



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

Análisis de la variabilidad de la calidad del agua en las lagunas de Colta y Magtayán.

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental**

**Autores:**

Jhoana Lizbeth Guerra Ordóñez

Dennys Gustavo Mejía Vimos

**Tutor:**

PhD. Benito Guillermo Mendoza Trujillo.

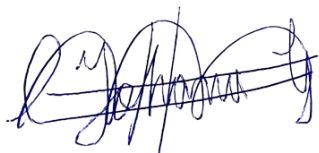
**Riobamba, Ecuador. 2023**

## DECLARATORIA DE AUTORIA

Nosotros, Jhoana Lizbeth Guerra Ordoñez, con cédula de ciudadanía 0605008481 y Dennys Gustavo Mejía Vimos con cédula de ciudadanía 0604973263, autores del trabajo de investigación titulado Análisis de la variabilidad de la calidad del agua en las lagunas de Colta y Magtayán, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 18 días del mes de abril de 2023



Jhoana Lizbeth Guerra Ordoñez

C.I: 0605008481



Dennys Gustavo Mejía Vimos

C.I: 0604973263

## **DISCTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Benito Guillermo Mendoza Trujillo catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación Análisis de la variabilidad de la calidad del agua es las lagunas de Colta y Magtayán, bajo la autoría de Jhoana Lizbeth Guerra Ordóñez y Dennys Gustavo Mejía Vimos; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 19 días del mes de abril de 2023



---

**Benito Guillermo Mendoza Trujillo**


**C.I: 0603013863**

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribamos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Análisis de la variabilidad de la calidad del agua en las lagunas de Colta y Magtayán, presentado por Jhoana Lizbeth Guerra Ordóñez, con cedula de identidad 0605008481 y Dennys Gustavo Mejía Vimos con cedula de identidad número 0604973263, bajo la tutoría de PhD. Benito Guillermo Mendoza Trujillo, certificamos que recomendamos la APROBACION de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmados, en Riobamba

Presidente del Tribunal de Grado  
PhD. Silvia Hipatia Torres  
Rodríguez



Firma

Miembro del Tribunal de Grado  
Mgs. Carla Fernanda Silva  
Padilla



Firma

Miembro del Tribunal de Grado  
Mgs. María Fernanda Rivera  
Castillo



Firma

# CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



## CERTIFICACIÓN

Que, **Jhoana Lizbeth Guerra Ordóñez** con CC: **0605008481**, estudiante de la Carrera de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS LAGUNAS DE COLTA Y MAGTAYÁN”**, cumple con el 2%, de acuerdo con el reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.  
Riobamba, 19 de abril de 2023



BENITO GUILLERMO  
MENDOZA TRUJILLO

---

PhD. Benito Mendoza  
**TUTOR**



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



UNACH-RGF-01-04-08.17  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **Mejía Vimos Dennys Gustavo**, con CC: **0604973263**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS LAGUNAS DE COLTA Y MAGTAYÁN**" cumple con el 2 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de abril de 2023



BENITO GUILLERMO  
MENDOZA TRUJILLO

---

PhD. Benito Mendoza Trujillo  
TUTOR(A)

## DEDICATORIA

Especialmente a Dios, quien ha sido mi padre, el que durante toda mi carrera universitaria siempre ha estado para mí, me ha sostenido en todo momento y ha guiado todo mi camino para ser la persona que soy hoy en día.

A mi abuelita *Nelita, Manuela Naranjo Torres*, quien a pesar de no vivir conmigo, siempre ha estado pendiente de mí, me ha alentado a ser una muy buena persona, y me a apoyado con los recursos para poder terminar mi tesis.

Para mi madre *Patricia del Pilar Vimos Naranjo*, quien, con su apoyo incondicional y presión de madre, gracias por apoyarme, te mereces todo lo maravilloso de este mundo y este logro y los que vienen te los debo a ti.

Finalmente, a futura compañera de toda la vida, *Dangely Salguero*, quien llego a mi vida para alentarme, darme esos ánimos e inspirarme a culminar pronto esta importarte etapa de mi vida, para continuar con la nuestra.

***-Dennys Gustavo Mejia Vimos***

El presente trabajo de investigación va dedicado primeramente a Dios y la Virgen del Cisne porque ellos me han sabido guiar en cada paso que doy y me han llenado de bendiciones.

A mis amados padres Elsa Ordoñez y Marco Guerra por siempre brindarme todo su apoyo, me han enseñado que con humildad y mucho esfuerzo puedo conseguir todo lo que me proponga, gracias por su amor infinito.

A mis hermanas Karina y Yessenia por nunca dejarme sola y que por encima de cualquier cosa las tres siempre hemos sido el mejor equipo, siempre voy a estar agradecida por cada esfuerzo que han hecho por mí.

A mi sobrino Gael porque desde su llegado mi vida cambio, con sus ocurrencias y travesuras alegra mis días y hace que todo sea mejor. A mi enamorado Henry que siempre me ha apoyado, me ha ayudado a crecer como persona. y día a día me motiva para conseguir todos mis objetivos y sueños.

***-Jhoana Lizbeth Guerra Ordoñez***

## **AGRADECIMIENTO**

A todos mis amigos que la universidad me dejó, en especial a mi Team Gugnara, Andrés Nieto y Estefanía Gavilánez, con los cual hemos compartido buenos y malos momentos, y la amistad y el apoyo ha estado ahí a pesar de todo, mismo que me incentivaba a terminar pronto este proyecto.

A mi tutor PhD. Benito Mendoza y al PhD. Patricio Lozano, por la oportunidad y la confianza depositada en mi para poder formar parte de este maravilloso proyecto.

**-Dennys Gustavo Mejia Vimos**

Quiero agradecer a Dios por darme salud y a mis padres por ayudarme a culminar esta etapa de mi vida sin ustedes nada de esto sería posible.

Mi sincero agradecimiento a la Carrera de Ingeniería Ambiental y a todos los que conforman la misma, gracias por acogerme todos estos años de mi vida universitaria y brindarme conocimientos indispensables para mi vida profesional. Al PhD. Benito Mendoza quien me brindo su ayuda y conocimientos para poder culminar el proyecto de titulación, de igual manera al PhD. Patricio Lozano por permitirme formar parte de este increíble proyecto del cual aprendí mucho.

***-Jhoana Lizbeth Guerra Ordoñez***



## INDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORIA	
DISCTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE GENERAL	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I.....	16
INTRODUCCION.....	16
OBJETIVOS.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
Agua.....	19
Lago y Laguna.....	19
Calidad de Agua.....	19
Contaminación Hídrica.....	19
pH.....	20
Solidos Totales Disueltos.....	20
Conductividad.....	20
Temperatura.....	20
Turbidez.....	21
Oxígeno Disuelto.....	21
Demanda Química de Oxígeno.....	21
Nitratos.....	21

Fosfatos .....	22
Coliformes.....	22
Sistemas de Información Geográfica .....	22
Teledetección .....	22
Imágenes Satelitales.....	23
Sentinel -2.....	23
CAPÍTULO III. ....	25
METODOLOGIA.....	25
Tipo de muestreo.....	25
Descripción del periodo de muestreo.....	25
Materiales y equipos de laboratorio.....	25
Parámetros físicos .....	25
Parámetros químicos.....	25
Parámetros microbiológicos.....	26
Métodos de análisis y procesamiento de datos. ....	26
Parámetros físicos en campo.....	26
Parámetro en laboratorio.....	27
Parámetros Químicos .....	28
Parámetros de microbiología. ....	31
Registro de datos en la hoja de trabajo. ....	33
Cálculo del índice ICA.....	34
Análisis Multitemporal .....	35
Procesamiento de imágenes satelitales .....	35
CAPITULO IV. ....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
Revisión Bibliográfica .....	37
Puntos de muestreo .....	38
Análisis Morfológico .....	44
Normativa vigente.....	52
Índice de Calidad de Agua.....	55
CAPÍTULO V.....	57

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
Conclusiones .....	57
Recomendaciones .....	57
BIBLIOGRAFIA .....	58
ANEXOS .....	61
Registro fotográfico .....	61
Matriz parámetros calculados de la laguna de Colta en época lluviosa y seca .....	62
Matriz parámetros calculados de la laguna de Magtayán en época lluviosa y seca .....	62

## INDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Clasificación del Índice de Calidad del Agua .....	34
<b>Tabla 2.</b> Ubicación de puntos de muestreo .....	38
<b>Tabla 3.</b> Información satelital obtenida de la Laguna de Colta entre los años 2016 a 2022 ....	44
<b>Tabla 4.</b> Obtención de la superficie del espejo de agua de la laguna de Colta .....	45
<b>Tabla 5.</b> Información satelital obtenida de la Laguna de Magtayán entre los años 2016 a 2022. .....	48
<b>Tabla 6.</b> Obtención de la superficie del espejo de agua de la laguna de Magtayán.....	48
<b>Tabla 7.</b> Precipitación del cantón Alausí para el año 2019.....	52
<b>Tabla 8</b> Laguna de Colta para fines recreativos mediante contacto secundario en época lluviosa .....	52
<b>Tabla 9</b> Laguna de Colta para fines recreativos mediante contacto secundario en época seca	53
<b>Tabla 10</b> Laguna de Magtayán para fines recreativos mediante contacto secundario en época lluviosa.....	53
<b>Tabla 11</b> Laguna de Magtayán para fines recreativos mediante contacto secundario en época seca .....	54
<b>Tabla 12</b> Laguna de Magtayán para riego agrícola en época lluviosa.....	54
<b>Tabla 13</b> Laguna de Magtayán para riego agrícola en época seca .....	55
<b>Tabla 14</b> Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Laguna de Colta en época lluviosa y seca. .	55
<b>Tabla 15</b> Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Laguna de Magtayán en época lluviosa y seca .....	56

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 .</b> Mapa de ubicación de la Laguna de Colta .....	39
<b>Figura 2.</b> Mapa de toma de muestras de la laguna de Colta, Punto 1 .....	40
<b>Figura 3.</b> Mapa de toma de muestras de la laguna de Colta, Punto 2.....	40
<b>Figura 4.</b> Mapa de toma de muestras de la laguna de Colta, Punto 3.....	41
<b>Figura 5.</b> Mapa de ubicación de la Laguna de Magtayan.....	41
<b>Figura 6.</b> Mapa de toma de muestras de la laguna de Magtayan, Punto 1.....	42
<b>Figura 7</b> Mapa de toma de muestras de la laguna de Magtayan, Punto 2 .....	43
<b>Figura 8.</b> Mapa de toma de muestras de la laguna de Magtayan, Punto 3 .....	43
<b>Figura 9</b> Variación morfológica del espejo de agua de la laguna de Colta desde el año 2016 al 2022 con la ayuda de SNAP.....	45
<b>Figura 10.</b> Gráfico estadístico de la variación del espejo de agua de la laguna de Colta .....	47
<b>Figura 11</b> Variación morfológica del espejo de agua de la laguna de Colta desde el año 2016 al 2022 con la ayuda de SNAP .....	49
<b>Figura 12</b> Gráfico estadístico de la variación del espejo de agua de la laguna de Colta.....	51
<b>Figura 13</b> Recolección de muestras de agua in situ.....	61
<b>Figura 14</b> Análisis de microorganismos biológicos .....	61
<b>Figura 15</b> Análisis de nitritos, nitratos, fosfatos.....	61

## RESUMEN

Para el estudio de calidad de agua es necesario la utilización de métodos estadísticos que ayuden a la toma de decisiones y agilicen su correcta interpretación. Los índices de calidad ICA tiene como objetivo, comunicar los reportes de la calidad del agua a una población en general, mientras que los estudios de tipo espacial nos permiten la comparación de coberturas interpretadas en imágenes satelitales. El presente estudio tiene como objetivo denotar la calidad de agua en las Lagunas de Colta y Magtayan, para lo cual se realizó de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos incluyendo 21 parámetros mediante técnicas de laboratorio, además se realizó un análisis multitemporal, por un periodo de 7 años desde el 2016 al 2022 con la finalidad de denotar la variación del espejo de agua de ambas lagunas.

La aceptabilidad el cuerpo de agua, conforme al acuerdo ministerial 097-A los resultados manifiestan que la Laguna de Colta presenta un alto grado de eutrofización por la presencia de materia orgánica y fecal. De la misma manera se realizó el análisis ICA para la evaluación de su variabilidad conforme al tiempo de estudio de la Laguna de Magtayan. Finalmente se realizó la correcta comparación bibliográfica e interpretación de los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** Índices ICA, fisicoquímico, imágenes satelitales, contaminación, calidad de agua.

## ABSTRACT

To study the quality of water it is necessary to use statistical methods that help in decision-making and expedite the correct interpretation. the purpose of quality of the ICA is to provide water quality reporting to the public, while space-based surveys allow for comparison of coverage interpreted from satellite imagery. the purpose of this study is to show the water quality of the Kolta and Magtayan lagoons here, 21 parameters were analyzed by physicochemical and bacteriological tests, including laboratory methods and multiple analyzes over a period 7 years. It shows the change of the water level in both lagoons from 2016 to 2022.

According to ministerial agreement 097-A, adequacy of reservoirs, the results indicate that the Colta lagoon presents a high level of eutrophication due to the presence of organic matter and excrement. Similarly, an ICA analysis was performed to assess the variability of the Magtayan lagoon during the study. at the end, an adequate bibliographical comparison and an interpretation of the results obtained were made.

**Keywords:** ICA Indexes, physic-chemical, satellite images, contamination, water quality

Reviewed by

ADRIANA  
XIMENA  
CUNDAR  
RUANO

Firmado  
digitalmente por  
ADRIANA XIMENA  
CUNDAR RUANO  
Fecha: 2023.05.17  
16:50:43 -05'00'

MSc. Adriana Cundar Ruano, Ph.D.

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C. 1709268534

## **CAPÍTULO I.**

### **INTRODUCCION.**

El agua constituye una parte fundamental del desarrollo de la vida en el planeta, por lo que se convierte en un recurso renovable; sin embargo, en la actualidad nos enfrentamos a graves problemas con respecto a su uso y conservación, uno de ellos es la contaminación de los diversos cuerpos de agua, esto debido principalmente a las actividades humanas (Rojas Ruiz et al., 2016).

Los lagos y lagunas pertenecen a la categoría de aguas quietas o lénticas, son cuerpos de agua dulce o salada, que ocupan unas grandes áreas extensas alrededor del mundo. Tienen una importancia ecológica y económica, debido a que sustentan altas tasas de productividad como la acuicultura, intensa actividad humana como recreación, transporte y son importantes cuerpos receptores de agua, a pesar de su relevancia, las lagunas son propensas a ser contaminadas ya sea por su ubicación geográfica o sobreexplotación humana (González-Dávila et al., 2019).

Los recursos hídricos desempeñan un papel vital en diversos sectores de la economía, como la agricultura, ganadería, recreación entre otras. La calidad del agua es uno de los temas más importantes en la gestión de los recursos hídricos y se evalúa desde las características físicas, químicas y biológicas. Los índices de calidad del agua (ICA) son una técnica para describir su estado general de los recursos hídricos en un solo término de fácil comunicación al público y al personal encargado de tomar decisiones. Los ICA son una herramienta muy útil en los programas de vigilancia, control y administración de recursos hídricos (Pérez et al., 2018).

La laguna de Colta es uno de los centros turísticos más importantes de la Provincia de Chimborazo debido a su trascendencia histórica y cultural, se ha transformado en un medio muy vulnerable a la contaminación (Cáceres del Salto et al., 2019). Las orillas de la Laguna de Colta han sufrido diversos cambios de manera significativa en las últimas décadas debido al mayor acceso a los sedimentos y cambios en el uso del suelo en las zonas costeras de la laguna. Estas tierras de pastoreo y uso comunitario, utilizadas como lugares de descanso de especies migratorias para la conservación y generación de biodiversidad, han sido convertidas en áreas recreativas con fines turísticos, por otro lado, la falta de servicios básicos de saneamiento en la microcuenca hidrológica ha provocado un aumento en la contaminación y materia orgánica en este humedal. En los últimos años se han convertido en política pública el uso del patrimonio paisajístico, natural y cultural de este ecosistema lacustre (Torres, 2016).

La Laguna de Magtayán, se encuentra dentro del Parque Nacional Sangay, que está localizada al sureste de la provincia de Chimborazo, en las estribaciones de la Cordillera Real, ubicada en el cantón Alausí en la parroquia de Achupallas, a 90 km de Riobamba aproximadamente.

Por esta razón, el objetivo de nuestro estudio es analizar los cambios en la calidad del agua en las lagunas de Colta y Magtayán para comprender el alcance del daño humano en las áreas de intervención y áreas protegidas.



Esto es parte del proyecto de investigación entre la ESPOCH y la UNACH: “EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS DE LA ZONA ALTA DEL PARQUE NACIONAL SANGAY APLICANDO MULTIPLES LÍNEAS DE EVIDENCIA (EEA-PNS).”

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Analizar la variabilidad temporal de la calidad del agua en las lagunas de Colta que se encuentran en área intervenida y la laguna de Magtayán en una zona protegida.

### **Objetivos Específicos**

- Revisar información bibliográfica histórica respecto a la calidad del agua en las lagunas a estudiar.
- Estimar el cambio morfológico de las lagunas, considerando la estacionalidad, a partir del año 2016.
- Analizar la calidad del agua en las lagunas, considerando la estacionalidad.
- Comparar los resultados entre la zona intervenida y la zona protegida.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **Agua**

El agua es un elemento fundamental de la naturaleza para el sostenimiento y reproducción de la vida en el planeta ya que el mismo constituye un factor imprescindible para que se puedan originar los procesos biológicos que lo hacen viable; los seres vivos tienen por término medio un 70% de agua, es el componente más cuantioso en los medios orgánicos (Moreira-Romero, 2016).

#### **Lago y Laguna**

Debemos saber diferenciar entre estos dos términos, lago es una masa quieta de agua situada en una depresión del terreno sin tener una directa conexión con el mar, también se evidencia que el caudal de un río se dirige y desemboca en el mar; las lagunas son aguas poco profundas, con una calma relativa a diferencia de los ríos porque no se encuentran en movimiento y están estancadas (Figuerola, 2016).

Las lagunas de origen peri glaciar de las montañas andinas están persistentemente conformando microhábitats lóticos dentro de un subsistema lótico y son subsistemas lénticos (García et al., 2016)

#### **Calidad de Agua**

Para (Villena Chávez, 2018) la calidad del agua el crecimiento económico y la salud se fortifican mutuamente y son importantes para lograr el desarrollo sostenible y el bienestar humano, la relación de la calidad del agua con la salud es una prioridad sanitaria. Se considera que la situación de los recursos hídricos mundiales se está volviendo crítica, según los expertos (Villena Chávez, 2018).

Parámetros físicos, químicos y biológicos, actúan como indicadores de calidad del agua, ofreciendo múltiples ventajas como la presencia en la mayoría de sistemas acuáticos continentales, la naturaleza sedentaria de los organismos, la simplicidad metodológica y una alta confiabilidad, de esta manera hacen que estos métodos sean una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria del estado ecológico en las aguas dulces, por dicha razón se han desarrollado normas de calidad de aguas superficiales basadas en la determinación de las concentraciones máximas permisibles de agentes químicos (Baque-Mite et al., 2016).

#### **Contaminación Hídrica**

En cuanto a la contaminación hídrica se da cuando a cuerpos de agua naturales como lagos, lagunas, ríos entre otros, existe una presencia de diversos tipos de sustancia químicas que no son originarias de su composición original por tal razón modifican las propiedades naturales convirtiéndola en dañina para la vida; además la entendemos como el deterioro de los ecosistemas, así como la pérdida de la biodiversidad, contaminación de cuerpos de agua a acusa

de las aguas residuales domésticas, todos estos inconvenientes representan problemas inherentes al desarrollo de una sociedad (Handal-Silva et al., 2017).

En adición, se debe tener en cuenta que, los contaminantes del agua pueden provenir de una variedad de fuentes y que causan daño a la salud humana, por esta razón, es importante tener marcadores de contaminación del agua que sea indicativos de las fuentes, pueden ser herbicidas que son marcadores de escorrentía agrícola, de una manera clásica, se usan las bacterias fecales, coliformes provenientes de fuentes domésticas, como marcadores de contaminación microbiana o viral (Baque-Mite et al., 2016).

## **pH**

Por conocimiento general, describimos al pH como el potencial de hidrogeno.

El pH indica la concentración de iones hidrogeno presentes en disoluciones y se lo cuantifica de manera acida, neutra o alcalina, de acuerdo con la sustancia, donde los ácidos fuertes tienen una alta concentración de hidronio y los ácidos débiles tienen concentraciones bajas (Jarava & Planeta, 2017).

## **Sólidos Totales Disueltos**

Son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua, incluyen cualquier elemento presente en el agua que no sea la molécula de agua pura y sólidos en suspensión. De manera general, la concentración de sólidos disueltos totales es la suma de los cationes con carga positiva y aniones con carga negativa, en el agua (Pablos-Lugo et al., 2018).

## **Conductividad**

Depende de la cantidad de sales presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad de este. Se la obtiene aplicando un voltaje entre dos electrodos y midiendo la resistencia de la solución, las soluciones con conductividad alta producen corrientes más altas y para contener la intensidad de la corriente en una solución altamente conductiva, es necesario disminuir la superficie de la sonda o incrementar la distancia entre los polos (Pablos-Lugo et al., 2018).

## **Temperatura**

Este término es muy conocido pero un poco explicable. Según, el austriaco *Ludwig Boltzmann*, describen a la temperatura de un cuerpo como la energía cinética promedio de las moléculas o átomos que lo componen. De tal manera que mientras la temperatura aumenta, las moléculas o átomos se mueven más rápido (Picquart & Carrasco, 2017).

El físico luxemburgués y el francés Gabriel Lippmann nos mencionan que: “Se sabe que los termómetros empleados frecuentemente se basan en la dilatación de una sustancia escogida adecuadamente, como el aire o el mercurio; se sabe también que las escalas construidas de esta manera varían con la naturaleza de la sustancia utilizada; así, el aire, el hidrógeno, el alcohol y el mercurio facilitan cuatro escalas centígradas las mismas que no son idénticas.”(Picquart & Carrasco, 2017).

Algunas escalas de temperatura son las siguientes:

### ***Escala Celsius***

En donde la temperatura del punto de fusión normal del agua corresponde a 0°C y la del punto de ebullición normal a 100°C.

$$t_C = T - 273.15 K \quad (1)$$

### ***Escala Fahrenheit***

En donde la temperatura del punto de fusión normal del agua corresponde a 32°F y la del punto de ebullición normal a 212°F.

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F + 32) \quad (2)$$

### ***Escala Réamur***

En donde la temperatura del punto de fusión normal del agua es de a 0°R y la del punto de ebullición normal corresponde a 80°R.

$$t_R = \frac{4}{5}t_C \quad (3)$$

(Beléndez Vázquez, 2017)

## **Turbidez**

Es una propiedad óptica que poseen los cuerpos de agua y es posible su medición a través de la cantidad de luz absorbida y dispersada por las partículas en una columna de agua, proporcionando unas características físicas que pueden ser captadas por los sensores a través de la radiación reflejada en distintas longitudes de onda (Amado-Álvarez et al., 2018).

## **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto es el indicador de la cantidad de oxígeno disuelto disponible en los cuerpos de agua, es decir da un indicativo de la contaminación del agua y la capacidad de soporte que el agua puede tener para el crecimiento y la reproducción vegetal y animal. componentes como: alta intensidad lumínica, así como alta turbulencia del cuerpo de agua pueden incrementar los niveles de oxígeno disuelto (Gualdrón Durán, 2018).

## **Demanda Química de Oxígeno**

Cuando hablamos de la demanda química de oxígeno en términos de contaminación acuática, es un análisis de laboratorio que nos da paso a determinar químicamente la cantidad de oxígeno que se requiere para poder oxidar la materia organica que esté presente en una muestra de agua residual (Zambrano-Franco & Isaza Hinestroza, 2016).

## **Nitratos**

Los nitratos, son compuestos solubles conformados molecularmente por nitrógeno y oxígeno, se sabe que el nitrito se convierte fácilmente en nitrato debido a que se oxida. El nitrato es

esencial en el crecimiento de las plantas, por esta razón se utiliza como fertilizante y se produce en grandes cantidades (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro, & Segura-Araya, 2017).

### **Fosfatos**

Los fosfatos se forman a partir del fósforo inorgánico que existe como mineral y contribuye de manera directa en el ciclo de este elemento en el ambiente. Puede aparecer en solución como partículas, como fragmentos sueltos o en cuerpos acuáticos; la lluvia también puede contener distintas cantidades de fosfatos que se filtran de los suelos agrícolas a los cursos de agua próximos (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro, & Segura-Araya, 2017).

### **Coliformes**

Tienden a funcionar como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. El agua es necesaria que cumpla con los requisitos microbiológicos de calidad sanitaria del agua. Para ello es recomendable seguir las guías y normas de valoración del grupo de bacterias coliformes, formado por los coliformes totales y fecales, este último con la posible presencia de contaminación fecal (Fernández-Santisteban, 2017).

### **Sistemas de Información Geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta informática capaces de analizar y gestionar la información georreferenciada, con la finalidad de resolver problemas de base territorial y ambiental. Los SIG se enfatizan en el conocimiento y estudio de las estructuras espaciales, donde la posición relativa en la que se encuentran los elementos geográficos relativos a un concreto fenómeno es esencial. También los SIG son herramientas multipropósito que van dirigidas a la gestión catastral, planificación territorial o el análisis de mercados (Santos, 2020).

### **Teledetección**

La teledetección es una técnica utilizada para conseguir información a distancia de los objetos que se encuentran sobre la superficie de la tierra y luego son procesados en determinadas aplicaciones. Es importante mencionar que el aporte más importante que la teledetección aporta al ambiente es la capacidad de seguir procesos dinámicos en una dimensión temporal y de esta manera se puede realizar una integración y recopilación de datos de procedencia satelital (Gil Leguizamón & Morales Puentes, 2016).

Según (Bravo Morales, 2017) un sistema de teledetección tiene los siguientes elementos:

- Fuente de Energía: Se origina de la radiación electromagnética que el sensor va a captar. Puede ser de una fuente activa que es emitida por el sensor que capta el reflejo como el radar o una fuente pasiva como la luz del sol.
- Cubierta terrestre: Son los rasgos realizados por el hombre o naturales que reflejan hacia el sensor la señal (construcción, vegetación, rocas, suelo, etc.).
- Sistema sensor: Compuesto por el sensor (radar, cámaras, etc.) y la plataforma que lo contenga (avión, satélite, globo). Su finalidad es captar la energía que emite la cubierta terrestre para luego almacenarla o enviarla al sistema de recepción.

- Sistema de recepción-comercialización: Recibe la información del sistema sensor, la guarda en formato idóneo y la reparte a los usuarios.
- Interprete: Es quien transforma los datos en información temática de interés (geografía, agricultura, ambiente, forestal, militar, etc.) mediante técnicas y procedimientos digitales o visuales.
- Usuario final: Es el beneficiario del documento que se consiguió de la interpretación. El mismo que decide sobre las consecuencias que de este resulte.

### **Imágenes Satelitales**

Las imágenes satelitales se consideran una representación del mosaico espacial de un definido territorio y esta información de detalle cambia según las características del sistema sensor y según la resolución.

Según (Gil Leguizamón & Morales Puentes, 2016) los tipos de resolución son los siguientes:

- Resolución espacial: Escoge el objeto de menor tamaño que se puede distinguir por una imagen. Es la separación mínima, a la cual los objetos aparecen separados y distintos en la imagen.
- Resolución espectral: Es el número y ancho de las bandas espectrales que les es posible separar el sensor; es el registro sincrónico de la conducta de los objetos en diferentes bandas del espectro.
- Resolución radiométrica: Es la sensibilidad del sensor la cual relaciona la capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe, es decir, es una codificación digital expresada en números de bits que mejora cada elemento de la imagen.
- Resolución temporal: Es la frecuencia de cobertura que suministra el sensor (periodicidad con la que se obtiene imágenes de la misma parte de la superficie, de acuerdo con las características orbitales de la plataforma (inclinación, velocidad y altura).
- Resolución angular: Es la capacidad del sensor para observar una misma zona desde diferentes ángulos.

Las imágenes satelitales son importantes en suministro de información geográfica ya que proveen información cualitativa y cuantitativa que disminuye la complicación del trabajo de campo y el tiempo de estudio (Sarmiento & Morales, 2021).

### **Sentinel -2**

Sentinel-2 es parte del Programa Copérnico utilizado para la Observación de la Tierra por parte de la ESA. El mismo que fue creado con la finalidad de dar información de acceso fácil y actualizada para optimar la gestión del medio ambiente, y tratar de aminorar los efectos del cambio climático. El programa tiene proyectadas cinco misiones con varios satélites para cada una de ellas (Borràs et al., 2017).

La misión Sentinel-2 se fundamenta en una constelación de 2 satélites. El S2A, fue creado el 23 de junio de 2015 y el S2B fue lanzado el 7 de marzo de 2017, estos dos satélites proporcionan datos de todas las superficies de la Tierra, en el Ecuador con un tiempo de revista de cinco días (Borràs et al., 2017).

Sentinel-2 facilita datos para la realización de productos como: mapas de riego, mapas de cambios a lo largo del tiempo, mapas de uso del suelo e imágenes rápidas para la prevención de desastres. Este satélite tiene un instrumento de captura multiespectral y permite perfeccionar datos de otras misiones operativas (Borràs et al., 2017).

El MSI (Instrumento multiespectral) embarcado en el S2 tiene 13 bandas espectrales, estas van desde el NIR (infrarrojo cercano) y el espectro visible hasta el SWIR (infrarrojo de onda corta). Dentro de ellas existen 4 bandas y estas son 3 visibles y 1 del NIR, seis bandas de 20 m y tres bandas de 60m de resolución para detección de nubes y corrección atmosférica (Borràs et al., 2017).



## CAPÍTULO III.

### METODOLOGIA

#### **Tipo de muestreo**

El tipo de muestreo que se utilizó es el muestreo compuesto que consistió en adquirir diferentes muestras sencillas tomadas en el mismo sitio durante distintas temporadas.

#### **Descripción del periodo de muestreo**

El periodo de monitoreo considerado como época seca se lo realizó desde el mes de julio a noviembre y para la época considera lluviosa desde el mes de diciembre a junio, realizando un total de 6 monitoreos por laguna; 3 en cada temporalidad.

#### **Materiales y equipos de laboratorio**

Para el procesamiento de muestras de agua de las lagunas en estudio, son necesario los siguientes quipos, materiales y reactivos:

#### **Parámetros físicos**

- Multiparámetro
- pH/Ion
- Conductímetro
- Turbidímetro

#### **Parámetros químicos**

- Espectrofotómetro
- Estufa (horno) a 150°C
- Pipetas de 1ml esterilizadas
- Pera
- Vasos de precipitación
- Celdas de vidrio de 25ml
- Probetas de 1000ml
- Piseta con agua destilada
- Frascos Winkler por cada muestra
- Papel de cocina absorbente para limpiar las sondas y las celdas
- Agua saturada de oxígeno para muestras de DBO<sub>5</sub>
- Sobre Nitriver (para muestra de 10mL), por cada muestra
- Sobre de Nitriver (para muestra de 10mL), por cada muestra
- Sobre de PhosVer (para muestra de 10mL), por cada muestra
- Alcohol de polivinilo
- Estabilizados mineral
- Reactivo de Nessler
- Cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>)

- Sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ )
- Cloruro férrico ( $FeCl_3$ )
- Tampón
- Vial para muestra de DQO

### **Parámetros microbiológicos**

- Estufa (horno) a 20°C
- Estufa (horno) a 30°C
- Placa Petrifilm para *E. coli* por cada muestra
- Placa Petrifilm para bacterias aerobias por cada muestra
- Placa Petrifilm para hongos, levaduras y mohos por cada muestra

### **Métodos de análisis y procesamiento de datos.**

De manera preliminar al procesamiento de muestras de agua de cada laguna, es recomendable:

- Comprobar que las etiquetas pertenezcan a cada muestra para evitar confusiones y errores al momento de procesarlas.
- Procesar las muestras de manera inmediata post llegada de campo.
- De existir un excedente de las muestras, luego de haber sido procesadas, guardar en el congelador a una temperatura de 5°C para preservarlas.

### **Parámetros físicos en campo**

#### ***Parámetro: Oxígeno***

Equipo de medición: Multiparámetro

Método de electrodo de membrana 4500-O G

Procedimiento:

- Se colocó la sonda en el cuerpo de agua de modo que el agua cubra completamente la membrana del electrodo
- Se pulso la tecla medición y se esperó que se estabilice la sonda
- El valor de la densidad óptica se registró en mg/L y (%)
- Al finalizar la medición, se lavó la sonda con abundante agua destilada para su próxima medición.

#### ***Parámetro: Temperatura***

Equipo de medición: Multiparámetro

Método electrométrico 4550-H + B

Procedimiento:

- Se colocó la sonda en el cuerpo de agua
- Se pulso la tecla de medición y tuvimos que esperar que se estabilice la sonda

- El valor se registró en °C
- Al finalizar la medición, la sonda se lavó con abundante agua destilada para su próxima medición.

***Parámetro: Conductividad eléctrica***

Equipo de medición: Multiparámetro

Método de conductividad eléctrica 2510 B

Procedimiento:

- Se colocó la sonda en el cuerpo de agua
- Se pulso la tecla medición y se esperó que se estabilice la sonda
- El valor se registró en  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Al finalizar la medición, la sonda se lavó con abundante agua destilada para su próxima medición

***Parámetro: Sólidos totales disueltos***

Equipo de medición: Multiparámetro

Método 2540 C

Procedimiento:

- Se colocó la sonda en el cuerpo de agua
- Se pulso la tecla de medición y se esperó que se estabilice la sonda
- Se registro el valor
- Al finalizar la medición, la sonda se lavó con abundante agua destilada para su próxima medición

***Parámetro: Salinidad***

Equipo de medición: Conductímetro

Método 2520 B

Procedimiento:

- Se colocó la sonda en el cuerpo de agua
- Se pulso la tecla medición y se esperó que se estabilice la sonda
- Se registro su valor
- Al finalizar la medición, la sonda se lavó con abundante agua destilada para su próxima medición.

**Parámetro en laboratorio**

***Parámetros: Turbidez en el agua***

Equipo de medición: Turbidímetro

Método nefelométrico 2130 B

Procedimiento:

- Se agitó la muestra durante 1 minuto hasta homogenizar el agua.
- Se colocó 25ml de muestra en la celda de vidrio
- Se insertó la celda en el equipo
- El valor de turbidez se registró cuando el equipo se estabilizó

***Parámetro: pH***

Equipo de medición: pH/Ion

Método electrométrico 4500 H+B

Procedimiento:

- Se situó la muestra en un vaso de precipitación
- Se colocó la sonda en la muestra y se dio clic en el botón READ y se esperó que se estabilice
- Una vez que se estabilizó la sonda, apareció el icono  $\tilde{A}$ , y se procedió a leer el valor del pH.
- Se lavó la sonda con agua destilada y lo secamos para la siguiente muestra.

**Parámetros Químicos**

***Parámetro: Color***

Equipo de medición: Fotómetro

Método 2121-C

Código del parámetro en el fotómetro: 120 Color 455 nm (nanómetros)

Reactivo que se utilizó: No requirió reactivo

Procedimiento:

- Se colocó en una celda de vidrio de 25 ml agua destilada para el blanco
- Se configuro el espectrofotómetro con el código 120
- Se coloco el agua destilada en el espectrofotómetro para obtener el CERO
- Se colocó la muestra y se registró el valor
- La muestra y el blanco se colocará de forma intercalada en el espectrofotómetro

***Parámetro: Nitritos***

Equipo de medición: Espectrofotómetro

Método de nitrógeno (Nitrato) 4500 NO<sub>2</sub>-B modificado al método HACH 8507, cuyo rango de medida es de 0 a 0.30 mg/L de N<sub>02</sub>

Código del parámetro en el espectrofotómetro: 371 -N Nitritos RB (Rango Bajo) PP (0.300 mg/L)

Reactivo que se utilizó: Nitriver 3 para muestra de 10 mL

Procedimiento:

- Se preparó el blanco, colocando 25 mL de la muestra de cada punto de la laguna, sin ningún reactivo
- Se colocó 10 mL de la muestra en una celda de vidrio y se añadió el reactivo Nitriver 3 y se lo agitó durante 1 minuto hasta que se disuelva lo más que pueda
- Se esperó el tiempo de 20 minutos para que se dé la reacción y posterior a ello, se limpió la celda de posibles marcas de huellas dactilares o impurezas en sus paredes, para que no alteren su lectura
- Se configuró el espectrofotómetro con el código 371
- Se colocó el blanco y se obtuvo el CERO
- A continuación, se ubicó la celda con la muestra dentro del espectrofotómetro y se leyó su valor en mg/L NO<sub>2</sub>

***Parámetro: Nitratos***

Equipo de medición: Espectrofotómetro

Método de Nitrógeno (Nitrato) 4500 NO<sub>3</sub>-E modificado al método HACH 8039, cuyo rango de medida es de 0.3 a mg/L de NO<sub>3</sub>

Código del parámetro en el espectrofotómetro: 355-Nitratos RA (Rango Alto) PP (132.8 mg/L)

Reactivo que se utilizó: Nitriver 5 para muestra de 10 mL

Procedimiento:

- Se preparó el blanco colocando 25 mL de la muestra de cada punto de la laguna, sin ningún reactivo
- Se colocó 10 mL de la muestra en una celda de vidrio y se añadió el reactivo Nitriver 5 en la muestra y se lo agitó durante 1 minuto
- Se espero 5 minutos para que se dé la reacción y posterior a ello, se limpió la celda de posibles marcas de huellas dactilares o impurezas en sus paredes, para que no alteren su lectura
- Se configuró el espectrofotómetro con el código 355
- Se coloco el blanco y se obtuvo el CERO
- A continuación, se ubicó la celda con la muestra dentro del espectrofotómetro y se leyó su valor en mg/L NO<sub>3</sub>

***Parámetro: Fosfatos y fósforo total***

Equipo de medición: Espectrofotómetro

Método 4500-P-E, este tiene un rango de medición de 0.02 a 2.50 mg/L PO<sub>4</sub>

Código del parámetro en el espectrofotómetro: 490 P react. PV, opción PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> para fosfatos y opción P, para fósforo total

Reactivo que se utilizó: PhosVer 3 para muestra de 10 ml.

Procedimiento:

- Se preparó el blanco colocando 25 mL de la muestra de cada punto de la laguna, sin ningún reactivo
- Se colocó 10 mL de la muestra en una celda de vidrio y se añadió el reactivo PhosVer 3 y se lo agitó durante un minuto
- Se esperó 2 minutos para que se dé la reacción y posterior a ello, se limpió la celda de posibles marcas de huellas dactilares o impurezas en sus paredes, para que no alteren su lectura
- Para los fosfatos se buscó el código 490- $\text{PO}_4^{3-}$  en el espectrofotómetro
- Se colocó el blanco y se obtuvo el CERO, se colocaron las muestras y el blanco de manera intercalada
- El valor se midió en mg/L  $\text{PO}_4$
- Para el fósforo se usó el código 490-P, se lo configuró de manera manual
- El valor se midió en P

***Parámetro: Nitrógeno amoniacal.***

Equipo de medición: Espectrofotómetro

Método Nessler de nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )

Código del parámetro en el espectrofotómetro: 380 N Amoniacal Ness

Reactivo que se utilizó: 3 gotas de estabilizador mineral, 3 gotas, de alcohol de polivinilo y 1 ml de reactivo de Nessler

Procedimiento:

- Se realizó el blanco que en este caso fue agua destilada.
- En cada muestra de 25 ml se colocó 3 gotas de estabilizador mineral, 3 gotas, de alcohol de polivinilo y 1 ml de reactivo de Nessler; se agito durante 1 minuto y se esperó 1 minuto hasta que haga reacción y finalmente se limpió la celda de posibles marcas de huellas dactilares o impurezas en sus paredes, para que no alteren su lectura.
- Para el nitrógeno amoniacal se buscó el código 380 en el espectrofotómetro-
- Se colocó el blanco y se obtuvo el CERO, se colocaron las muestras y el blanco de manera intercalada hasta obtener los resultados necesarios.
- El valor obtenido fue en mg/l de amoniaco expresado como nitrógeno ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )

***Parámetro: Demanda química de oxígeno (DQO)***

Equipo de medición: Fotómetro

Método 5220 D, reflujo cerrado, método colorimétrico

Código del parámetro en el fotómetro: 430 – DQO RB (rango bajo)

Reactivo que se utilizó: viales preparados

Procedimiento:

- Se realizó el blanco que en este caso fue agua destilada.

- Con una pipeta y una pera se tomó 2 ml de muestra, se colocó en el vial y se agito la muestra.
- Se colocó en un vaso de precipitación las muestras y se colocó en la estufa a 150 °C durante 2 horas.
- Luego de pasado el tiempo se retiró con una ayuda de una pinza el vaso con las muestras y se dejó reposar hasta que estén a temperatura ambiente.
- Se buscó el código 430 en el espectrofotómetro
- Se colocó el blanco y se obtuvo el CERO, luego se colocaron las muestras y se leyeron.
- El valor se obtuvo en mg/L de DQO

***Parámetro: Demanda biológica de oxígeno (DBO 5)***

Equipo de medición: Multiparámetro con la sonda de oxígeno.

Método: 5210 B

Reactivo que se utilizó: Nutrientes: cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>): sulfato de magnesio (Mg SO<sub>4</sub>); cloruro férrico (Fe CL<sub>3</sub>) y tampón (buffer)

Procedimiento:

- Se preparo 2 litros de agua aireada; para esto se colocó en una botella 2 litros de agua destilada y se añadió 1 ml de cada uno de los siguientes reactivos: Mg SO<sub>4</sub>, Fe CL<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub> y 2 ml de tapón (Buffer) por cada litro de agua destilada, para esto se utilizó una pipeta de 1 ml y una pera.
- Luego de esto se colocó la botella con los nutrientes y el agua destilada en la bomba de vacío durante al menos 1 hora para que se sature el oxígeno.
- En una probeta de 1 litro se añadió 50% de agua de muestra y 50% de agua de dilución.
- Se agitó la probeta para una correcta mezcla y luego se colocó en 2 frascos winkler por cada muestra; estos frascos fueron etiquetados debidamente.
- Luego se introdujo la sonda del multiparámetro en la muestra, se presionó medición y se esperó que se estabilice, finalmente se leyó y se registró el valor.
- Se procedió a incubar las muestras durante 5 días para luego medirlas nuevamente y registrar el valor.

**Parámetros de microbiología.**

***Parámetro: Coliformes fecales y totales.***

Método: Técnica de filtro de membrana 9222

Reactivo que se utilizó: Placas Petrifilm para E. coli

Procedimiento:

- Utilizando una pipeta esterilizada se colocó 1 ml de muestra en la placa, para esto se levantó la película superior y se colocó la muestra lentamente, finalmente se bajó la película superior y se homogeniza la muestra en la placa.
- Se codificó la placa y se envió a la estufa (horno) durante 24 a 48 horas a una temperatura de 30 °C. Pasado este tiempo se interpretó los resultados.
- Las coliformes fecales se encontraban entre las burbujas y se marcaban de color azul, por otra parte, para obtener las coliformes totales, se realizó una suma de las coliformes de color rojizo más las coliformes fecales de color azul.
- Se contó las coliformes que estaban presentes dentro del borde de la placa.
- Cuando existían muchas coliformes se estimaba su valor, para esto se tomó una submuestra, es decir, se contó las coliformes existentes en una celda, se multiplicó por 20 con esto se obtuvo el número total de coliformes presentes en la muestra y se registró el valor.
- Finalmente se ingresó las placas en una funda ziploc, se sellaron y se dejaron a 5 °C en el congelador.

***Parámetro: Aerobios***

Reactivo que se utilizó: Placas Petrifilm para recuento de bacterias aerobias.

Procedimiento:

- Utilizando una pipeta esterilizada se colocó 1 ml de muestra en la placa, para esto se levantó la película superior y se colocó la muestra lentamente, finalmente se bajó la película superior y se homogeniza la muestra en la placa con el esparcidor Petrifilm.
- Se codificó la placa y se envió a la estufa (horno) durante 24 a 48 horas a una temperatura de 30 °C. Pasado este tiempo se interpretó los resultados.
- Se tomó la placa y se contó las bacterias aerobias las cuales se encontraron en las celdas con un color rojizo.
- Cuando existían muchas bacterias aerobias se estimaba su valor, para esto se tomó una submuestra, es decir, se contó las bacterias aerobias existentes en una celda, se multiplicó por 20 con esto se obtuvo el número total de bacterias aerobias presentes en la muestra y se registró el valor.
- Finalmente se ingresó las placas en una funda ziploc, se sellaron y se dejaron a 5 °C en el congelador.

***Parámetro: Mohos, hongos y levaduras.***

Reactivo que se utilizó: Placas Petrifilm para recuento de mohos y levaduras.

Procedimiento:



- Utilizando una pipeta esterilizada se colocó 1 ml de muestra en la placa, para esto se levantó la película superior y se colocó la muestra lentamente, finalmente se bajó la película superior y se homogeniza la muestra en la placa con el esparcidor Petrifilm.
- Se codificó la placa y se envió a la estufa (horno) durante 24 a 48 horas a una temperatura de 30 °C. Pasado este tiempo se interpretó los resultados.
- Se tomó la placa y se contó los hongos los cuales eran de color celeste oscuro, los mohos entre color café a negro.
- Cuando existían muchos mohos, hongos o levaduras se estimaba su valor, para esto se tomó una submuestra, es decir, se contó las mohos, hongos o levaduras existentes en una celda, se multiplicó por 20 con esto se obtuvo el número total presentes en la muestra y se registró el valor.
- Finalmente se ingresó las placas en una funda ziploc, se sellaron y se dejaron a 5 °C en el congelador.

### **Registro de datos en la hoja de trabajo.**

Una vez procesadas las muestras los datos de los diferentes parámetros se registraron en una hoja que contenía los siguientes campos:

- Código de la laguna
- Fecha de procesamiento de las muestras
- Códigos y nombres de los parámetros medidos

Durante el registro de los datos se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los datos deben estar lo suficientemente claros para su entendimiento.
- Evitar tachones, manchas o rayones.
- Utilizar un esfero claro o un lápiz en buenas condiciones para evitar la remarcación de los números.
- En el caso del parámetro DQO (DBO 5), como se tiene un valor inicial y uno final se procederá a calcular el valor del DBO 5, esto se realizará a través de la siguiente fórmula:

$$DBO, \frac{mg}{l} = \frac{D_1 - D_2}{P} = R1(4)$$

Donde:

- D<sub>1</sub> = valor registrado el día del procesamiento
- D<sub>2</sub> = valor registrado al día 5 de la medición
- P= es el porcentaje (%) de muestra 0.5, 0.70

Posteriormente de los resultados [(R1+R2) /2] se obtendrá un promedio que será el resultado final del DBO 5.

### Cálculo del índice ICA

Para calcular el índice ICA se seleccionó el índice desarrollado por la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos (ICA-NSF), este es considerablemente utilizado entre todos los índices de calidad de agua que existen y se utiliza para medir los cambios en la calidad del agua en tramos individuales de los ríos a través del tiempo y esto puede establecer si un tramo en específico de dicho río es saludable o no.

Para la determinación del ICA se tomó en cuenta 9 parámetros que son:

- Turbidez (en FAU)
- Fosfatos (PO4 en mg/L)
- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)
- Sólidos disueltos totales (en mg/L)
- Cambio de Temperatura (en °C)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/L)
- Nitratos (NO3 en mg/L)

El ICA recepta óptimas de un valor máximo de 100 el mismo que disminuye con el aumento de la contaminación.

El ICA se clasificó con base a la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Clasificación del Índice de Calidad del Agua

Color	Calidad del agua	Valor
Azul	Excelente	91 -100
Verde	Buena	71- 90
Amarillo	Regular	51- 70
Naranja	Mala	26 - 50
Gris	Pésima	0 - 25

Para el cálculo del Índice ICA NSF se empleó una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA<sub>a</sub>). Estas ecuaciones se expresan como:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * W_i) \quad (5)$$

Donde:

$W_i$ : Pesos relativos asignados a cada parámetro ( $Sub_i$ ), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a 1.

$Sub_i$ : Subíndice del parámetro  $i$ .

## **Análisis Multitemporal**

### ***Colección de datos.***

La información satelital requerida se obtuvo de la plataforma The Copernicus ESA obteniendo imágenes de los satélites Sentinel 2A y 2B. Las imágenes obtenidas fueron de tipo GRDH (Ground Range Detected in High resolution), que poseen proyecciones terrestres y son de alta definición, las mismas que se identifican por tener una resolución de 10 m. Se seleccionó imágenes satelitales con un porcentaje de nubosidad  $< 5 \%$ , en los años 2016-2022, para verificar una variabilidad del área de las lagunas a lo largo de los años.

## **Procesamiento de imágenes satelitales**

### ***Reprocesamiento de imágenes***

Con ayuda de la aplicación SNAP (Sentinels Application Platform) se realizó un remuestreo geométrico para la banda 2 obteniendo una calidad de resolución espacial de 10 m, con el fin de realizar operaciones entre bandas como cálculos de variables físicas, extracción de los valores de píxeles, aplicaciones de máscara, entre otros. Además, se realizó una corrección radiométrica y atmosférica para corregir el ruido de la imagen, la cual nos ayuda a corregir errores de radiancia y aerosoles.

### ***Procesamiento Temático de Agua***

Con ayuda de la aplicación SNAP y la herramienta Optical se realizó un procesamiento temático de agua mediante el procesador C2RCC (Case 2 Regional Coast Colour), el cual contiene varios parámetros que fueron importantes para la corrección de las imágenes donde contó con parámetros como salinidad, temperatura, presión, entre otros, también es importante acotar que la elevación jugó un papel importante ya que depende de cada laguna. El conjunto de redes neuronales fue: C2X-COMPLEX-Nets.

### ***Subconjunto de área intervenida***

Se seleccionó todo el conjunto de bases y de forma manual se ubicó el área específica de estudio correspondiente a cada laguna.

### ***Matemáticas de las bandas***

Seleccionando la imagen dimos clip derecho y escogimos Band Maths, colocando el nombre de superficie editamos la expresión.

$$if B8 > 0.1 then 0 else 1 (6)$$

El proceso se realizó para cada imagen de estudio al extraer una máscara de agua de cada laguna para poder estimar la superficie de la laguna por cada año de estudio. Posteriormente pegamos los valores obtenidos en una tabla Excel.

### *Cálculo de la superficie de la laguna*

Con la ayuda de la fórmula anterior los cuerpos de agua van a dar valores de 1 y su entorno 0, para lo cual se contó el número total de píxeles y los píxeles con cuerpos de agua, aplicando las siguientes formulas se obtuvo el valor de la superficie.

$$\frac{Px1}{PxT} = Media (7)$$

$$Media * PxT = Superficie$$

$$Superficie * 100 = Superficie Total$$

En donde:

$PxT$  = Píxeles Totales

$Px1$  = Píxeles de Agua

## CAPITULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Revisión Bibliográfica**

##### ***Laguna de Colta***

La laguna de Colta está ubicada en la provincia de Chimborazo (figura 1), Esta laguna es uno de los cuerpos de agua más grande del país y tiene un gran valor cultural e histórico.

Esta laguna en Ecuador es un destino turístico muy importante, atrayendo numerosos visitantes cada año, esta laguna es conocida por sus numerosos sitios históricos y culturales que están situados en la zona y por su hermoso paisaje natural.

No se dispone de información precisa de la calidad del agua de la laguna de Colta a lo largo del tiempo. Sin embargo, se conoce que la laguna ha sido objeto de varias actividades humanas como la ganadería y la agricultura intensiva, lo que puede causar afectaciones a la calidad del agua. Además, es una fuente de agua muy importante para la región, por lo que el deterioro de la calidad del agua y la contaminación causaría graves consecuencias en el medio ambiente y para la salud pública.

En el año 2019 en una evaluación de la calidad del agua en la laguna de Colta realizada por el Ministerio de Ambiente del Ecuador se localizaron niveles alarmantes de contaminación en varios puntos de la laguna. De acuerdo con los resultados de la evaluación la laguna muestra altos niveles de coliformes fecales, lo cual indica que existe contaminación orgánica. Desde entonces, se han efectuado medidas con el fin de mejorar la calidad del agua, incluyendo el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales. En 2020 un informe realizado por el Ministerio de Ambiente del Ecuador expuso que ha mejorado la calidad del agua en la laguna de Colta, pero aun requiere un monitoreo constante y mayor medidas para cuidar la salud pública y el ecosistema acuático.

Según (Escobar et al., 2021) de su estudio de calidad fisicoquímica del agua de la laguna de Colta, los resultados obtenidos evidencian que la laguna de Colta es un ecosistema acuático en un estado eutrófico con una gran productibilidad biológica y durante las estaciones climáticas que existen en la región y a lo largo del año posee características fisicoquímicas estables en distintas zonas de la laguna, con los resultados conseguidos se permite predecir la existencia en esta laguna de una microbiota bacteriana aerobia mesófila escasa y como diversa.

##### ***Laguna de Magtayán***

La laguna de Magtayan se encuentra al sur oeste del Parque Nacional Sangay, la zona posee un complejo lacustre llamado Ozogoche, dentro de este existen 67 lagunas teniendo incidencia sobre la microcuenca de Ozogoche las siguientes: Magtayán, Mangan, Cubillín, Verdecocha, Arrayán, Tinguicocha, Yanahurco, Jacsín, Pichahuiña, Boazo, Patohuambuna, Tolicocha y Yanacocha. De esta microcuenca son beneficiadas las comunidades de Ozogoche Alto,

Ozogoche Bajo, La Dolorosa, Totoras. La comunidad de Ozogoche Alto es la que se encuentra más cercana a la laguna de Magtayán (Coello, 2009).

Según (Serrano, 2012) en la microcuenca de Magtayán existe riqueza de fauna y flora ya que es un ecosistema sin intervención de actividades antrópicas, por lo que tenemos como resultado una variedad de especies de fauna y flora de paramo. La calidad de agua de la laguna es muy buena para el consumo humano y la vida acuática, ya que los índices de calidad de agua cumplen con los límites permisibles y no existe presencia de agroquímicos. Como resultado del análisis multitemporal de los periodos 1987, 2001 y 2011 se puede determinar que hay un decremento del Páramo de Almohadilla en el periodo 2011 de 250.9 ha y un aumento en suelos semidesnudos dentro del mismo periodo.

### **Puntos de muestreo**

#### ***Codificación y georreferenciación de los puntos de muestreo.***

En cada laguna de estudio se establecieron 3 puntos de muestreo en cada una, los que fueron determinados tomando en cuenta los criterios establecidos por el proyecto de investigación entre la ESPOCH y la UNACH: “EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS DE LA ZONA ALTA DEL PARQUE NACIONAL SANGAY APLICANDO MULTIPLES LÍNEAS DE EVIDENCIA (EEA-PNS).”

**Tabla 2.** *Ubicación de puntos de muestreo*

Nº	Código de identificación	Coordenadas		
		Latitud (X)	Longitud (Y)	Altitud (Z) msnm
<b>LAGUNA DE COLTA</b>				
<b>1</b>	7B1	749150	9809156	3315
<b>2</b>	7B2	749432	9809173	3315
<b>3</b>	7B3	750233	9807548	3317
<b>LAGUNA DE MAGTAYAN</b>				
<b>4</b>	7A1	768954	9751228	3778
<b>5</b>	7A2	768515	9750924	3769
<b>6</b>	7A3	768038	9751030	3774

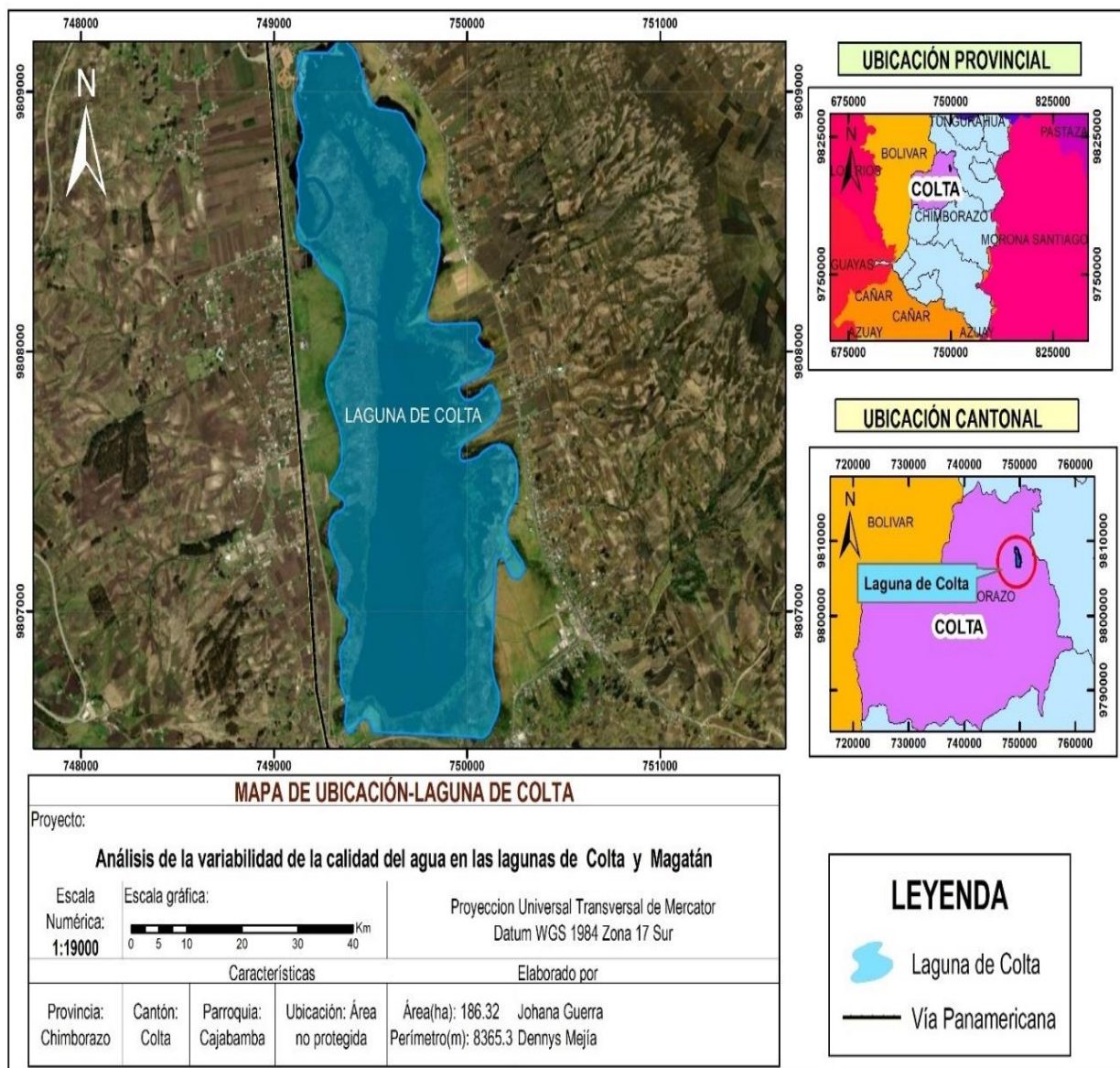
**Fuente:** Autores, abril 2023

#### ***Descripción de los puntos de muestreo de la laguna de Colta***

Las lagunas Colta se sitúa en el valle interandino en la Región Sierra, se ubica a en la provincia de Chimborazo, en el cantón Colta y en la parroquia Villa la Unión, su altitud esta entre los 3315 msnm.

La laguna de Colta tiene un ancho de 777 m y una longitud de 2745 m de largo con un área de 186.32 hectáreas y un perímetro de 8365.6 m. Los datos climatológicos promedios de la laguna son: precipitación 799 mm., temperatura 16°C y evapotranspiración 38 mm/día

**Figura 1 .** Mapa de ubicación de la Laguna de Colta



Fuente: Autores, abril 2023

### Punto 1

El sitio de muestreo es de uso turístico, existe un angosto puente que permite el paso de los turistas y tiene una salida de agua artificial que está rodeado de piedras, senderos. Dentro del sitio de muestreo se observa la presencia de fauna como aves y especies de peces muertos. En el agua se puede observar la formación de fitoplancton y basura. La forma del sitio de muestreo es vertical con una pendiente entre 60° a 80°, existe presencia macrófitas sumergidas,



emergentes y flotantes. La vegetación que rodea el sitio de muestreo es nativa y exótica. Los principales impactos que se encuentran alrededor del sitio de muestreo es la descarga de aguas servidas, la presencia de basura y destrucción de la naturaleza.

**Figura 2.** Mapa de toma de muestras de la laguna de Colta, Punto 1



**Fuente:** Autores, abril 2023

#### **Punto 2**

El sitio de muestreo se encuentra en un área urbana, en donde se puede observar la presencia de fauna nativa como exótica. En el agua del sitio de muestreo existe abundante presencia de macrófitas y se puede observar animales muertos como aves y basura. La vegetación que rodea el sitio de muestreo es nativa y exótica. La forma del sitio es vertical con una pendiente entre  $60^\circ$  a  $80^\circ$ . Los principales impactos que se encuentran alrededor del sitio de muestreo es la existencia de descarga de aguas servidas, erosión del suelo y basura.

**Figura 3.** Mapa de toma de muestras de la laguna de Colta, Punto 2



**Fuente:** Autores, abril 2023



### **Punto 3**

El sitio de muestreo se encuentra en un área urbana y de pastoreo de animales. En el agua del sitio de muestreo existe abundante presencia de macrófitas, fecas de ganado y basura. La vegetación que rodea el sitio de muestreo es nativa y exótica. La forma del sitio es vertical con una pendiente entre 60° a 80°. Los principales impactos que se encuentran alrededor del sitio de muestreo es presencia de zonas arables, caminos, basura, descarga de aguas servidas, fecas animales y humanas.

**Figura 4.** *Mapa de toma de muestras de la laguna de Colta, Punto 3*

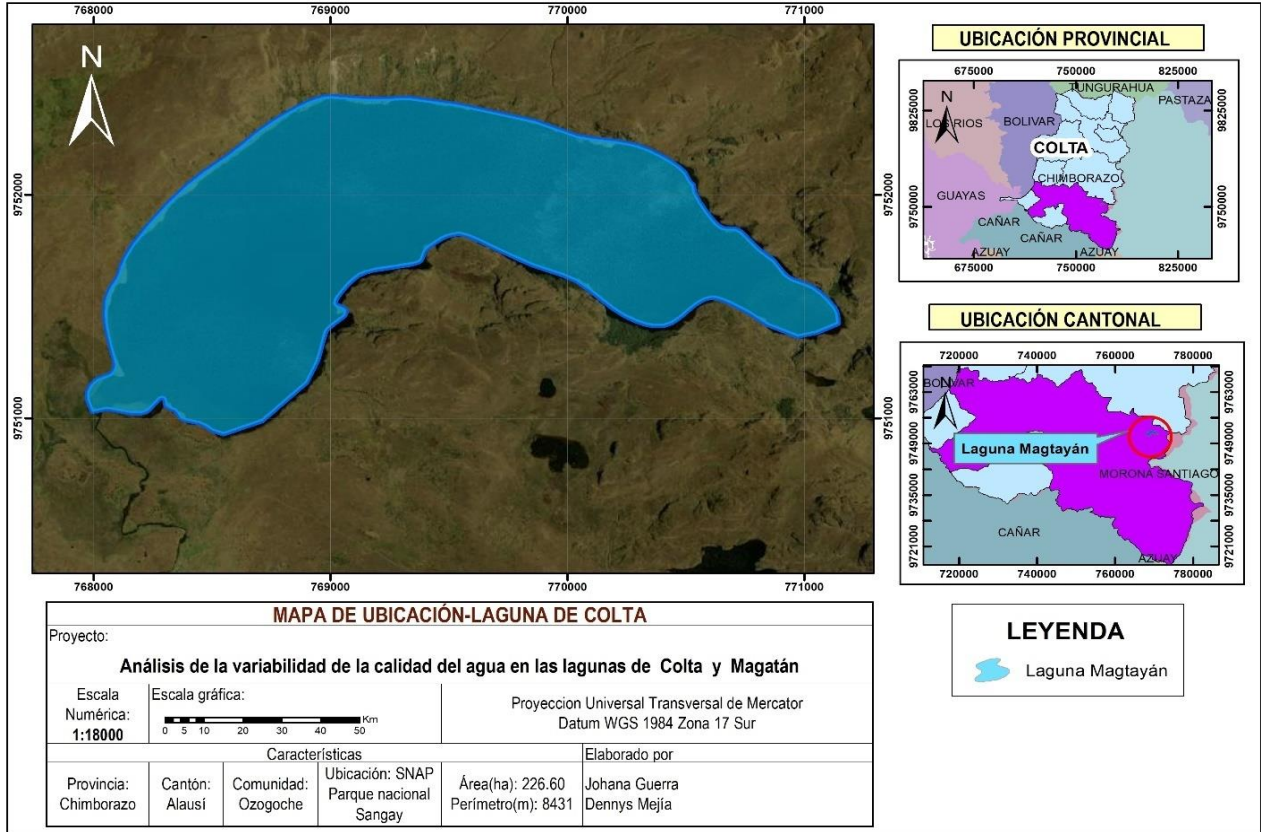


**Fuente:** Autores, abril 2023

### ***Descripción de los puntos de muestreo de la laguna de Magtayán***

La laguna Magtayán se ubica al sureste de la provincia de Chimborazo (figura 5), dentro de la Cordillera Real, en el cantón Alausí y pertenece a la parroquia de Achupallas (Cando, 2015). La laguna de Magtayán tiene un área de 226.60 ha y un perímetro de 2500 m. Los datos climatológicos promedios de la laguna son: temperatura 15°C, evapotranspiración 40 mm/day y precipitación 939 mm (Cando, 2015).

**Figura 5.** *Mapa de ubicación de la Laguna de Magtayan*

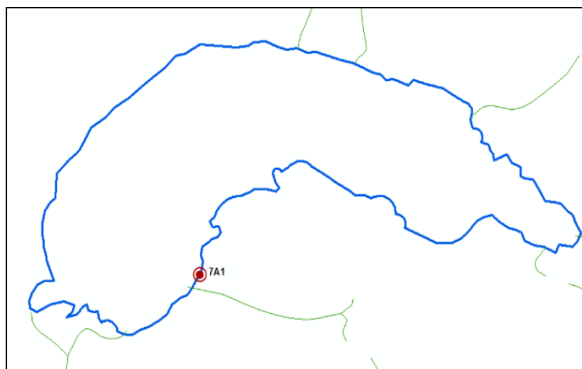


**Fuente:** Autores, abril 2023

### Punto 1

El sitio de muestreo es una entrada de agua, se encuentra rodeado de vegetación nativa, existe piedras con poco sedimento, la forma del sitio de muestreo es cóncava con una pendiente menor a 10°. Los principales impactos que se encuentran alrededor del sitio de muestreo es la presencia de camélidos nativos, basura y quema de pajonal.

**[Figura 6.** Mapa de toma de muestras de la laguna de Magtayan, Punto 1

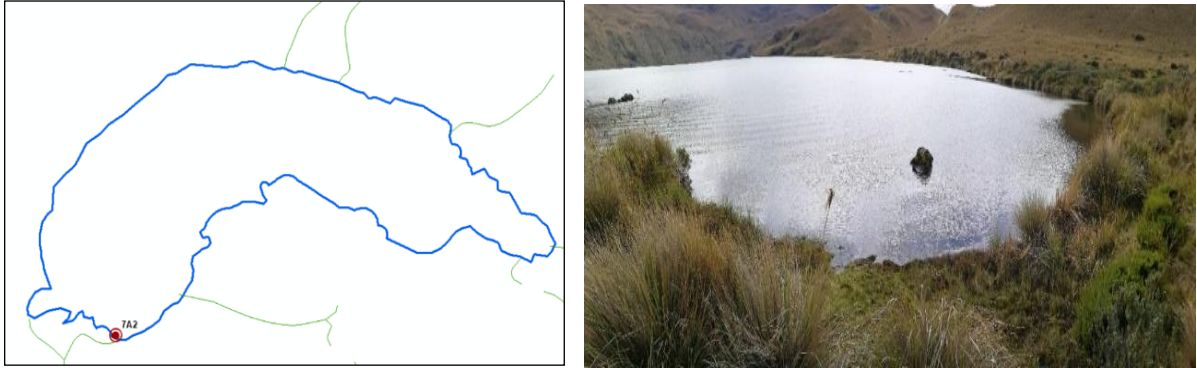


**Fuente:** Autores, abril 2023

## Punto 2

El sitio de muestreo es una entrada de agua, se encuentra rodeado de vegetación nativa, existe piedras con sedimento de 5 a 20cm, la forma del sitio de muestreo es convexo con una pendiente menor a 10°. Los principales impactos que se encuentran alrededor del sitio de muestreo es la presencia de fecas de animales nativos y basura.

**Figura 7** Mapa de toma de muestras de la laguna de Magtayan, Punto 2



**Fuente:** Autores, abril 2023

## Sitio 3

El sitio de muestreo es una salida de agua, se encuentra rodeado de vegetación nativa, existe sedimento mayor a 20cm, la forma del sitio de muestreo es cóncava con una pendiente moderada de 30° a 60°. Los principales impactos que se encuentran alrededor del sitio de muestreo es la presencia de fecas de aves y basura.

**Figura 8.** Mapa de toma de muestras de la laguna de Magtayan, Punto 3



**Fuente:** Autores, abril 2023

## Análisis Morfológico

### Laguna de Colta

Para el análisis morfológico se han utilizado imágenes de Sentinel 2A y 2B a partir del año 2016 hasta el año 2022 para la laguna de Colta, las cuales fueron descargadas de la plataforma The Copernicus y se encuentran clasificados en la tabla 3.

**Tabla 3.** Información satelital obtenida de la Laguna de Colta entre los años 2016 a 2022

Nombre de Información Satelital	Año	Mes	Día	Satélite
S2A_MSIL1C_20160123T153602_N0201_R068_T17MQU_20160123T154009.SAFE	2016	Enero	23	Sentinel 2A
S2B_MSIL1C_20171118T153609_N0206_R068_T17MQU_20171118T202829.SAFE	2017	Noviembre	18	Sentinel 2B
S2B_MSIL1C_20180107T153609_N0206_R068_T17MQU_20180107T185252.SAFE	2018	Enero	7	Sentinel 2B
S2B_MSIL1C_20190830T153619_N0208_R068_T17MQU_20190830T202456.SAFE	2019	Agosto	3	Sentinel 2B
S2B_MSIL1C_20200824T153619_N0209_R068_T17MQU_20200824T191521.SAFE	2020	Agosto	24	Sentinel 2B
S2A_MSIL1C_20210705T153621_N0301_R068_T17MQU_20210705T205715.SAFE	2021	Julio	5	Sentinel 2A
S2A_MSIL1C_20220521T153631_N0400_R068_T17MQU_20220521T205142.SAFE	2022	Junio	21	Sentinel 2A

**Fuente:** Autores, abril 2023

El análisis multitemporal, durante los años 2016 hasta 2022, permitió observar el cambio de la forma de la laguna de Colta y la reducción del espejo de agua (Tabla 4). En el año 2016 el área del espejo de agua fue de 1.54 Km<sup>2</sup>, mientras que en el año 2022 fue de 1.16 Km<sup>2</sup>. En el año 2020 se observa una reducción del área de la laguna a 1.03 km<sup>2</sup>

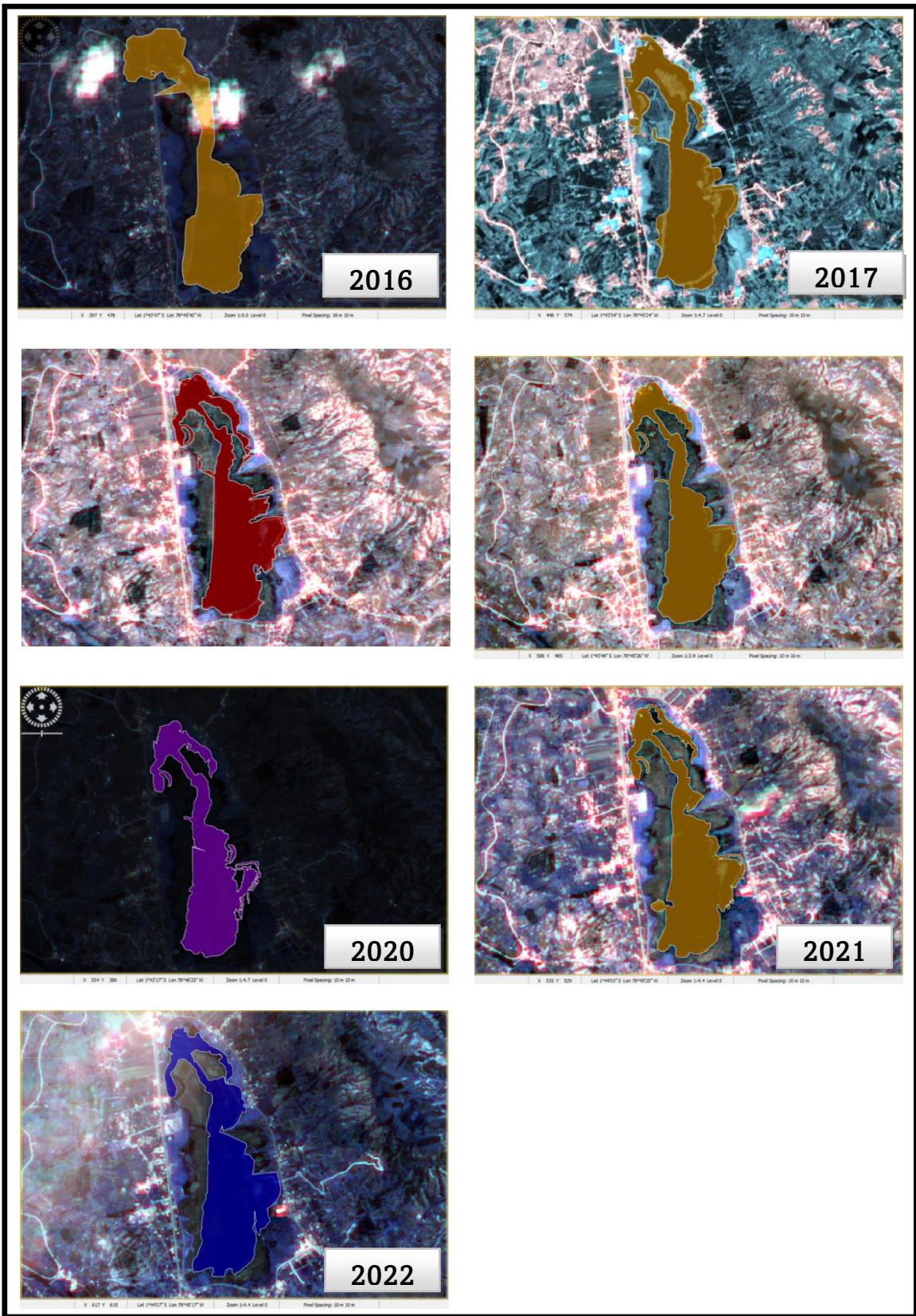
**Tabla 4.** *Obtención de la superficie del espejo de agua de la laguna de Colta*

LAGUNA DE COLTA						
FECHA	PIXELES TOTALES	PIXELES AGUA	MEDIA	SUPERFICIE ESPACIAL	SUPERFICIE TOTAL m2	SUPERFICIE Km2
23/01/2016	15430	15378	0.997	15378	1537800	1.54
18/11/2017	14113	14055	0.996	14055	1405500	1.41
07/01/2018	12490	12448	0.997	12448	1244800	1.24
30/08/2019	11149	11131	0.998	11131	1113100	1.11
24/08/2020	10320	10307	0.999	10307	1030700	1.03
05/07/2021	10892	10881	0.999	10881	1088100	1.09
21/05/2022	11621	11605	0.999	11605	1160500	1.16

**Fuente:** Autores, abril 2023

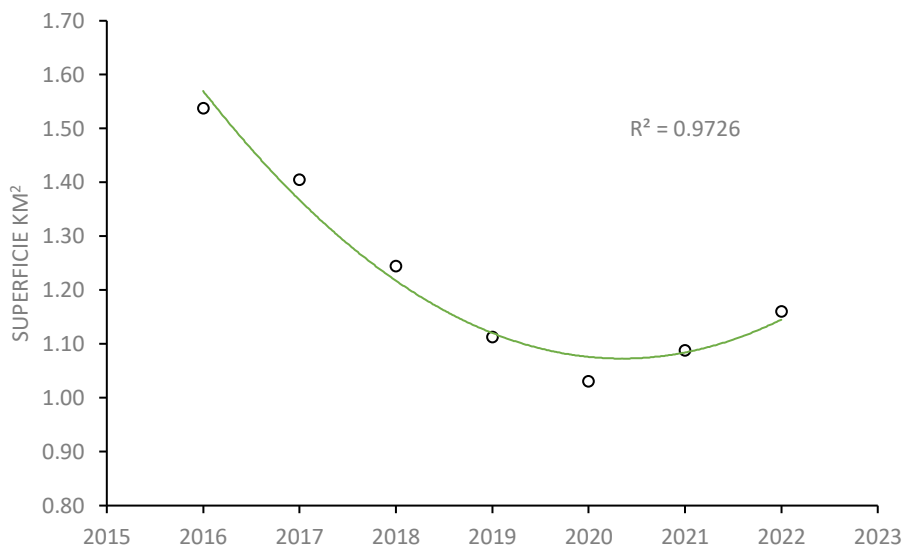
**Figura 9** *Variación morfológica del espejo de agua de la laguna de Colta desde el año 2016 al 2022 con la ayuda de SNAP*





Fuente: Autores, abril 2023

**Figura 10.** Gráfico estadístico de la variación del espejo de agua de la laguna de Colta



**Fuente:** Autores, abril 2023

Los resultados conseguidos producto del análisis multitemporal de la laguna de Colta han indicado una reducción polinómica del espejo de agua en el año 2020 con 1 km<sup>2</sup>, mientras que el año 2016 con 1.5 km<sup>2</sup> demuestra una mayor área del espejo de agua, esto podrá ser causado por diferentes factores; teniendo en cuenta que Colta se encuentra en área intervenida uno de los principales factores que disminuyen el espejo del agua es la explotación de recursos hídricos puesto que se da una extracción de agua para uso, agrícola e industrial, además como el cambio de uso de suelo que esto provoca dentro de la laguna sedimentación, así también como capacidad de retener agua y finalmente el crecimiento desmedido de totora alrededor de la laguna.

### ***Laguna de Magtayan***

Para este análisis se ha utilizado imágenes satelitales Sentinel 2A y 2B mediante la utilización del software SNAP, con un remuestreo, proceso temático de agua y operaciones matemáticas propias de la aplicación. Se ha detallado las fechas y el tipo de satélite utilizado para cada imagen (Tabla 5).

**Tabla 5.** Información satelital obtenida de la Laguna de Magtayán entre los años 2016 a 2022.

Nombre de Información Satelital	Año	Mes	Día	Satélite
S2A_MSIL1C_20160123T153602_N0201_R068_T17MQT_20160123T154009.SAFE	2016	Enero	23	Sentinel 2A
S2B_MSIL1C_20171118T153609_N0206_R068_T17MQT_20171118T202829.SAFE	2017	Noviembre	18	Sentinel 2B
S2B_MSIL1C_20180107T153609_N0206_R068_T17MQT_20180107T185252.SAFE	2018	Enero	7	Sentinel 2B
S2B_MSIL1C_20190830T153619_N0208_R068_T17MQT_20190830T202456.SAFE	2019	Agosto	3	Sentinel 2B
S2B_MSIL1C_20200206T153619_N0209_R068_T17MQT_20200206T190116.SAFE	2020	Febrero	6	Sentinel 2B
S2A_MSIL1C_20210705T153621_N0301_R068_T17MQT_20210705T205715.SAFE	2021	Julio	5	Sentinel 2A
S2A_MSIL1C_20220521T153631_N0400_R068_T17MQT_20220521T205142.SAFE	2022	Junio	21	Sentinel 2A

**Fuente:** Autores, abril 2023

Según los datos obtenidos se puede diferenciar las variaciones del espejo de agua en la laguna de Magtayán durante el comprendido entre los años 2016-2022 (Tabla 6)

**Tabla 6.** Obtención de la superficie del espejo de agua de la laguna de Magtayán

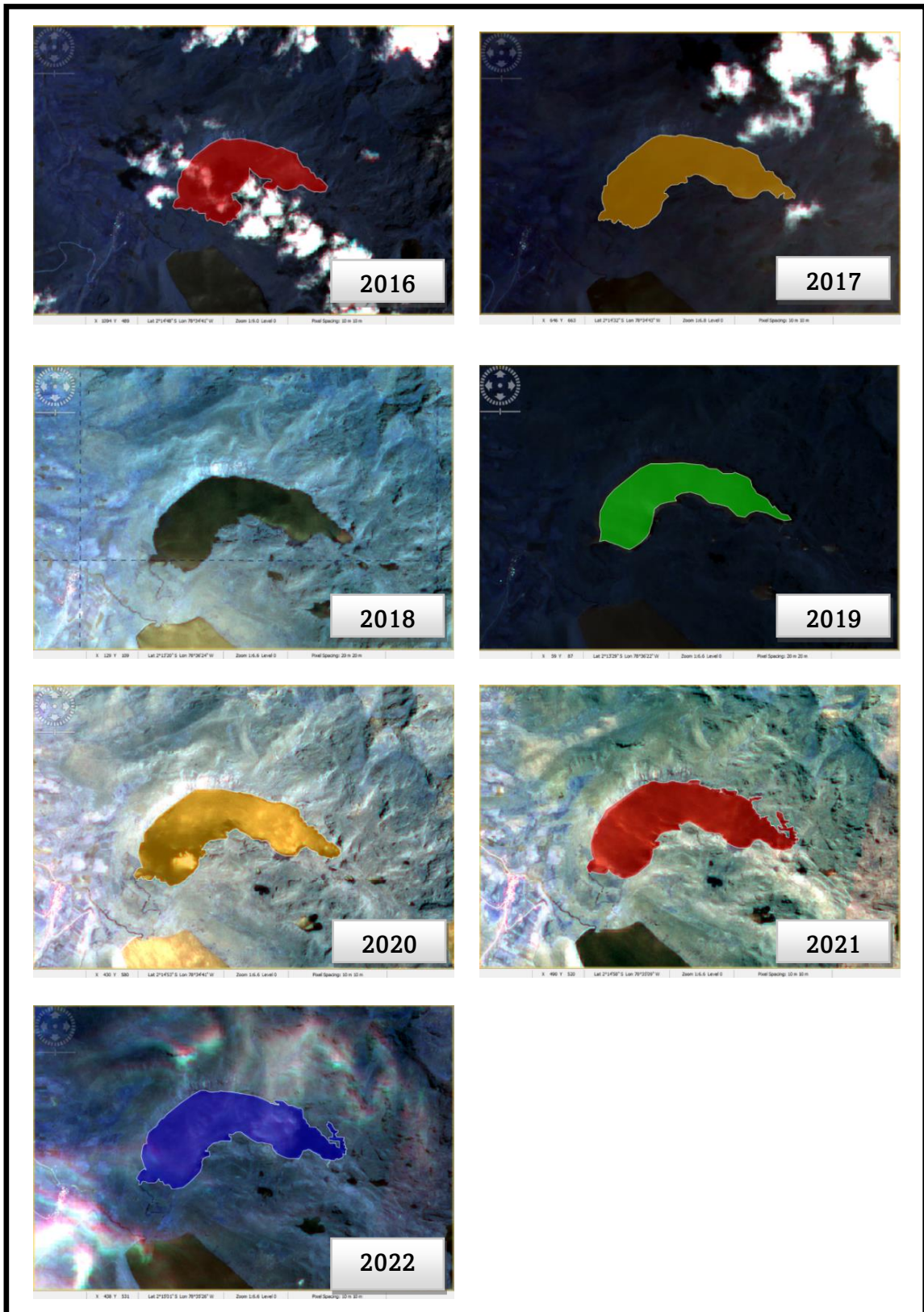
LAGUNA DE MAGTAYAN						
FECHA	PIXELES TOTALES	PIXELES AGUA	MEDIA	SUPERFICIE ESPACIAL	SUPERFICIE TOTAL m2	SUPERFICIE Km2
23/01/2016	30545	24588	0.80497626	24588	2458800	2.46
18/11/2017	22649	22643	0.99973509	22643	2264300	2.26
07/01/2018	30951	22993	0.74288391	22993	2299300	2.30
30/08/2019	25551	25400	0.99	25400	2540000	2.54
06/02/2020	24400	24342	0.99762295	24342	2434200	2.43
05/07/2021	26177	26133	0.99831914	26133	2613300	2.61
21/05/2022	25110	25078	0.99872561	25078	2507800	2.51

**Fuente:** Autores, abril 2023



Para el análisis multitemporal se ha utilizado siete imágenes de estudio con esto se generaron los respectivos análisis de componente principal siendo este la superficie del espejo de agua, los mismo que recogieron información durante estos años como podemos observar en la Figura 9

**Figura 11** Variación morfológica del espejo de agua de la laguna de Colta desde el año 2016 al 2022 con la ayuda de SNAP

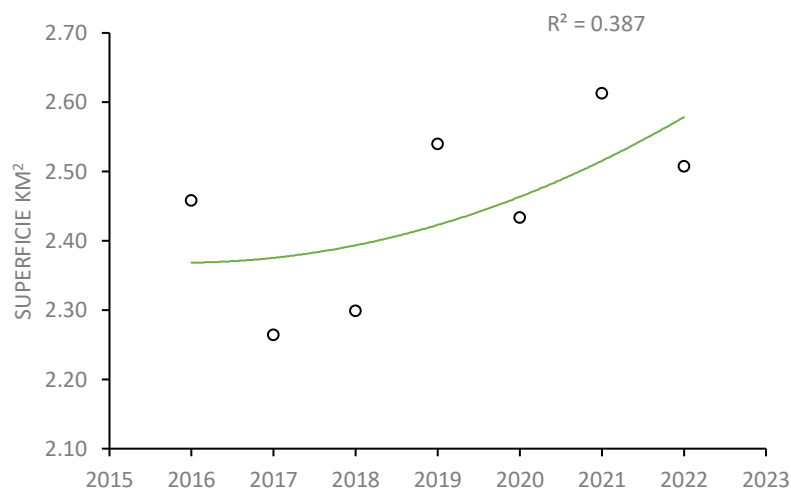


**Fuente:** Autores, abril 2023

La automatización de las imágenes satelitales dio a conocer el área del espejo de agua en cada año analizado mediante el proceso temático de agua y determinación de la superficie con métodos matemáticos de SNAP.

Con los datos obtenidos del Software SNAP podemos observar los diferentes cambios que se ha producido a lo largo de los años en ambas lagunas, debido a la toma de imágenes satelitales de forma anual y la estacionalidad de manera alternada, empezando desde la temporada lluviosa.

**Figura 12** Gráfico estadístico de la variación del espejo de agua de la laguna de Colta



**Fuente:** Autores, abril 2023

De esta manera podemos evidenciar que ha existido una dinámica particular de la masa de agua con la notable diferencia en el año 2017 con un área de 2.26 km<sup>2</sup> por la temporada seca y una notable crecida en el año 2021 con 2.61 km<sup>2</sup>, teniendo una dispersión notable con un R<sup>2</sup>=0.387.

Por otra parte, es importante acotar que para el año 2019 se observa un incremento considerable del espejo de agua, sin embargo, no se le puede atribuir un volumen almacenado y en crecimiento, debido a la información proporcionada por el INAMHI, 2019 en donde se indica una cuantiosa precipitación.

**Tabla 7.** Precipitación del cantón Alausí para el año 2019

Precipitación (mm)	Superficie (ha)	(%)
<b>400 a 600</b>	49537.95	38.44
<b>600 a 800</b>	45711.2	35.47
<b>800 a 1000</b>	32754.08	25.42
<b>1000 a 1200</b>	753.74	0.58
<b>1200 a 1400</b>	105.07	0.08
<b>Total</b>	<b>128862.03</b>	

**Fuente:** INAMHI, 2019

### Normativa vigente

Los resultados alcanzados en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo fueron expuestos a comparaciones con valores establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 97-A; que establece diferentes criterios para evaluar la calidad del agua para fines recreativos y riego agrícola dependiendo de las prácticas de las lagunas, los cuales se muestran en la tabla 7.

**Tabla 8** Laguna de Colta para fines recreativos mediante contacto secundario en época lluviosa

Parámetro	Expresado como	Unidad	PUNTOS DE MUESTREO			Criterio de Calidad
			7B1	7B2	7B3	
<b>Coliformes totales</b>	NMP	NMP/100ML	23667	20000	129000	4000
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	% de saturación	99.67	178.40	131.37	>80
<b>Potencial Hidrógeno</b>		pH	8.51	9.63	8.37	6 - 9

Nota. Rojo = No Cumple; Celeste = Cumple

**Fuente:** Autores, abril 2023

Como se observa en la tabla 7 los coliformes totales sobrepasan el criterio de calidad para fines recreativos mediante contacto secundario en época lluviosa en los 3 puntos de muestreo de la laguna de Colta. El porcentaje de oxígeno disuelto cumple conforme al acuerdo ministerial 97-

A y el potencial hidrógeno cumple con los criterios de calidad en los puntos 7B1 Y 7B3, lo que no sucede en el punto 7B2.

**Tabla 9** Laguna de Colta para fines recreativos mediante contacto secundario en época seca

Parámetro	Expresado como	Unidad	PUNTOS DE MUESTREO			Criterio de Calidad
			7B1	7B2	7B3	
<b>Coliformes totales</b>	NMP	NMP/100ML	9667	12667	58000	4000
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	% de saturación	116.80	127.67	122.13	>80
<b>Potencial Hidrógeno</b>		pH	8.71	9.08	8.40	6 - 9

Nota. Rojo = No Cumple; Celeste= Cumple

**Fuente:** Autores, abril 2023

Como se observa en la tabla 8 los coliformes totales sobrepasan el criterio de calidad para fines recreativos mediante contacto secundario en época seca en los 3 puntos de muestreo de la laguna de Colta. El porcentaje de oxígeno disuelto cumple conforme al acuerdo ministerial 97-A y el potencial hidrogeno cumple con los criterios de calidad en los puntos 7B1 Y 7B3, lo que no sucede en el punto 7B2.

**Tabla 10** Laguna de Magtayán para fines recreativos mediante contacto secundario en época lluviosa

Parámetro	Expresado como	Unidad	PUNTOS DE MUESTREO			Criterio de Calidad
			7A1	7A2	7A3	
<b>Coliformes totales</b>	NMP	NMP/100ML	1667	667	0	4000
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	% de saturación	100.50	109.43	96.60	>80
<b>Potencial Hidrógeno</b>		pH	7.40	7.27	7.38	6 - 9

Nota. Rojo = No Cumple; Celeste= Cumple

**Fuente:** Autores, abril 2023

Como podemos observar en la tabla 9 todos los criterios de calidad del acuerdo 97-A se cumplen en la laguna Magtayán para fines recreativos mediante contacto secundario de los datos obtenidos en época lluviosa.

**Tabla 11** Laguna de Magtayán para fines recreativos mediante contacto secundario en época seca

Parámetro	Expresado como	Unidad	PUNTOS DE MUESTREO			Criterio de Calidad
			7A1	7A2	7A3	
<b>Coliformes totales</b>	NMP	NMP/100ML	2333	1000	667	4000
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	% de saturación	94.70	100.90	98.10	>80
<b>Potencial Hidrógeno</b>		pH	7.63	7.38	7.52	6 - 9

Nota. Rojo = No Cumple; Celeste= Cumple

**Fuente:** Autores, abril 2023

Como podemos observar en la tabla 10 todos los criterios de calidad del acuerdo 97-A se cumplen en la laguna Magtayán para fines recreativos mediante contacto secundario de los datos obtenidos en época seca.

**Tabla 12** Laguna de Magtayán para riego agrícola en época lluviosa

Parámetro	Expresado como	unidad	PUNTOS DE MUESTREO			Criterio de calidad
			7A1	7A2	7A3	
<b>Coliformes totales</b>	NMP	NMP/100ML	0	670	0	4000
<b>Nitritos</b>	NO2	mg/L	0.011	0.013	0.013	0.5
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	% de saturación	100.5	109.43	96.6	>80
<b>Potencial Hidrógeno</b>		pH	7.4	7.27	7.38	6 - 9

Nota. Rojo = No Cumple; Celeste= Cumple

**Fuente:** Autores, abril 2023

Como podemos observar en la tabla 11 todos los criterios de calidad del acuerdo 97-A se cumplen en la laguna Magtayán para uso de riego agrícola de los datos obtenidos en época lluviosa.

**Tabla 13** Laguna de Magtayán para riego agrícola en época seca

parámetro	Expresado como	unidad	PUNTOS DE MUESTREO			criterio de calidad
			7A1	7A2	7A3	
<b>Coliformes totales</b>	NMP	NMP/100ML	0	0	0	4000
<b>Nitritos</b>	NO2	mg/L	0.003	0.003	0.004	0.5
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	% de saturación	94.7	100.9	98.1	>80
<b>Potencial Hidrógeno</b>		pH	7.63	7.38	7.52	6-9

Nota. Rojo = No Cumple; Celeste= Cumple

**Fuente:** Autores, abril 2023

Como podemos observar en la tabla 12 todos los criterios de calidad del acuerdo 97A se cumplen en la laguna Magtayán para uso de riego agrícola de los datos obtenidos en época seca.

### Índice de Calidad de Agua

Los términos establecidos en el Índice de Calidad de Agua (ICA) representan un valor máximo de 100 % por lo que a medida que este disminuye se examina su calidad es decir aumentan los niveles de contaminación como podemos observar en la tabla 13 obteniendo el valor más bajo con 62 % en la época lluviosa del punto 7B1, ubicado en la entrada de la laguna de Colta mismo que consta con un puente para el cruce peatonal de turistas, de igual manera podemos observar que en todos los puntos muestreados en época lluviosas y seca obtuvimos que la calidad del agua es “Regular” esto se debe a que en toda la laguna existe presencia de basura, vertido de aguas servidas, animales muertos, entre otros. Cabe resaltar la importancia de aplicar el Índice de calidad de agua ya que permite la evaluación y comparación de valores entre dos o más puntos de muestreo a lo largo de las lagunas en estudio, además de ser una herramienta de gestión y planificación de recurso hídricos.

**Tabla 14** Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Laguna de Colta en época lluviosa y seca.

Código de Identificación	LAGUNA DE COLTA			
	EPOCA LLUVIOSA		EPOCA SECA	
	ICA	CALIDAD DE AGUA	ICA	CALIDAD DE AGUA
<b>7B1</b>	62	REGULAR	66	REGULAR
<b>7B2</b>	65	REGULAR	63	REGULAR
<b>7B3</b>	67	REGULAR	63	REGULAR

**Fuente:** Autores, abril 2023

De igual manera para la laguna de Magtayán en la tabla 14 observamos que tenemos una “Buena” calidad de agua en los puntos 7A2 y 7A3 en época lluviosa lo mismo pasa en los puntos 7A1, 7A2 Y 7A3 en época seca, lo que no pasa con el punto 7A1 en época lluviosa que tiene una calidad de agua "Regular" con un 68% debido al fácil acceso directo a la laguna por dicha razón existe mayor contaminación.

**Tabla 15** *Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Laguna de Magtayán en época lluviosa y seca.*

<b>LAGUNA DE MAGTAYAN</b>				
<b>Código de Identificación</b>	<b>EPOCA LLUVIOSA</b>		<b>EPOCA SECA</b>	
	<b>ICA</b>	<b>Calidad de Agua</b>	<b>ICA</b>	<b>Calidad de Agua</b>
<b>7A1</b>	68	REGULAR	75	BUENA
<b>7A2</b>	72	BUENA	73	BUENA
<b>7A3</b>	73	BUENA	75	BUENA

**Fuente:** Autores, abril 2023



## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

Conforme a la revisión bibliográfica realizaba años anteriores al presente estudio, el Ministerio de Ambiente del Ecuador en 2019 explica que existen niveles altos de contaminación en varios sitios de la laguna por contaminación agrícola. Para el 2020, un informe realizado por el mismo Ministerio ha expuesto una mejora en la calidad del agua en Colta destacando un monitoreo constante.

De acuerdo con la presente investigación, se ha notado una variación de 0.97 km<sup>2</sup>, del espejo de agua desde el 2016 hasta el 2022, posiblemente por el tipo de uso de suelo en sus alrededores, como el uso agrícola, ganadero incluso el turístico. Además, la laguna de Magtayan tiene una variable mínima de 0.38 km<sup>2</sup> esto se podría entender ya que en sus alrededores el uso agrícola es menor y su turismo es controlado por encontrarse en un parque nacional.

La calidad de agua de la Laguna de Colta de acuerdo a los índices de calidad de agua ICA, se ha ubicado en una categoría “regular” con una media de 64 para ambas estaciones, en cuanto a la laguna de Magtayan, su condición se califica como “Buena” con un estimado de 73, ambos índices se han analizado con todos los parámetros indicados por el ICA.

#### Recomendaciones

Instaurar diferentes formas de monitoreo para un correcto control y seguimiento en la calidad hídrica de cada Laguna, a pesar de un plan ya establecido para el Parque Nacional Sangay por el Ministerio del Ambiente existen factores antrópicos que podrían influir en la calidad de agua.

Fomentar una gestión adecuada de los desechos sólidos como basura orgánica e inorgánica mediante la ubicación correcta de contenedores de basura en sitios estratégicos de la Laguna de Colta para minimizar el impacto ambiental sobre la calidad de su agua.

Promover la educación y la concientización ya que son fundamentales para promover prácticas sostenibles y reducir la contaminación del agua de las lagunas, es importante informar a la población sobre la importancia de proteger el agua y cómo hacerlo.

Reducir la contaminación agrícola ya que la agricultura intensiva y el uso excesivo de fertilizante contaminan los cuerpos hídricos y es primordial adoptar prácticas agrícolas sostenibles como el uso de métodos de cultivo orgánico y la rotación de cultivos.

## BIBLIOGRAFIA

- Amado-Álvarez, J., Pérez-Cutillas, P., Alatorre-Cejudo, L. C., Olgún-López, J. L., Ramírez-Valle, O., Segovia-Ortega, E. F., & Alarcón-Cabañero, J. J. (2018). Análisis multiespectral para la estimación de la turbidez como indicador de la calidad del agua en embalses del estado de Chihuahua, México. *Revista Geográfica de América Central*, 1(62), 49. <https://doi.org/10.15359/rgac.62-1.2>
- Baque-Mite, R., Simba-Ochoa, L., González-Ozorio, B., Suatunce, P., Diaz-Ocampo, E., & Cadme-Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9, 109–117.
- Beléndez Vázquez, A. (2017). *CALOR Y TEMPERATURA*.
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). 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). SCIELO.
- Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G., & Camps-Valls, G. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes sentinel-2. *Revista de Teledeteccion*, 2017(48), 55–66. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7133>
- Bravo Morales, N. F. (2017). Teledetección Espacial LANDSAT, SENTINEL-2, ASTER L1T y MODIS. *Geomática Ambiental S.R.L.*, 105. <https://sites.google.com/view/geomatica-ambiental-srl/>
- Cáceres del Salto, A., Basantes Basantes, E., Cocha Telenchana, L., & Clavijo Cevallos, M. (2019). *Evaluación de consorcio fúngicos nativos para biolixiviar los metales pesados bario, vanadio y cobre presentes en sedimentos de la laguna de Colta del Cantón Colta*. 263–268.
- Escobar, S., Albuja, A., & Andueza, F. (2021). Calidad fisicoquímica del agua de la laguna Colta. Chimborazo. Ecuador. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 11(1), 80–90. <https://doi.org/10.29166/revfig.v11i1.3135>
- Fernández-Santisteban, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para centrifugas. *ICIDCA*, 70-73

- Figuroa, F. (2016). *INCIDENCIA DE LA COMPOSICIÓN DEL MEDIO GRANULAR DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL SOBRE UN CUERPO RECEPTOR DE AGUAS TRATADAS*.
- García, M., Vera, A., Benetti, C., & Blanco, L. (2016). Identificación y Clasificación de los microhabitats de agua dulce. *Acta Zoológica Mexicana*, 1, 12–31.
- Gil Leguizamón, P. A., & Morales Puentes, M. E. (2016). Información espacial, herramientas de análisis en la transformación de las coberturas vegetales. *Ingeniería e Innovación*, 4(2). <https://doi.org/10.21897/23460466.1176>
- González-Dávila, R. P., Ventura-Houle, R., de la Garza-Requena, F. R., & Heyer-Rodríguez, L. (2019). Caracterización fisicoquímica del agua de la laguna La Vega Escondida, Tampico, Tamaulipas-México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 10(1), 01–29. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-01>
- Gualdrón Durán, L. E. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*, 1, 83–102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- Handal-Silva, A., Pérez-Castresana, G., Morán-Perales, J., & García-Suastegui, W. (2017). Historia de la contaminación hídrica del Alto Balsas. *Revista Del Desarrollo Urbano y Sustentable*, 3, 10–23. [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org),
- Jarava, R., & Planeta, I. (2017). Análisis de Alternativas para la Remoción de Cloruros presentes en las Aguas Residuales Industriales de Producción del Campo Cicuco Ecopetrol S.A. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD*, 12–178.
- Moreira-Romero, A. (2016). *Consideraciones actuales sobre ablandamiento del agua* (Vol. 2). <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/indexCienciasnaturalesComunicaciónorta>
- Pablos-Lugo, B., Jacobo-Castelo, A., Hernández, I., & Mexia, A. (2018). *Análisis de la calidad del agua en Cd. Obregón*. [www.itesca.edu.mx](http://www.itesca.edu.mx),
- Pérez, J. I., Nardini, A. G., & Galindo, A. A. (2018). Comparative analysis of water quality indices applied to the Ranchería river, La Guajira-Colombia. *información Tecnológica*, 29(3), 47–58. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300047>

- Picquart, M., & Carrasco, I. (2017). De la temperatura y su medición. En *Am. J. Phys. Educ* (Vol. 11, Issue 1). <http://www.lajpe.org>
- Rojas Ruiz, N., Muñoz Zurita, G., Sosa Jiménez, A., & Baqueiro Peña, I. (2016). *Determinación de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco, Puebla Assessment of the microbial quality of Chapulco Lagoon, Puebla.*
- Santos, J. (2020). SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xjbeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2#v=onepage&q&f=true>
- Sarmiento, V., & Morales, L. (2021). Inteligencia artificial aplicada al estudio de imágenes satelitales. *Tecnología, Investigación y Academia TIA*, 8(1), 115–121.
- Serrano, C. (2012). PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LAS LAGUNAS DE CUBILLÍN Y MÁGTAYAN DEL SISTEMA ACUSTRE OZOGOCHÉ, PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.
- Torres, J. (2016). *EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO: “MALECÓN ESCÉNICO LAGUNA DE COLTA” CANTÓN COLTA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.*
- Villena Chávez, J. A. (2018). Water quality and sustainable development. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.371>
- Zambrano-Franco, D. A., & Isaza Hinestroza, J. D. (2016). DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y NITRÓGENO TOTAL, DE LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO TRADICIONAL DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ. *Cenicafé*, 279-289.

## ANEXOS

### Registro fotográfico

**Figura 13** Recolección de muestras de agua in situ



**Figura 14** Análisis de microorganismos biológicos



**Figura 15** Análisis de nitritos, nitratos, fosfatos



## Matriz parámetros calculados de la laguna de Colta en época lluviosa y seca.

LAGUNA DE COLTA																									
EPOCA LLUVIOSA																									
Sitio	Fecha	pH	EC-probe (µS/cm)	TDS-probe (mg/L)	Turbidity-probe (NTU)	Salinity-probe (O)	Temperature °c	Temperatura ambiente °C	Diferencia de temperatura	Dissolved oxygen-probe (mg/L)	DO-Saturation-probe (%)	COD (mg/L)	BOD5	Total P	Orthophosphate-P	Ammonium-N	Nitrate-N	Nitrite-N	Coliform total	Coliform fecal	aerobios	hongos	mohos	levaduras	ICA
7B1	13/05/2022	8.62	789.00	454.00	2.51	0.505	17.40	20.00	2.60	7.06	109.60	B.R	1.55	0.08	0.26	0.52	7.8	0.006	65	7	165	0	7	0	61
7B2	13/05/2022	9.72	665.00	401.00	3.03	0.430	17.50	16.00	-1.50	6.05	94.10	B.R	1.09	0.01	0.07	0.58	0.9	0.002	46	8	200	0	3	0	64
7B3	13/05/2022	7.97	812.00	455.00	15.31	0.466	18.80	17.00	-1.80	1.88	30.10	33	0.6	B.R	0.16	0.89	2.9	0.002	250	100	450	0	2	0	64
7B1	20/05/2022	8.43	897.00	492.00	8.05	0.573	18.70	19.00	0.30	5.49	87.60	28	2.36	0.13	0.4	0.38	19.1	0.016	0	0	15	0	0	0	61
7B2	20/05/2022	9.68	820.00	428.00	1.67	0.495	21.90	20.00	-1.90	9.7	165.70	44	1.74	0.04	0.12	0.18	2.3	0.018	0	0	1360	0	4	8	67
7B3	20/05/2022	8.55	862.00	456.00	2.47	0.526	20.40	18.00	-2.40	7.18	118.90	50	2.21	0.08	0.23	0.21	0.5	0.023	125	3	58	0	0	0	68
7B1	02/06/2022	8.49	870.00	488.00	3.43	0.560	18.40	19.20	0.800	6.4	101.80	61	2.31	0.2	0.62	0.33	1.7	0.006	6	0	340	0	0	0	65
7B2	02/06/2022	9.49	877.00	435.00	3.59	0.500	22.60	22.60	0.000	15.27	275.40	50	5.18	0.14	0.44	0.22	2.1	0.007	14	0	780	0	0	0	63
7B3	02/06/2022	8.59	914.00	463.00	4.88	0.545	24.70	24.40	-0.30	13.5	245.10	36	2.96	0.05	0.16	E.R	2	0.009	12	0	480	0	0	0	69

LAGUNA DE COLTA																									
EPOCA SECA																									
Sitio	Fecha	pH	EC-probe (µS/cm)	TDS-probe (mg/L)	Turbidity-probe (NTU)	Salinity-probe (O)	Temperature °C	Temperatura ambiente °C	Diferencia de temperatura	Dissolved oxygen-probe (mg/L)	DO-Saturation-probe (%)	COD (mg/L)	BOD5	Total P	Orthophosphate-P	Ammonium-N	Nitrate-N	Nitrite-N	Coliform total	Coliform fecal	aerobios	hongos	mohos	levaduras	ICA
7B1	13/08/2021	9.00	908	539.00	2.54	0.599	16.5	15.00	-0.600	8.05	122.6	26	1.64	0.030	0.100	0.260	0.300	0.005	5	2	357	20	0	0	67
7B2	13/08/2021	9.22	849	520.00	3.83	0.577	15.1	14.00	-1.10	9.22	136	42	1.94	0.020	0.070	0.300	0.500	0.004	26	11	567	15	0	0	62
7B3	13/08/2021	8.85	866	528.00	3.43	0.589	15.3	13.00	-2.30	9.78	144.9	33	2.71	0.050	0.140	0.290	0.300	0.005	105	84	798	32	0	0	58
7B1	07/07/2022	8.69	839.00	494.00	2.53	0.545	16.60	23.00	6.40	7.37	111.90	16	2.31	0.06	0.17	0.52	B.R.	-0.011	13	0	480	0	0	0	64
7B2	07/07/2022	9.75	803.00	443.00	7.15	0.492	19.20	21.00	1.80	9.64	155.60	30	2.62	0.03	0.11	0.32	0.4	0.003	0	0	0	0	0	0	64
7B3	07/07/2022	8.61	853.00	461.00	1.46	0.531	19.50	28.00	8.50	10.53	171.50	B.R	2.38	0.07	0.21	0.22	2.5	0.004	51	0	740	0	0	0	63
7B1	14/10/2022	8.45	1033.00	517.00	3.30	0.607	17.50	17.00	-0.500	7.45	115.90	11	6.25	0.05	0.17	0.26	1.8	0.003	11	0	280	0	0	0	66
7B2	14/10/2022	8.41	1043.00	520.00	5.38	0.665	16.20	15.00	-1.200	6.03	91.40	B.R	5.88	0.05	0.15	0.36	4.2	0.002	12	0	360	0	0	0	63
7B3	14/10/2022	8.18	975.00	487.00	4.45	0.613	18.50	18.00	-0.500	3.09	50.00	33	6.34	0.06	0.17	0.31	2	0.004	18	0	620	0	0	0	67

## Matriz parámetros calculados de la laguna de Magtayán en época lluviosa y seca

LAGUNA DE MAGTAYAN																									
EPOCA LLUVIOSA																									
Sitio	Fecha	pH	EC-probe (µS/cm)	TDS-probe (mg/L)	Turbidity-probe (NTU)	Salinity-probe (O)	Temperature °c	Temperatura ambiente °C	Diferencia de temperatura	Dissolved oxygen-probe (mg/L)	DO-Saturation-probe (%)	COD (mg/L)	BOD5	Total P	Orthophosphate-P	Ammonium-N	Nitrate-N	Nitrite-N	Coliform total	Coliform fecal	aerobios	hongos	mohos	levaduras	ICA
7A1	12/05/2022	7.36	33.30	19.60	2.92	0.025	15.60	15.00	-0.600	6.33	99.90	B.R	10.3	0.11	0.29	0.39	2.2	0.002	0	0	0	0	3	0	70
7A2	12/05/2022	7.22	33.90	19.52	1.72	0.025	16.00	13.00	-3.000	7.39	117.70	B.R	10.72	0.01	0.02	0.4	0.8	0.003	0	0	7	0	2	0	71
7A3	12/05/2022	7.46	33.30	19.60	1.85	0.027	15.60	16.00	0.400	6.33	99.90	11	8.87	0.03	0.06	0.34	3	0.002	0	0	1	1	1	0	72
7A1	20/05/2022	7.49	32.00	19.99	1.29	0.026	12.90	13.00	0.100	6.72	99.50	B.R	2.04	0.12	0.37	0.06	13.6	0.024	5	0	500	0	6	0	70
7A2	20/05/2022	7.42	33.90	21.18	1.43	0.027	12.30	12.00	-0.300	6.66	97.20	2	1.11	0.11	0.34	0.08	39.2	0.031	0	0	180	0	0	0	70
7A3	20/05/2022	7.28	32.50	20.12	1.68	0.025	12.00	11.00	-1.000	6.11	88.50	15	1.2	0.06	0.18	0.02	22.5	0.031	0	0	280	0	0	0	72
7A1	02/06/2022	7.36	32.30	19.45	2.08	0.036	13.10	11.30	-1.800	6.83	102.10	6	3.99	0.05	0.17	0.05	4.3	0.006	0	0	200	0	0	0	64
7A2	02/06/2022	7.16	44.70	27.30	1.41	0.033	14.70	15.70	1.000	7.33	113.40	5	1.63	0.02	0.05	0.06	3.5	0.005	2	2	160	0	0	0	76
7A3	02/06/2022	7.40	32.60	19.97	1.19	0.029	13.80	14.80	1.000	6.66	101.40	13	1.7	0.01	0.05	-0.01	3.4	0.005	0	0	12	0	0	0	76

LAGUNA DE MAGTAYAN																									
EPOCA SECA																									
Sitio	Fecha	pH	EC-probe (µS/cm)	TDS-probe (mg/L)	Turbidity-probe (NTU)	Salinity-probe (O)	Temperature °C	Temperatura ambiente °C	Diferencia de temperatura	Dissolved oxygen-probe (mg/L)	DO-Saturation-probe (%)	COD (mg/L)	BOD5	Total P	Orthophosphate-P	Ammonium-N	Nitrate-N	Nitrite-N	Coliform total	Coliform fecal	aerobios	hongos	mohos	levaduras	ICA
7A1	13/08/2021	7.06	29.3	18.95	1.6	0.025	10.8	10.00	-0.80	6.94	97.6	0	0.98	0.12	0.370	0.020	0.400	0.005	0	0	2	6	0	0	76
7A2	13/08/2021	7.26	31.7	20.55	0.53	0.025	10.7	10.00	-0.70	6.48	94	5	1.15	0.13	0.390	0.000	0.700	0.004	1	0	5	0	0	0	76
7A3	13/08/2021	7.02	29.4	19.15	0.43	0.022	10.5	11.00	0.50	6.87	96.7	0	1.35	0.03	0.110	0.240	0.400	0.004	1	0	5	10	0	0	78
7A1	07/07/2022	7.43	29.30	19.15	1.37	0.023	10.30	13.00	2.700	6.36	88.80	B.R	1.85	0.02	0.05	0.06	2.5	0.002	0	0	33	1	0	1	76
7A2	07/07/2022	7.41	30.20	19.45	1.20	0.024	11.70	19.00	7.300	6.41	92.50	B.R	1.92	0.06	0.17	0.00	1.4	0.004	0	0	160	0	0	1	73
7A3	07/07/2022	7.41	29.30	18.88	1.26	0.023	11.60	21.00	9.400	6.38	91.90	B.R	1.9	0.02	0.05	0.01	2	0.006	1	0	25	0	0	0	71
7A1	22/09/2022	7.83	40.30	18.36	1.61	0.025	12.60	17.00	4.400	6.55	97.70	B.R	2.49	0.01	0.02	0.15	1.1	0.002	7	0	120	0	0	0	72
7A2	22/09/2022	7.35	42.00	20.16	1.55	0.027	17.60	15.00	-2.600	7.24	116.20	8	5.87	0.01	0.04	0.17	0.7	0.001	2	0	160	0	0	0	73
7A3	22/09/2022	7.63	39.50	18.62	1.39	0.025	13.80	13.00	-0.800	6.91	105.70	B.R	3.92	0.02	0.06	0.2	1.1	0.001	0	0	160	0	0	0	75