la desviación estándar en estos descriptivos, se puede mencionar que la mayor desviación está dedicada por el contrario a la conductividad, mientras que el menor valor para la desviación está dirigido para el potencial de hidrógeno.

**Tabla 3-8:** Estadísticos descriptivos de la Laguna Atillo.

Parámetro	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Temperatura	5,88	9,10	14,98	12,132	1,763	3,107
Potencial de hidrogeno	1,52	6,77	8,29	7,581	0,486	0,236
Turbidez	0,504	1,019	1,523	1,184	0,126	0,016
Oxígeno Disuelto	24,1	68,4	92,5	77,322	6,456	41,677
Conductividad	17,5	33,6	51,1	42,722	4,524	20,467
Fosfatos	2,68	0,07	2,75	0,7317	0,787	0,619
Nitratos	1,6	0,0	1,6	0,278	0,5151	0,265
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,25	0,30	0,55	0,427	0,0955	0,009
Cloruros	12,74	-5,35	7,39	-0,8694	3,350	11,200
Clorofila-a	0,62	1,09	1,71	1,2872	0,177	0,031
Transparencia secchi	3,0	4,5	7,5	5,778	0,988	0,977

Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

Se puede observar que el rango más amplio del oxígeno disuelto, el rango menor está dedicado para el parámetro de DBO, al igual que los valores obtenidos por DBO, respecto a la desviación estándar, se observa que el valor menor es de DBO, la mayor desviación que se encuentra más distante de la media es el oxígeno disuelto, ahora bien, los datos menos dispersos se encuentran como el DBO y la turbidez.

**Tabla 3-9:** Estadísticos descriptivos de la Laguna de Magdalena.

Parámetro	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Temperatura	5,0	9,2	14,2	11,922	1,765	3,116
Potencial de hidrogeno	1,20	6,79	7,99	7,568	0,402	0,161

Turbidez	0,328	1,076	1,404	1,233	0,0834	0,007
Oxígeno Disuelto	18,8	67,1	85,9	76,511	5,600	31,365
Conductividad	17,0	40,2	57,2	46,194	4,911	24,119
Fosfatos	2,67	0,08	2,75	1,128	0,983	0,967
Nitratos	3,70	0,00	3,70	0,986	1,065	1,133
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,30	0,30	0,60	0,432	0,074	0,006
Cloruros	4,28	-3,71	0,57	-1,336	1,561	2,438
Clorofila-a	0,71	1,00	1,71	1,390	0,183	0,034
Transparencia secchi	1,5	4,5	6,0	5,056	0,450	0,203

Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

Aunque valores de parámetros como temperatura, conductividad y demanda bioquímica de oxígeno son similares en las tres áreas de estudio, otros parámetros fisicoquímicos son significativamente menor a las concentraciones de las lagunas Atillo y Magdalena como: potencial de hidrogeno con una media levemente ácida de 6,35, una turbiedad con una media de 1,052 NTU, concentración media de fosfatos de 0,605 mg/L y concentración media de cloruros de -3,54 mg/L. Sin embargo, la transparencia secchi de la Laguna Atillo es mayor a la Laguna de Cubillín - Ozogoché con 37,8 cm, además, está laguna posee una mayor dispersión de los datos puesto que su varianza es mayor en comparación.

**Tabla 3-10:** Estadísticos descriptivos de la Laguna Cubillín.

Parámetro	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Temperatura	2,813	9,529	12,342	11,024	0,90	0,805
Potencial de hidrogeno	1,48	5,76	7,24	6,35	0,49	0,24
Turbiedad	0,70	0,70	1,40	1,052	0,21	0,044
Oxígeno disuelto	29,88	63,41	93,29	80,31	10,40	108,10
Conductividad	26,61	29,70	56,31	41,81	9,85	96,93
Fosfatos	2,690	0,060	2,750	0,605	0,76	0,57
Nitratos	6,4	0,0	6,4	1,064	1,98	3,90
Demanda bioquímica de oxígeno	0,400	0,200	0,600	0,46	0,13	0,016
Clorofila-a	0,50	0,90	1,40	1,09	0,17	0,027
Cloruros	1,97	-4,70	-2,73	-3,54	0,62	0,40
Transparencia secchi	3,70	3,50	7,20	5,40	1,20	1,40

Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)

### 3.9. Índice de calidad del agua

Los Índices de Calidad del Agua (ICA) obtenidos tras analizar las muestras obtenidas de las Lagunas Atillo y Magdalena con valores de los parámetros fisicoquímicos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Oxígeno Disuelto (OD), Turbidez, Nitratos, Fosfatos, pH, Temperatura y Conductividad eléctrica; Cabe recalcar que no se tomaron sólidos totales y coliformes fecales. Sin embargo, los pesos correspondientes se repartieron equitativamente para los demás pesos.

En la Tabla 9-3. Se encuentran los estadísticos descriptivos de los índices de calidad del agua de cada uno de los meses muestreados:

**Tabla 3-11:** Estadísticos Descriptivos de los índices de Calidad del agua

Área de estudio	Periodo de muestreo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Varianza
Laguna Atillo	Mayo	73,87	77,29	76,313	1,290	1,660
	Julio	77,90	85,17	81,358	2,910	8,469
	Octubre	79,60	82,62	81,523	1,203	1,446
Laguna Magdalena	Mayo	72,28	80,72	76,202	2,900	8,410
	Julio	76,36	87,08	83,024	4,270	18,231
	Octubre	69,09	82,08	74,801	4,260	18,106
Laguna Ozogoche	Marzo	73,0	87,0	79,455	4,8655	23,673

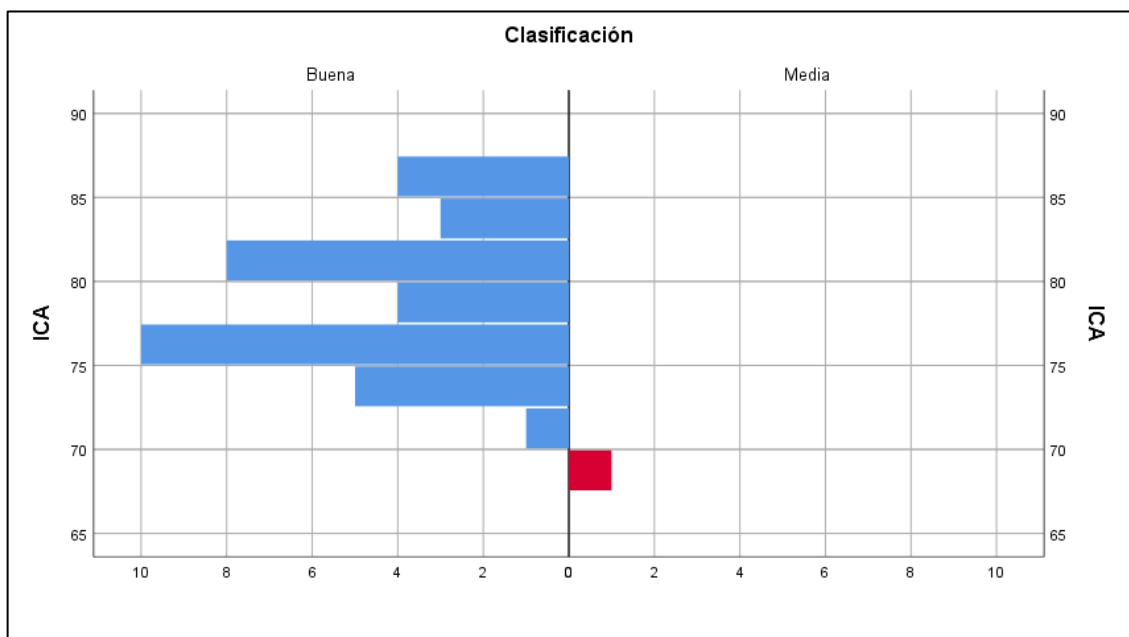
**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

Los Índices de Calidad del Agua ICA más bajos están en la Laguna Magdalena con los meses de mayo con un valor de 72,28 y octubre con un valor de 69,09 por debajo del rango de calidad BUENA que esta entre 71-90 por ello forma parte de la siguiente clasificación Media que esta de 51-70. Además, la media general es 78,87. La desviación estándar más alta es del mes de julio con un valor de 4,270 indicando una mayor dispersión de los datos promedio obtenidos seguido del mes de octubre, los datos más críticos son correspondientes a la Laguna Magdalena, Se debe tomar en cuenta la variación de la temperatura en el periodo de muestreo. En comparación con el índice de calidad de la Laguna de Ozogoche, Cubillín de 87 en temporada lluviosa clasificándola como BUENA, cuyo valor mínimo en los puntos de muestreo es de 73 posee una mayor dispersión

de los datos y su media está por encima de 79,455 similar a los datos obtenidos en junio en las áreas de estudio Atillo-Magdalena, no obstante, en estas existe una mayor incidencia antropogénica por actividades ganaderas y presencia de algas que pueden ayudar al incremento del proceso de eutrofización.

La población de frecuencia de los valores ICA que se obtuvieron se encuentran alrededor del 97% de los datos en definitiva está dentro de una clasificación BUENA, debido a que los datos se encontraban dentro de un rango de 71 a 90, cabe destacar que no se obtuvieron valores por encima 88 y el valor más bajo es de 72,28. Por contraparte, el 3% de los datos obtenidos corresponde a una calidad de agua MEDIA.

Sin embargo, el valor correspondiente a 69,09 de la temporada seca podría no ser representativo a gran escala; Por ello, se debería extender el periodo de muestreo durante los meses con mayores rangos de temperatura en estudios posteriores. Así lo podemos observar a continuación:

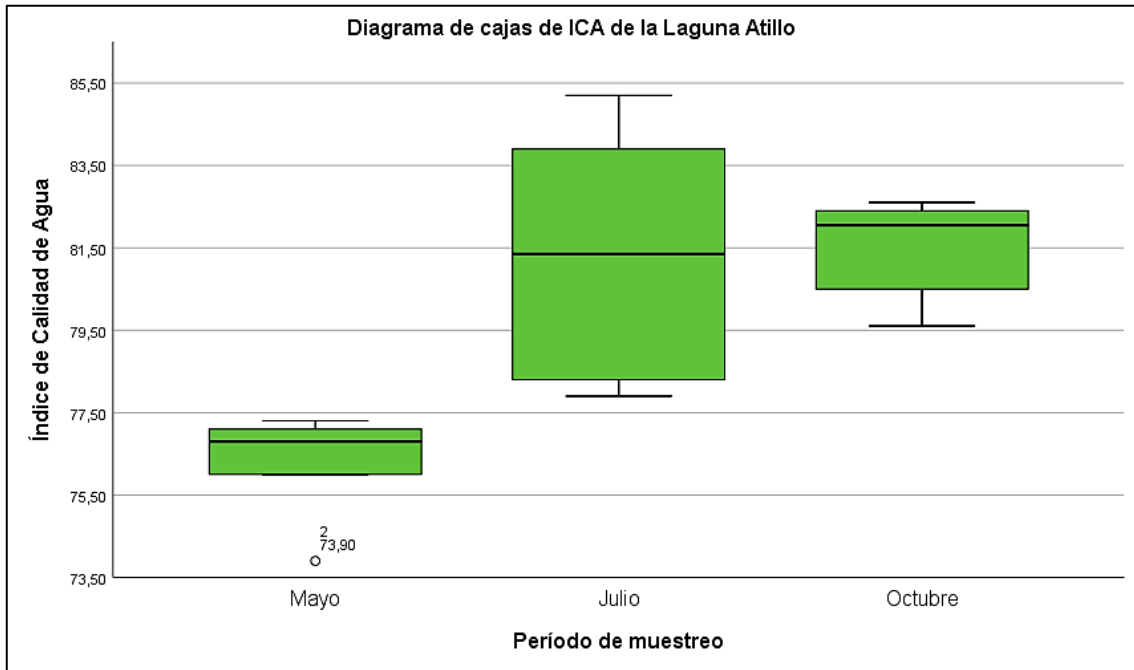


**Ilustración 3-11:** Pirámide de población de frecuencia del Índice de Calidad de Agua según su clasificación.

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

Se puede observar una dispersión superior de datos en el mes de julio abarcando un rango de 77,90 como mínimo, máximo 85,17 y una media de 81,358 en la Laguna de Atillo esto puede deberse a la variación de la temperatura durante el muestreo de julio tomando en cuenta. Mientras que en los meses de mayo y octubre los valores están agrupados, teniendo valores extremos de 73,87 y 69,09 respectivamente, por otro lado, los datos más bajos están por debajo de la mediana

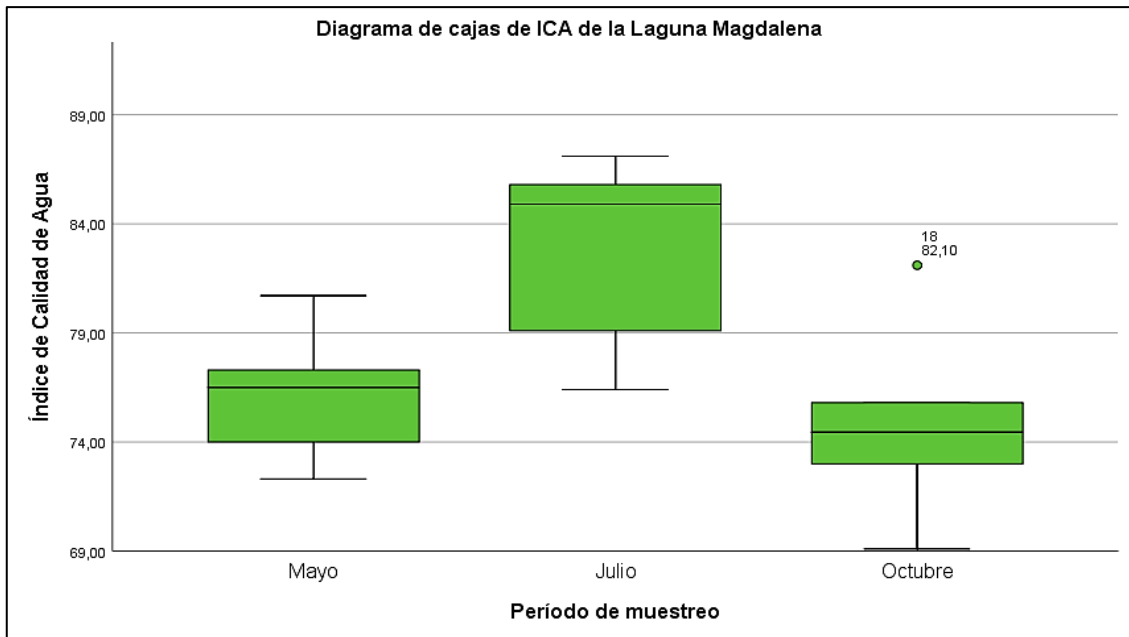
como consecuente se puede denominar como asimétrica. Representado en el Grafico 8-3 a continuación:



**Ilustración 3-12:** Diagrama de cajas del Índice de Calidad del Agua de la Laguna de Atillo.

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

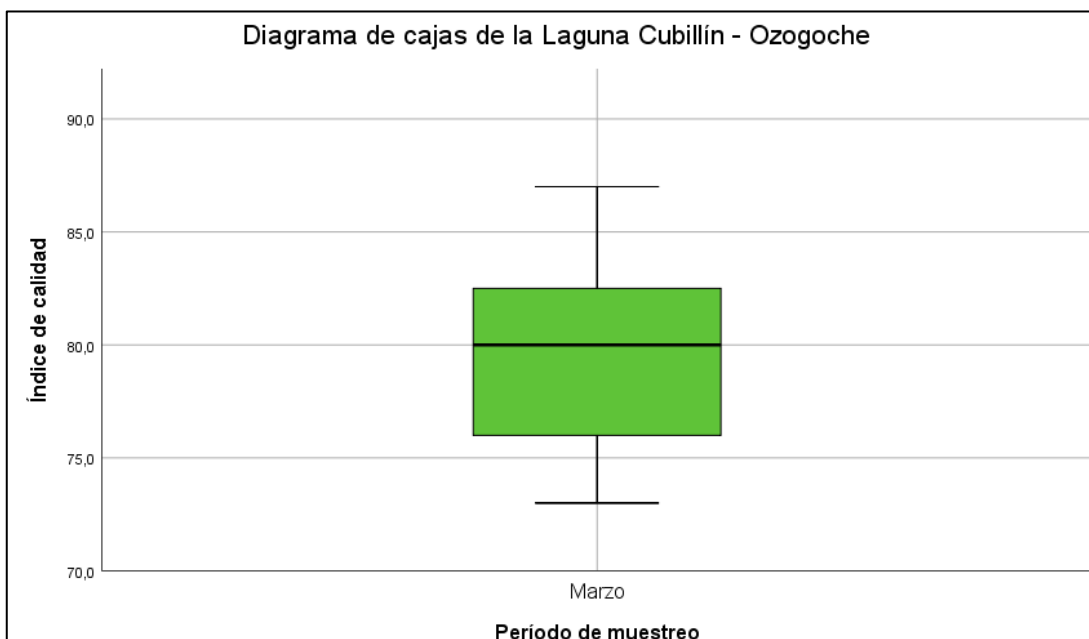
De manera equivalente a los datos obtenidos en la Laguna Atillo, los valores cuantificados en el mes de julio se encuentran más dispersos de forma asimétrica puesto que los datos bajos están por debajo de la mediana de manera similar en mayo. Por otro lado, los datos obtenidos en el mes de octubre se encuentran más simétricos, sin embargo, tenemos un valor extremo bajo de 69,09 y superior de 82,10. Por último, en el punto P6MM3 correspondiente al mes de julio parte de la temporada lluviosa se determinó un índice elevado de 87,08 siendo un valor mayor consideración para la calidad del agua de la Laguna de Magdalena. Como se demuestra en el Gráfico 9-3 a continuación:



**Ilustración 3-13:** Diagrama de cajas de los Índices de Calidad del Agua de la Laguna Magdalena.

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

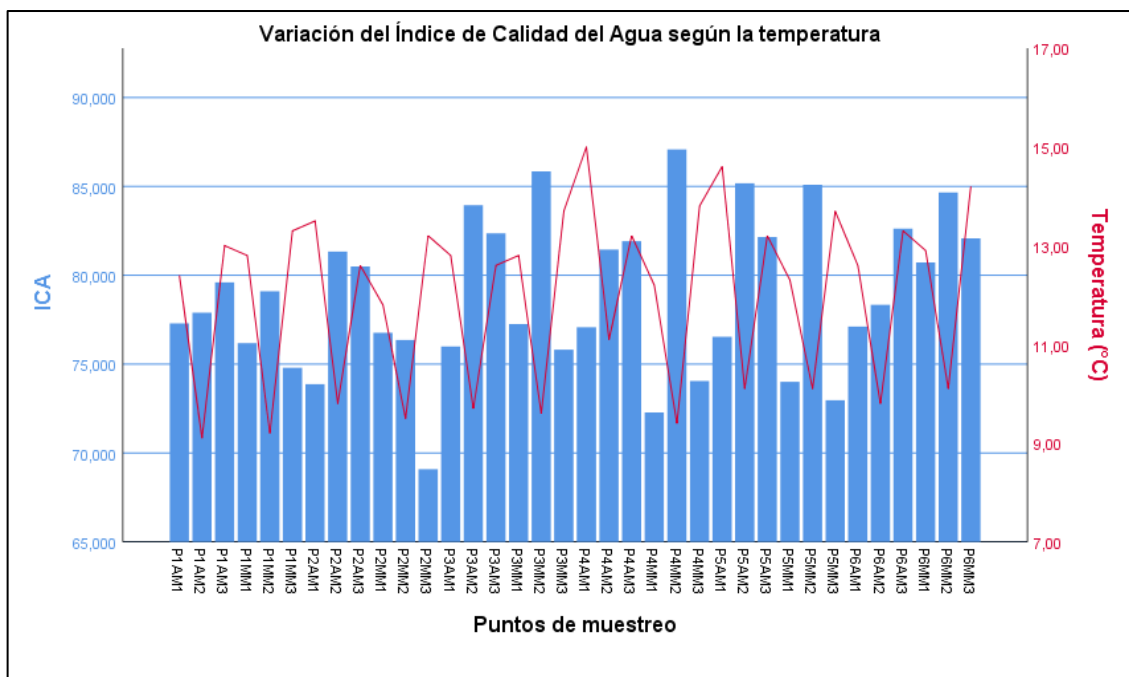
Los índices de calidad de los puntos de muestreo de la Laguna Cubillín presentan una mayor distribución a valores por debajo de la media de 79,455, siendo si valor máximo 87 en el punto PO3M4, el segundo 86 en el punto PO6M y el valor mínimo 73 en los puntos PO8M3 y PO10M3. Sin embargo, estos se clasifican en su totalidad como calidad de agua BUENA.



**Ilustración 3-14:** Diagrama de cajas de los Índices de Calidad del Agua de la Laguna Cubillín – Ozogoche.

**Realizado por:** (Atiencia L & Flores M, 2022)

Los datos de la temperatura en los puntos de muestreo P1AM3, P1MM1, P2MM1, P2MM3, P3AM1, P3MM1, P3MM3, P4MM1, P4MM3, P5AM1 y P5MM3 corresponden a valores por encima de 12,5 °C siendo el valor crítico el punto P2MM3 con peor resultado ICA por encima del resto de puntos. En base al Gráfico 10-3. Se puede establecer que los datos se relacionan de manera inversamente proporcional. Por lo que, si la temperatura aumenta en microclimas como este podría generar consecuencias negativas en el Epilimnium de los sistemas lacustres. No obstante, cabe iterar la importancia de conservar los recursos hídricos regulando la incidencia de las actividades antropogénicas que pueden llegar a afectar la composición fisicoquímica de las Lagunas Atillo y Magdalena, aunque la temperatura se considera un factor importante, inhibir las actividades agrícolas en zonas cercas a la laguna es un parámetro de incidencia antropogénica de fácil regulación por las comunidades aledañas que se permitan sostenibles de los servicios ecosistémicos que pueden ofrecer las lagunas Atillo y Magdalena.



**Ilustración 3-15:** Variación del Índice de Calidad del Agua según la temperatura.

Realizado por: (Atiencia L & Flores M, 2022)



## CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos que se determinaron en el presente proyecto de investigación se ajustaron a las normas establecidas de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en su Norma Internacional de la calidad de agua superficial (EPA, 2012), el Standard Methods for the examination of water and wastewater, 24th Edition (AWWA, 2017), las consideraciones por el fundamento de limnología neotropical por (Roldán & Ramírez, 2008), y en base a la metodología aplicada por la ICA-NSF Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (NSF, 2006), los cuales presentaron la siguiente valoración media de los 6 puntos tomados por cada laguna en tres meses distintos considerando a la época seca y lluviosa: Temperatura de 12,132 °C; potencial de hidrógeno 7,58; turbidez de 1,184 NTU; oxígeno disuelto de 77,322 mg/L; conductividad 42,722  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; fosfatos 0,73 mg/L; nitratos 0,278 mg/L; DBO<sub>5</sub> 0,427 mg/L; Cloruros 0,025 ppm; clorofila-a 1,287 mg/m<sup>3</sup> y transparencia de 5,056, todos ellos bajo los límites máximos permisibles.
- Los Índices de Calidad del Agua (ICA) se determinaron a partir de las muestras de los puntos tomados de manera aleatoria en la capa superior de las lagunas de estudio conocida como Epilimnium donde se realizó un análisis in situ y ex situ de los parámetros fisicoquímicos como: Temperatura, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), oxígeno disuelto, turbidez, nitratos, fosfatos, potencial del hidrógeno y conductividad eléctrica; descartando sólidos totales y coliformes fecales cuyos pesos se repartieron equitativamente para el cálculo del ICA. Los índices de la temporada lluviosa compuestos por los meses de mayo y julio en la Laguna Atillo varían dentro de un rango de 73,87 a 85,17. Por otro lado en la temporada seca tienen un rango de 79,60 a con una media de 81,523 y una dispersión de datos de 2,910 para el mes de mayo por tanto la variación de los datos no es muy significativa, misma que presenta transparencia secchi hasta 7 m de profundidad, una menor cantidad de algas visible al fondo y orillas. Por otro lado, el ICA de la Laguna Magdalena posee una mayor dispersión de datos en ambas temporadas, en el periodo de muestreo de Julio se obtuvo el valor de mayor calidad, siendo este de 87,08. No obstante, sus valores tienen a dispersarse debido a variación de la temperatura. Por ello, el valor mínimo pertenece a la Laguna Magdalena en la temporada seca, período de muestreo octubre, el cual es de 69,9 que entra al rango de clasificación de la calidad del agua de 51 a 70 denominado Media, aun así, el 97% de los datos obtenidos son clasificados como Buena por estar dentro del rango del 71 a 90. En el caso de la Laguna de Cubillín – Ozogoche donde existe menor incidencia antropogénica por actividades ganaderas esta posee un ICA similar a la Laguna de Atillo y Laguna Magdalena en la temporada lluviosa del mes de julio, cuya media es de 79,455, valor máximo 87 y valor mínimo 73, clasificándose como de BUENA calidad.

- La dinámica de la calidad del agua según la variabilidad de temperatura del Sistema Lacustre Occidental del Parque Nacional Sangay, según los valores de la calidad del agua se puede afirmar que en los puntos de muestreo P1AM3, P1MM1, P2MM1, P2MM3, P3AM1, P3MM1, P3MM3, P4MM1, P4MM3, P5AM1 y P5MM3 corresponden a valores por encima de 12,5 °C de temperatura, a su vez los datos de ICA son bajos, como en el punto P2MM3 cuya temperatura es de 13,2 °C pero índice de calidad es de 69,9 clasificado como agua media. En base a los resultados obtenidos se puede establecer que los datos se relacionan de manera inversamente proporcional.

## RECOMENDACIONES

- Es muy importante realizar un mayor número de muestras a cada sitio de estudio con el fin de agregar un rango mucho más considerable para disminuir el porcentaje de sesgo en el proceso de la toma de muestra o procesamiento de resultados.
- Considerar de carácter importante la calibración de equipos como espectrofotómetros y fotómetros, que usan la absorbancia como determinador de aniones, pues al ser muy sensibles los análisis, las muestras pueden reflejarse alteradas con valores de sesgo extremadamente altos. Como también se debe manipular correctamente y repetitivamente los equipos para procesar las muestras, pues estas pueden arrojar resultados erróneos y poco cercanos a la realidad.
- Se recomienda realizar estudios multidisciplinarios para fortalecer las deficiencias de una única temática, en este aspecto se aconseja hacer realizar estudios referentes a un modelo de variación de dinámica atmosférica con la altura usando de la teoría del caos, así pues, en guía de la termodinámica se podría relacionar los procesos relativos a la atmósfera y la influencia con la que se ve afectada la calidad del recurso agua.

## BIBLIOGRAFIA

**ARIZALA, Stalin Francisco.** Estudio de las condiciones ambientales del Sistema Lacustre de Ozogoche, Parque Nacional Sangay, previo a la declaratoria como sitio Ramsar (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba - Ecuador. 2018. pp. 20-23.

**AUCAPIÑA, Fanny & VELASCO, María.** Análisis físico-químico y microbiológico del sistema de agua de la Junta Administradora de agua potable de la Parroquia Baños [En línea]. Cuenca. [Consulta: 2022-8-16]. 2011. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2456/1/tq1099.pdf>

**BARBIER, Edward, et al.** *Valoración económica de los humedales: guía para decisores y planificadores.* Oficina de la Convención de Ramsar. 1997, ISBN 2940073252. p. 12.

**BARRETO, Patricia.** *Procedimiento de Muestreo de Agua Superficial.* 2009. [Consulta: 2022-8-24]. Disponible en: [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO\\_DE\\_MUESTREO\\_DE\\_AGUA\\_SUPERFICIAL.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO_DE_MUESTREO_DE_AGUA_SUPERFICIAL.pdf)

**BASTIDAS, Carlos.** La comunidad de Atillo y la Conservación de sus páramos, Experiencias del plan de manejo. 2001. p.1128

**BENJUMEA HOYOS, Carlos Augusto & WILLS TORO, Álvaro.** Evaluación de la estratificación térmica y su relación con el oxígeno disuelto del agua en la ciénaga Cachimbero, municipio de Cimitarra, Santander. 2007. Pp-12-16.

**BOLAÑOS, John., et al.** Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). [En línea]. 2017 December 2017. Vol. 30, pp. 17–18. [Revisado 2022-08.17]. DOI 10.18845/tm. v30i4.3408. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822017000400015&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822017000400015&script=sci_abstract&tlng=es)

**BOMAN, Wilson., & ONTERMAA.** Understanding Water Quality Parameters for Citrus Irrigation and Drainage Systems Online. Florida. 2015. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu>.

**BORGES, Alexandre, et al.** Evaluation of Water Quality Indices: Use, Evolution and Future Perspectives. In: *Advances in Environmental Monitoring and Assessment*. [En línea]. IntechOpen. 2019. pp. 28. [Consulta 2022-8-24]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/330952227\\_Evaluation\\_of\\_Water\\_Quality\\_Indices\\_Use\\_Evolution\\_and\\_Future\\_Perspectives](https://www.researchgate.net/publication/330952227_Evaluation_of_Water_Quality_Indices_Use_Evolution_and_Future_Perspectives)

**BUTCHER, Jonathan B, et al.** Sensitivity of lake thermal and mixing dynamics to climate change. *Climatic Change*. 1 de marzo del 2015. Vol. 129, no. 1–2, pp. 295–305. DOI 10.1007/s10584-015-1326-1. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/273299782\\_Sensitivity\\_of\\_lake\\_thermal\\_and\\_mixing\\_dynamics\\_to\\_climate\\_change](https://www.researchgate.net/publication/273299782_Sensitivity_of_lake_thermal_and_mixing_dynamics_to_climate_change). DOI: 10.23818/limn.20.21 Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/259671437\\_Algunos\\_aspectos\\_limnologicos\\_de\\_un\\_Lago\\_altoandino\\_el\\_Lago\\_San\\_Pablo\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/259671437_Algunos_aspectos_limnologicos_de_un_Lago_altoandino_el_Lago_San_Pablo_Ecuador)

**CHANCÓN, Myriam.** Análisis físico y químico de la calidad del agua. Online. Primera. Bogotá. [Accessed 21 August 2022]. 2016. ISBN 978-958-631-966-9. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/68990>

**OROZCO, Celia; et al.** Variaciones espacio-temporales y modelaje de la concentración de oxígeno disuelto en el lago de Chapala, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 2018. Vol. 9, no. 1, pp. 39–52. DOI 10.24850/j-tyca-2018-01-03.

**DELGADO, Mónica; et al.** Valoración económica del servicio limnológico de la laguna Magdalena-Atillo, Riobamba-Ecuador. *Enfoque UTE*. June 2019. Vol. 10, no. núm. 2.

**EEA.** Freshwater quality. European Environment Agency. Online. 1 de abril 2021. 2021 [Revisado 29 -09-2022]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/freshwater-quality/freshwater-quality-assessment-published-may-2>

**FAO.** Servicios ecosistémicos y biodiversidad. 2002. Disponible en: <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

**GAD CEBADAS.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cebadas. 2021. Disponible en: <https://gadcebadas.gob.ec/gad-parroquial/plan-de-desarrollo.html>

**GATTORNO FÚNEZ, Juan Francisco.** Comportamiento de la estratificación térmica en una laguna de estabilización facultativa. *Agua Saneamiento & Ambiente*. Año. 2019. Vol. 14, no. 1.

**GUITIÉRREZ, Solange.** Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasquí y San Antonio de Pichincha mediante ICA-NSF. [En línea]. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. 2019. [Revisado 24 -8- 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/20243/1/T-UCE-0012-FIG-155.pdf>

**GUNKEL, Günter.** Limnología de un Lago Tropical de Alta Montaña, en Ecuador: Características de los sedimentos y tasa de sedimentación [En línea]. 2003. Disponible en: [www.ucr.ac.cr/www.ots.ac.cr/www.ots.duke.edu](http://www.ucr.ac.cr/www.ots.ac.cr/www.ots.duke.edu)

**HANNA.** H183200 Multiparameter Photometer Online. 2015 [Consulta: 2022-8-22]. Disponible en: <http://www.comlibris.ro/files/Fotometre.pdf>

**HANNA.** HI801 Espectrofotómetro Manual de instrucciones Online. Bogotá. 2019. Disponible en: [www.HANNAcolombia.com](http://www.HANNAcolombia.com).

**IDEAM.** Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA) [En línea]. 2021.[Consulta: 2022-8-29]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/agua>

**JIMÉNEZ TAPIA, Evelyn.** Bacterias Poliextremófilas en Lagunas de Alta Montaña y el Potencial de su Bioprospección. 2021. Pp-23-26

**KARPOWICZ, Maciej., &EJSMONT-KARABIN, Jolanta.** Effect of metalimnetic gradient on phytoplankton and zooplankton (Rotifera, Crustacea) communities in different trophic conditions. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2017. 1 August 2017. Vol. 189, no. 8, pp. 367–370. DOI 10.1007/s10661-017-6055-7.

**KROISS, H., & EGGLE, L.** Phosphorus in Water Quality and Waste Management. In: *Integrated Waste Management. InTech*. 2011. pp. 184. [Revisado 19 -8-2022].

**LEWIS, W. M.** Ecological Zonation in Lakes. *Climate Policy Watcher*. [En línea]. 13 -8- 2022. [Revisado 22 -08-2022]. Disponible en: <https://www.climate-policy-watcher.org/lake-ecosystems/ecological-zonation-in-lakes.html>

**LIMGIS.** Limnología, Zonas de Lagos. 2001.

**MAE.** Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. 2012. Quito.

**MAE.** Parque Nacional Sangay. Online. 2015. [Revisado 14 -8-2022]. Disponible en: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/parque-nacional-sangay>

**MANRIQUE, Esteban.** Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. ECOSISTEMAS. [En línea]. 1-04-2003. pp. 1–11. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/informe4.htm>

**MARK, Ian., & CHARLES, Gerba.** *Environmental and Pollution Science* [en línea]. Elsevier. ISBN 9780128147191. 3ªed.Arizona-USA. 2019.

**ORDÓÑEZ DELGADO, Leonardo.** Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). 2012. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EC2086RIS.pdf>

**OYARZÚN, Carlos E, et al.** Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica. REVISTA AMBIENTE Y DESARROLLO de CIPMA. [en línea]. 2005. Vol. XX, 2005. pp. 91. [Revisado 16-08-2022]. Disponible en: [https://www.uvm.edu/~jfarley/UFSC/literatura/literatura%20em%20portugues/sa\\_bosque\\_producao\\_agua\\_valoracao\\_econ\\_chile.pdf](https://www.uvm.edu/~jfarley/UFSC/literatura/literatura%20em%20portugues/sa_bosque_producao_agua_valoracao_econ_chile.pdf)

**PDOT ACHUPALLAS.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo Gobierno Autónomo descentralizado de la Parroquia Achupallas. Riobamba. 2020, pp. 120-154.

**PDOT CHIMBORAZO.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Chimborazo. 2015, pp.24-201. Disponible en: <http://chimborazo.gob.ec/principal/wp-content/uploads/2022/06/PDOT.pdf>

**QUIROZ, Luis, et al.** Ingeniería hidráulica y ambiental [en línea]. pp. 43–47. [Revisado 24-08-2022]. 2017. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>

**RAMSAR.** Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos [En línea]. Kampala. 2005. [Revisado 2022-08-16]. Disponible en: [https://www.rds.org.co/apc-aa-files/2c3473c46134962901b3d566d2945318/humedales\\_altoandinos\\_ramsar.pdf](https://www.rds.org.co/apc-aa-files/2c3473c46134962901b3d566d2945318/humedales_altoandinos_ramsar.pdf)

**RIVERA, Bexy & PATARÓN, Nancy.** Influencia de la estructura térmica en los parámetros fisicoquímicos y químicos de la Laguna Magdalena-Atillo del Parque Nacional Sangay" [En línea]. Riobamba. 2021. [Consulta: 2022-8-16]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14776/1/236T0536.pdf>

**RODRÍGUEZ, Juan, et al.** Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*. 21-12-2016. 2016. Vol. 8, no. 1, pp. 165. DOI 10.22335/rlct.v8i1.306.

**ROLDÁN, G. and RAMÍREZ, J.** *Fundamentos de limnología neotropical* [en línea]. 2da. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 2008. [Consultado: 16-08-2022]. ISBN 9789587141443. Disponible en: [https://www.academia.edu/41460514/FUNDAMENTOS\\_DE\\_LIMNOLOGIA\\_NEOTROPICA\\_L\\_2DA\\_ED\\_ROLDAN\\_RAMIREZ](https://www.academia.edu/41460514/FUNDAMENTOS_DE_LIMNOLOGIA_NEOTROPICA_L_2DA_ED_ROLDAN_RAMIREZ)

**ROLDÁN, Gabriel.** *Fundamentos de limnología Neotropical*. [en línea]. 1ra. Medellín. 1992. [Consultado: 2022-08-14]. ISBN 958-655-081-8. Disponible en: [https://kupdf.net/download/limnologia-roldanpdf\\_5a96c19ee2b6f56003a828be\\_pdf](https://kupdf.net/download/limnologia-roldanpdf_5a96c19ee2b6f56003a828be_pdf)

**ROMERO, J.** *Tratamiento de Aguas Residuales*. [en línea]. 1ra. Colombia. 1999. [Accessed 19 August 2022]. ISBN 958-806013-3. Disponible en: [https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento\\_de\\_Aguas\\_Residuales\\_Romero\\_Rojas](https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_Rojas)

**SIERRA, Carlos.** *Calidad del agua evaluación y diagnóstico*. [en línea]. Primera. Medellín. [Consulta: 2022-08-20]. 2011. ISBN 978-958-896-06-7. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/70981>

**VARGAS, Nelson, et al.** Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA) [en línea]. Bogotá. 2011. [Consulta: 24-08-2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.02+HM+%C3%8Dndice+Calidad+Agua.pdf/310580af-1ed1-4cbf-ade3-9d8c529c4220>




**VILLA, Irma., & MÜHLHAUSER, H.** Dinámica de lagos de altura, perspectivas de investigación. *Arch. Biol. Med.* 1987. pp. 95–103.








## ANEXOS





### ANEXO A. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p>Notas:</p>	<p>Categoría del diagrama:</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p>	<p>Materiales, Equipos y Reactivos</p>		
<p>a. Filtración de muestra de agua para determinación de Clorofila.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p>	<p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p>	<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
<p>b. Botella VanDorn, para la troma de muestra de agua.</p>	<p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p>	<p><b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b></p>	<p>01</p>	<p>1:1</p>	<p>2022/11/29</p>
<p>c. Disco Secchi, permite la determinación de la turbidez de las lagunas.</p>	<p><input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>REALIZADO POR:  Atencia L. y Flores M.</p>			




**ANEXO B. MUESTREO EN EL SISTEMA LACUSTRE ATILLO-MAGDALENA**

<p>a)</p> 		<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p>Notas:</p>	<p>Categoría del diagrama:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b></p> <p>REALIZADO POR: Atencia L. y Flores M.</p>	<p>Muestreo en el Sistema Lacustre Atillo-Magdalena</p>			
<p>a. Laguna Attilo, sitio de muestreo (PA)</p>			<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>	
<p>b. Laguna Magdalena, sitio 2 de muestreo para la calidad del agua (PM).</p>			<p>01</p>	<p>1:1</p>	<p>2022/11/29</p>	
<p>c. Navegación por la laguna para la toma de muestras.</p>						

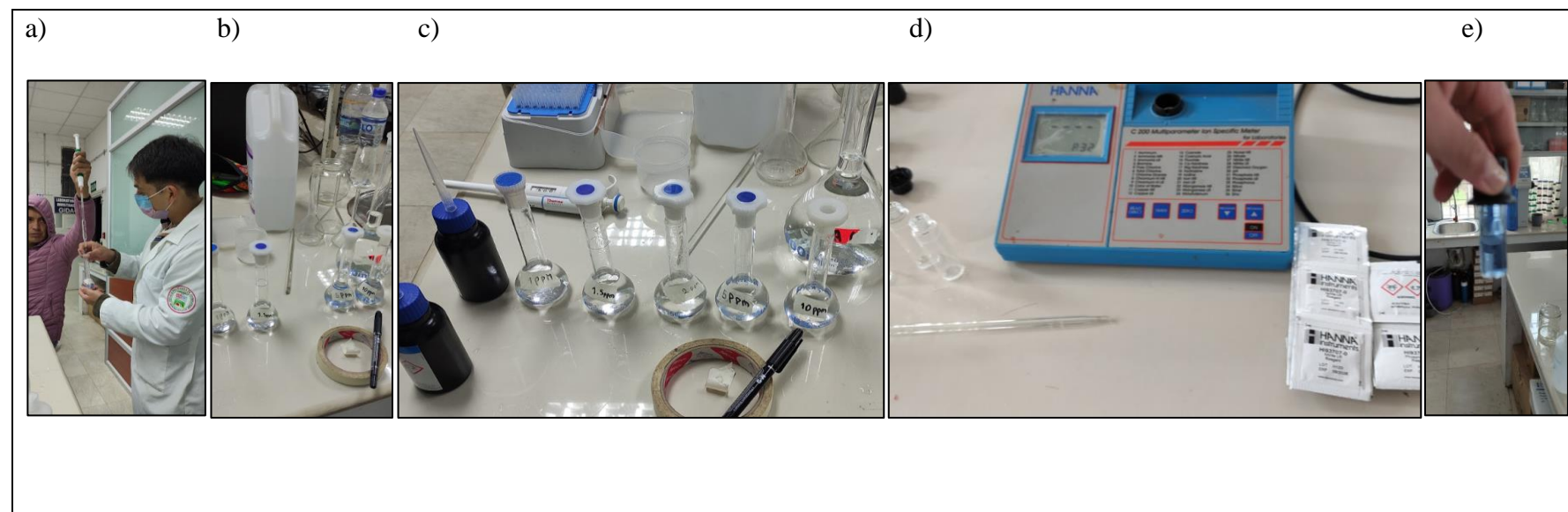
**ANEXO C. RECORRIDO EN LAS LAGUNAS ATILLO Y MAGDALENA**

a)	b)	c)	d)		
					
Notas:	Categoría del diagrama:	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>	Recorrido de los puntos de muestreo Atillo y Magdalena		
a. Equipo de trabajo y herramientas para la toma de muestras.					
b. Transporte de la embarcación entre lagunas.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar	<b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b>	02	1:1	2022/11/29
c. Inicio de recorrido del segundo punto de monitoreo, en la laguna Magdalena.	<input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>REALIZADO POR:</b>	Atencia L. y Flores M.		
d. Registro fotográfico al finalizar el muestreo.					

## ANEXO D. ANÁLISIS IN SITU

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 		
<p>Notas:</p>	<p>Categoría del diagrama:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado   <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado   <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información   <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b></p> <p>REALIZADO POR: Atiencia L. y Flores M.</p>	<p>Análisis In Situ</p>		
<p>a. Toma de muestra de agua profundidad del Epilimnium (6m).</p> <p>b. Recolección de muestras de agua en botellas ambar de 1L.</p> <p>c. Análisis en multímetro de parámetros fisicoquímicos del agua en campo.</p>			<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
<p>d. Recolección de agua en botella VanDorn.</p>	<p>04</p>	<p>1:1</p>	<p>2022/11/29</p>		

**ANEXO E. ANÁLISIS EN LABORATORIO**



<b>Notas:</b>	Categoría del diagrama:	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>	Análisis en Laboratorio		
a. Medición de cloruros con reactivos HANNA HI 93753.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/>		<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>
b. Preparación de soluciones estándar para determinación de cloruros.	Preliminar <input type="checkbox"/>	<b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b>			
c. Soluciones estándar de cloruro para curva de calibración.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>		<b>REALIZADO POR:</b>	05	1:1
d. Análisis en multiparámetro C200 HANNA para aniones de: nitratos, nitritos y fosfatos.	Por aprobar <input type="checkbox"/>	Atiencia L. y Flores M.			
e. Tonalidad azul demostrando presencia de nitratos en agua.	<input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/> Por calificar				



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## CERTIFICADO

A QUIEN INTERESE:

CERTIFICO QUE: Luz Dari Atiencia Chimborazo, con cédula de identidad 0202097523, y Michael Adrián Flores Quilumbango, con cédula de identidad 1726364647, estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, desarrollarán el Trabajo de Integración Curricular: "ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL EPILIMNION DEL SISTEMA LACUSTRE OCCIDENTAL ATILLO-OZOGOCHÉ, 2022", mismo que forma parte del Proyecto de Investigación IDIPI-234 "Los sistemas lacustres del centro del Ecuador como fuente o sumideros de dióxido de carbono como determinante para su conservación" del Instituto de Investigaciones, dirigido por el Ing. Andrés Beltrán Dávalos.

Este Trabajo de Integración Curricular contribuirá a la consecución de los objetivos propuestos en el mencionado proyecto de investigación, razón por la cual se otorga el AVAL para la realización de las diferentes actividades y el apoyo técnico que así lo requieran los estudiantes.

Cabe mencionar que el patrimonio intelectual de los resultados que se obtengan del Trabajo de Integración Curricular pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de abril de 2022.

Atentamente,

NORMA  
SOLEDAD  
ERAZO  
SANDOVAL

Firmado digitalmente  
por NORMA SOLEDAD  
ERAZO SANDOVAL  
Fecha: 2022.04.20  
15:54:05 -05'00'

**Dra. Norma Erazo Sandoval**  
**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Dirección: Panamericana sur km. 1 ½ Teléfono: 2998220

Riobamba-Ecuador



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 14 / 03 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Luz Dari Atencia Chimborazo Michael Adrian Flores Quilumbango
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

**ESPOCH - DBRAI**  
PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS  
BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL  
 **22 FEB 2023**  
REVISIÓN DE RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA  
Por:  Hora: 09:28  
0370-DBRA-UPT-2023