



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

# **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR NUTRIENTES (NPI) EN EL HUMEDAL DE LA MICROCUCENCA DEL RÍO ATILLO, DEL PARQUE NACIONAL SANGAY”.**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

## **AUTORES:**

**YAHIR JARED ACOSTA LEÓN**

**ROBINSON JOSÉ GOROZABEL PALMA**

**DIRECTOR: ING. ANDRÉS AGUSTIN BELTRÁN DÁVALOS MSc.**

Riobamba – Ecuador

2021

**©2021, Yahir Jared Acosta León; & Robinson José Gorozabel Palma**

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

Nosotros, Yahir Jared Acosta León y Robinson José Gorozabel Palma., declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 21 junio de 2021



---

**Yahir Jared Acosta León**

**C.I. 2000116042**



---

**Robinson José Gorozabel Palma**

**C.I. 2350599292**

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR NUTRIENTES (NPI) EN EL HUMEDAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATILLO, DEL PARQUE NACIONAL SANGAY**”, realizado por los señores: **YAHIR JARED ACOSTA LEÓN** y **ROBINSON JOSÉ GOROZABEL PALMA** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Sofía Carolina Godoy Ponce <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> <b>SOFIA CAROLINA GODOY PONCE</b>	2021-06-21
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION</b>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> <b>ANDRES AGUSTIN BELTRAN DAVALOS</b>	2021-06-21
Ing. Juan Carlos González García <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> <b>JUAN CARLOS GONZALEZ GARCIA</b>	2021-06-21

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Raúl Acosta Correa y Nivia León Ortega por darme un apoyo y amor incondicional, por ser mi guía durante esta etapa de mi vida, por motivarme a no desistir de mis metas y por todos los sacrificios que hicieron para que me forme como persona y como profesional. De igual forma se lo dedico a mi hermana Génesis Acosta León que de una u otra forma me ha acompañado durante este proceso y me ha alentado a seguir siempre hacia adelante por medio de su ejemplo.

*Yahir.*

Este trabajo de titulación se lo dedico principalmente a Dios que me ha guiado durante mi carrera estudiantil y me ha dado fuerzas para seguir adelante día tras día. De igual manera va dedicado a mis padres quienes de manera constante, no solo me han apoyado durante la vida universitaria, sino que me han brindado su amor incondicional día tras día y han depositado su confianza en mí, gracias a esto y mucho más he podido llegar hasta donde hoy me encuentro. También se lo dedico a mis hermanos, ya que mis logros son sus logros, además que han sido un ejemplo para mí y son ellos quienes me alientan e inspiran para seguir adelante.

*Robinson.*

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos salud y ser la base de nuestra fortaleza, por nunca dejarnos perder la esperanza mientras lográbamos alcanzar nuestra meta.

Agradecemos a nuestros padres por los sacrificios realizados para que pudiéramos llegar a esta etapa de nuestras vidas, por el apoyo incondicional que nos brindaron durante todo este camino, por la guía moral que nos inculcaron desde nuestras casas para no desviarnos de nuestras metas, por siempre estar pendientes de nosotros y ser nuestro ejemplo de constancia y superación.

Agradecemos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al grupo de docentes que nos inculcaron sus conocimientos para formarnos como profesionales con principios éticos y morales.

Agradecemos al Ing. Andrés Beltrán por brindarnos su apoyo y su tiempo, así como sus conocimientos para poder culminar este trabajo de titulación.

Finalmente, agradecemos al Ing. Freddy Armijos y a la Dra. Gina Álvarez por su guía durante el desarrollo de este trabajo en sus fases de campo y laboratorio.

*Yahir Acosta*

*Robinson Gorozabel*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xviii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>3</b>

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	<b>4</b>
1.1. Antecedentes .....	4
1.2. Bases Teóricas Generales.....	6
1.2.1. Los humedales como ecosistemas acumuladores de carbono orgánico. ....	6
1.2.2. Salud de los lagos y procesos de eutrofización. ....	6
1.2.3. La incidencia de nutrientes en el crecimiento y desarrollo de clorofila-a (Chl-a) y vegetación emergente.....	6
1.2.4. El ciclo del nitrógeno en sistemas lacustres. ....	7
1.2.5. El ciclo del fosforo en sistemas lacustres.....	7
1.2.6. Índice de Contaminación por nutrientes.....	8
1.3. Bases conceptuales.....	8
1.3.1. Sistema lacustre.....	8
1.3.2. Eutrofización .....	9
1.3.3. Eutrofización en sistemas lacustres.....	10
1.3.4. Estado trófico .....	10
1.3.5. Causas de Eutrofización .....	10
1.3.6. Proceso de eutrofización .....	11
1.3.7. Problemas asociados a la eutrofización.....	12
1.3.8. Parámetros físicos a determinarse .....	12
1.3.8.1. pH.....	12
1.3.8.2. Conductividad eléctrica.....	13

1.3.8.3.	Turbidez.....	13
1.3.9.	Nutrientes .....	13
1.3.9.1.	Nitrógeno total.....	14
1.3.9.2.	Nitritos.....	14
1.3.9.3.	Nitratos.....	14
1.3.9.4.	Amonio.....	15
1.3.9.5.	Fósforo total .....	15
1.3.9.6.	Ortofosfatos.....	15
1.3.10.	Clorofila “a” .....	16
1.3.11.	Índice de Contaminación por Nutrientes.....	16
1.3.12.	Valor de NPI deseable.....	16
1.2.13.	Curvas de calidad de variables .....	17
1.4.	Base Legal.....	19

## **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>20</b>
2.1.	Descripción de los puntos de muestreo .....	20
2.2.	Muestreo.....	20
2.3.	Tipo de Investigación.....	20
2.4.	Diseño de la Investigación .....	21
2.4.1.	Población de estudio .....	21
2.4.2.	Tamaño de la muestra .....	21
2.4.3.	Técnica de recolección de datos.....	21
2.4.4.	Materiales, equipos y reactivos empleados .....	22
2.4.5.	Métodos utilizados para la medición de nutrientes y clorofila.....	23
2.4.6.	Análisis Estadístico .....	23
2.5.	Toma de la muestra .....	23
2.6.	Almacenamiento y transporte .....	24
2.7.	Tratamiento de la muestra.....	25



2.8.	Análisis de parámetros “in situ”.....	25
2.9.	Análisis de las muestras en laboratorio.....	26
2.9.1.	Nitrógeno.....	26
2.9.2.	Amonio.....	27
2.9.3.	Nitritos.....	27
2.9.4.	Nitratos.....	28
2.9.5.	Fósforo total.....	28
2.9.6.	Ortofosfatos.....	29
2.9.7.	Clorofila - a.....	29

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
3.1.	Localización del Estudio.....	31
3.2.	Descripción de los puntos de muestreo.....	31
3.3.	Análisis e interpretación de resultados.....	32
3.3.1.	Parámetros físicos.....	32
3.3.2.	Nutrientes.....	40
3.3.3.	Clorofila-a.....	48
3.3.4.	Análisis estadístico.....	52
3.3.4.1.	Variabilidad espacio-temporal de nitritos.....	52
3.3.4.2.	Variabilidad espacio-temporal de nitratos.....	54
3.3.4.3.	Variabilidad espacio-temporal de nitrógeno total.....	55
3.3.4.4.	Variabilidad espacio-temporal de amonio.....	56
3.3.4.5.	Variabilidad espacio-temporal de fósforo total.....	57
3.3.4.6.	Variabilidad espacio-temporal de ortofosfatos.....	57
3.3.4.7.	Variabilidad espacio-temporal de Clorofila – a.....	59
3.3.5.	Correlaciones.....	60
3.3.5.1.	Interpretación de las correlaciones.....	61
3.3.6.	Índice de Contaminación por Nutrientes (NPI).....	63

<b>CONCLUSIONES</b> .....	66
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	68
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Valor objetivo del Índice de Contaminación por Nutrientes sugerido para la estrategia AMOEBA .....	16
Tabla 1-2: Materiales, equipos y reactivos empleados .....	22
Tabla 2-2: Métodos utilizados para la medición de nutrientes y clorofila-a .....	23
Tabla 1-3: Codificación de los puntos de muestreo y sus coordenadas. ....	31
Tabla 2-3: Absorbancias correspondientes al mes de noviembre. ....	48
Tabla 3-3: Absorbancias correspondientes al mes de diciembre. ....	49
Tabla 4-3: Absorbancias correspondientes al mes de enero. ....	50
Tabla 5-3: Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de nitritos .....	52
Tabla 6-3: Resultados de prueba post hoc de nitritos.....	53
Tabla 7-3: Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de nitratos.....	54
Tabla 8-3: Resultados de prueba post hoc de nitratos .....	54
Tabla 9-3: Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de nitrógeno total .....	55
Tabla 10-3: Resultados de prueba post hoc de nitrógeno total .....	55
Tabla 11-3: Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de amonio.....	56
Tabla 12-3: Resultados de prueba post hoc de amonio .....	56
Tabla 13-3: Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de fósforo total .....	57
Tabla 14-3: Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de ortofosfatos .....	57
Tabla 15-3: Resultados de prueba post hoc de ortofosfatos.....	58
Tabla 16-3: Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de clorofila-a.....	59
Tabla 17-3: Resultados de prueba post hoc de clorofila-a .....	59
Tabla 18-3. Matriz de correlaciones entre los nutrientes analizados en la zona lacustre .....	60
Tabla 19-3. Matriz de correlaciones entre los nutrientes analizados en la zona palustre.....	60
Tabla 20-3. Matriz de correlaciones entre los nutrientes analizados en la zona fluvial.....	61
Tabla 21-3. Interpretación del valor del coeficiente de correlación.....	61
Tabla 22-3. Correlaciones entre clorofila-a y los nutrientes analizados en la zona lacustre.....	61
Tabla 23-3. Correlaciones entre clorofila-a y los nutrientes analizados en la zona palustre.....	62

Tabla 24-3. Correlaciones entre clorofila-a y los nutrientes analizados en la zona fluvial.....	62
Tabla 25-3: Resultados de Índice de Contaminación por nutrientes.....	63
Tabla 26-3: Resultados globales de Índice de Contaminación por nutrientes .....	64

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. Resultados de conductividad eléctrica en humedal lacustre .....	33
Gráfico 2-3. Resultados de conductividad eléctrica en humedal fluvial .....	33
Gráfico 3-3. Resultados de conductividad eléctrica en humedal palustre .....	33
Gráfico 4-3. Resultados de pH en humedal lacustre .....	34
Gráfico 5-3. Resultados de pH en humedal fluvial .....	34
Gráfico 6-3. Resultados de pH en humedal palustre .....	35
Gráfico 7-3. Resultados de temperatura en humedal lacustre .....	35
Gráfico 8-3. Resultados de temperatura en humedal fluvial .....	36
Gráfico 9-3. Resultados de temperatura en humedal palustre .....	36
Gráfico 10-3. Resultados de oxígeno disuelto en humedal lacustre .....	37
Gráfico 11-3. Resultados de oxígeno disuelto en humedal fluvial .....	37
Gráfico 12-3. Resultados de oxígeno disuelto en humedal palustre .....	38
Gráfico 13-3. Resultados de turbidez en humedal lacustre .....	38
Gráfico 14-3. Resultados de turbidez en humedal fluvial .....	39
Gráfico 15-3. Resultados de turbidez en humedal palustre .....	39
Gráfico 16-3. Resultados de nitratos en humedal lacustre .....	40
Gráfico 17-3. Resultados de nitratos en humedal fluvial .....	40
Gráfico 18-3. Resultados de nitratos en humedal palustre .....	41
Gráfico 19-3. Resultados de nitritos en humedal lacustre .....	41
Gráfico 20-3. Resultados de nitritos en humedal fluvial .....	42
Gráfico 21-3. Resultados de nitritos en humedal palustre .....	42
Gráfico 22-3. Resultados de amonio en humedal lacustre .....	43
Gráfico 23-3. Resultados de amonio en humedal fluvial .....	43
Gráfico 24-3. Resultados de amonio en humedal palustre .....	43
Gráfico 25-3. Resultados de nitrógeno total en humedal lacustre .....	44
Gráfico 26-3. Resultados de nitrógeno total en humedal fluvial .....	44
Gráfico 27-3. Resultados de nitrógeno total en humedal palustre .....	45

Gráfico 28-3. Resultados de fósforo total en humedal lacustre .....	45
Gráfico 29-3. Resultados de fósforo total en humedal fluvial .....	46
Gráfico 30-3. Resultados de fósforo total en humedal palustre .....	46
Gráfico 31-3. Resultados de ortofosfatos en humedal lacustre .....	47
Gráfico 32-3. Resultados de ortofosfatos en humedal fluvial .....	47
Gráfico 33-3. Resultados de ortofosfatos en humedal palustre .....	48
Gráfico 34-3. Resultados de clorofila-a en humedal lacustre .....	51
Gráfico 35-3. Resultados de clorofila-a en humedal fluvial .....	51
Gráfico 36-3. Resultados de clorofila-a en humedal palustre .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Eutrofización: causas, efectos y medidas de control .....	11
Figura 2-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-Amonio.....	17
Figura 3-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-Nitrógeno Total .....	17
Figura 4-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-Clorofila-a .....	17
Figura 5-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-Nitritos más nitratos .....	17
Figura 6-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-Ortofosfatos.....	18
Figura 7-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-Fósforo total .....	18
Figura 8-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-pH.....	18
Figura 9-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-Turbidez .....	18
Figura 10-1. Curva de calidad AMOEBA NPI-Conductividad .....	18
Figura 1-3. Ubicación de los puntos de muestreo .....	32

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-2: Toma de la muestra.....	24
Fotografía 2-2: Tratamiento de la muestra.....	25
Fotografía 3-2: Análisis de parámetros “in situ”.....	25
Fotografía 4-2: Análisis de las muestras en laboratorio.....	30



## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo A:** Fotografías de las Lagunas de Atillo y Kuyuk

**Anexo B:** Instrumento de recolección de datos

**Anexo C:** Autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica  
No. 822 (MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA)

## RESUMEN

Por medio del presente estudio se determinó el Índice de Contaminación por Nutrientes en el humedal de la microcuenca del río Atillo del Parque Nacional Sangay, para lo cual se analizó la concentración de nitrógeno total, ortofosfatos, nitritos y nitratos, fósforo total, amonio, pH, conductividad eléctrica, turbidez y clorofila-a en las muestras de agua de poro obtenidas durante el periodo noviembre 2020 - enero de 2021. Se estableció 15 puntos de monitoreo de los cuales se tomaron 20 muestras mensuales de agua de poro, distribuidas en 3 zonas de estudio (lacustre, palustre y fluvial). El análisis de los nutrientes y la clorofila-a se lo realizó en laboratorio por medio de la utilización de las metodologías establecidas en Standard Methods. Se estableció la variabilidad espacio-temporal existente entre las zonas de estudio mediante el uso del software SPSS 24, determinándose que no existen variabilidades significativas entre los resultados obtenidos durante los 3 meses estudios, sin embargo, existen variabilidades significativas entre las zonas estudiadas. El valor del Índice de Contaminación por Nutrientes se lo obtuvo a partir de las curvas de calidad individuales para cada variable establecidas por De Zwart y Trivedi en 1995, los resultados globales fueron de 39,65 en la zona lacustre, 68,32 en la zona fluvial y de 32,17 en la zona palustre. Concluyendo que las 3 zonas de estudio poseen un valor del índice por debajo del valor deseable (70) en el cual se logra la protección y sustentabilidad del ecosistema, por lo que se recomienda fortalecer la protección y preservación de los humedales que conforman la microcuenca del río Atillo, por medio de un plan de prevención y mitigación con la finalidad de conservar la calidad recurso hídrico.

**Palabras clave:** <BIOTECNOLOGÍA>, <ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR NUTRIENTES>, <NUTRIENTES>, <CLOROFILA-A>, <HUMEDAL>, <VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL >, <SISTEMA LACUSTRE>

LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, h=RIOBAMBA,  
serialNumber=1652756874,  
cn=LUIS ALBERTO  
CAMINOS VARGAS  
Fecha: 2021.04.29 16:30:30  
-05'00'



1083-DBRA-UTP-2021

## **SUMMARY**

The purpose of the research was to determine the Nutrient Contamination Index in the wetland of Atillo River micro-basin belonging to Sangay National Park; thus, it was necessary to analyze the total nitrogen concentration, orthophosphates, nitrites and nitrates, total phosphorus, ammonium, pH, electrical conductivity, turbidity and chlorophyll-a in the pore water samples obtained from November 2020 to January 2021. 15 monitoring points were established from which 20 monthly pore water samples were taken and distributed in 3 study areas (lake, marsh and river). The analysis of the nutrients and chlorophyll-a was carried out in the laboratory with the use of methodologies established in Standard Methods. The existing spatio-temporal variability between the study areas was also established by using SPSS 24 software and it was possible to determine that there are no significant variabilities between the results obtained during the 3-month study carried out; however, there are significant variabilities between the studied areas. The value of the Nutrient Contamination Index was obtained from the individual quality curves for each variable established by De Zwart and Trivedi in 1995, the global results were: 39.65 in the lake area, 68.32 in the river area and 32.17 in the marsh area. It is concluded that the 3 studied areas have an index value of (70), which is under the desirable value and reflects that both, protection and sustainability of the ecosystem are achieved, so it is recommended to strengthen the protection and preservation of the wetlands which are part of Atillo River micro-basin, through a prevention and mitigation plan in order to conserve the quality of the water resource.

**Keywords:** <BIOTECHNOLOGY>, <NUTRIENT CONTAMINATION INDEX>, <NUTRIENTS>, <CHLOROPHYLL-A>, <WETLAND>, <TIME SPACE VARIABILITY>, <LAKE SYSTEM>

## INTRODUCCIÓN

### Planteamiento del problema

La contaminación por nutrientes conforma una problemática medioambiental de gran importancia, esta consiste en el enriquecimiento de componentes que limitan el crecimiento de organismos fotosintéticos como resultado de la presencia excesiva de nitrógeno y fósforo, los cuales pueden producirse de forma natural, sin embargo, su origen también puede estar asociado a fuentes antropogénicas (Delgado, Fresneda y Villaruel, 2019, p.2).

El fósforo es uno de los principales factores limitantes, ya que el exceso del mismo es utilizado por las algas, provocando que las poblaciones de esta especie crezcan de forma excesiva llegando a suprimir la presencia de oxígeno, lo que provoca la generación de impactos ecológicos e inclusive económicos (Espinell, 2018, p.11).

La autodepuración comprende un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que poseen la mayoría de las aguas superficiales, esta capacidad les permite regenerarse por sí solas, ya que permite que el agua se encuentre en contacto con el oxígeno atmosférico, diluyendo así la concentración de los contaminantes. Sin embargo, cuando se habla de lagos o lagunas, el proceso de autodepuración es diferente, ya que no existe una circulación interna del agua siendo gravemente afectados por las escorrentías superficiales (Quintana, 2017, p.18).

El crecimiento acelerado de la frontera agrícola, que por generar productividad en los terrenos palustres y fluviales usan desmesuradamente enmiendas con altos contenidos de nitrógeno y fósforo, así como, las concentraciones excesivas de nitritos, nitratos y fosfatos derivados de las actividades agropecuarias desarrolladas en la frontera del Parque Nacional Sangay provocan un enriquecimiento del sistema hídrico, ocasionando un crecimiento acelerado de la flora emergente, lo que se relaciona con la disminución del oxígeno disuelto, así como la reducción evidente del espejo de agua del sistema lacustre Atillo. (Gutiérrez, Gutiérrez, y Ortiz, 2015, p.203)

## **Formulación del problema**

### **Planteamiento General**

- ¿Cuál es el estado actual de la calidad del agua del humedal de la microcuenca del río Atillo?

### **Planteamientos Específicos.**

- ¿Cuál es la concentración de los nutrientes presentes en el humedal de la microcuenca del río Atillo?
- ¿En qué medida las actividades realizadas en las zonas palustres y fluviales influyen en la calidad del agua del humedal de la microcuenca del río Atillo?

### **Justificación**

Los problemas generados por la contaminación por nutrientes conforman una de las complicaciones más graves relacionadas a la calidad del agua, y siendo la laguna de Atillo uno de los lugares naturales que sostienen un ecosistema capaz de mantener especies de flora y fauna endémicos, generando así la importancia de conocer la información sobre la calidad de este cuerpo hídrico, misma información que permitirá desarrollar planes de manejo de esta zona para mantenerla en condiciones óptimas para el desarrollo de la vida, además de fomentar las actividades turísticas (Delgado et al., 2019, p.6). Por tal razón es importante determinar las condiciones ambientales actualizadas del sistema lacustre de Atillo, la información proveniente de este estudio permitirá realizar importantes aportes al plan de manejo ambiental del Parque Nacional Sangay, así como, al establecimiento de políticas públicas para la conservación y protección del ecosistema y al establecimiento de zonas de amortiguamiento del sistema lacustre Atillo que asegurará la delimitación entre la zona productiva del sector aledaño al parque, además de que ayudará a registrar un precedente para posteriores trabajos de investigación (Zaccagnini et al., 2014).

La determinación del índice de contaminación por nutrientes (NPI) en el sistema lacustre de Atillo, fomentará futuras investigaciones en demás sistemas lacustres alto andinos y, con ello el fortalecimiento de sistematizaciones para el mejoramiento de planes de manejo y control de tan importante atractivo del Ecuador. Además de establecer políticas para el manejo sustentable del suelo.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo General**

Determinar el índice de contaminación por nutrientes (NPI) en el humedal de la microcuenca del río Atillo, del Parque Nacional Sangay.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar las concentraciones de nutrientes (nitritos, nitratos, nitrógeno total, amonio, fósforo total, ortofosfatos) en el humedal lacustre, palustre y fluvial.
- Establecer la variabilidad espacio temporal de la concentración de nutrientes en las secciones lacustre, palustre y fluvial.
- Estimar la relación entre los nutrientes con la clorofila-a en los humedales lacustre, palustre y fluvial.
- Valorar el índice de contaminación por nutrientes del humedal de la microcuenca del río Atillo.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

Los humedales son de gran importancia para la sustentabilidad de la vida humana ya que brindan servicios como el transporte, la producción de materia prima extensiva utilizada por el ser humano, el reciclaje de nutrientes gracias al ciclo del agua y el secuestro de carbono por el suelo, el uso de energía hidroeléctrica, recursos genéticos que ayudan al desarrollo de la comunidad científica a nivel mundial. Respecto a la naturaleza y prevención de desastres, contribuye a la protección de las zonas costeras, evitándolas de desastres naturales que afectan a cientos de ciudades y el primer y más importante beneficio es el suministro de agua dulce. La categorización de los humedales es muy variada, todos tienen sus ventajas y dinámicas variadas dentro de los más comunes tenemos ecosistemas de agua dulce inundados permanente o estacionalmente conformados por lagos y ríos hasta pantanos, por otro lado, existen áreas costeras y marinas como esteros, manglares y arrecifes.(Secretaría de la Convención de Ramsar, 2018)

Globalmente, los procesos de eutrofización de los humedales debido al incremento exhaustivo de la carga de nutrientes representan el principal problema en cuanto al recurso agua afectando la calidad de cuerpos y masas dulces de la misma en toda la Tierra. En el país norteamericano cantidad de lagos entre los más destacados el Erie un gigante del continente mantiene en aumento las fuentes difusas procedentes de la agricultura provocando así su eutrofización. Por otro lado, en el continente europeo, este problema ambiental afecta cerca de la tercera parte de los países pertenecientes a RAMSAR, especialmente a causa de fuentes de contaminación difusas. Los problemas ambientales de alta importancia es de conocimiento que en unos años aumenten y este no es la excepción por lo que se, se estima que para el 2050 una quinta parte de la población mundial estará expuesta a los riesgos de la eutrofización y una tercera parte estará expuesta al agua con exceso de nitrógeno y fósforo.(Secretaría de la Convención de Ramsar, 2018)

La escasez de investigaciones desarrollados en el ámbito limnológico en el Ecuador y el poco conocimiento sobre los sistemas acuáticos hacen referencia al impacto de las actividades humanas sobre la productividad en algunos de ellos, además, de los pocos que se tienen están más relacionados con taxonomía y caracterización de las zonas de estudio , así como se encuentran otros con el fitoplancton y sobre el valor bioindicador de las macrófitas en los lagos de montaña.(Casallas y Gunkel, 2001, p.216)

El Ecuador por ser un país dedicado en gran parte a la agricultura y ganadería, actividades que requieren de insumos entre los cuales productos con alto contenido de nutrientes los cuales terminan depositándose en el suelo afectando directamente a este medio y que con la lluvias se forman escorrentías superficiales que en zonas cercanas a lagos y lagunas, se concentran en estos causando el crecimiento exuberante de plantas acuáticas, que se desenvuelven mejor con la presencia de nutrientes y materia orgánica. Por otro lado, la cercanía de las masas de agua con centros poblados determina el grado de productividad biológica vegetativa, siendo la Laguna de Colta y la Laguna de San Antonio un claro ejemplo de eutrofización. (Quintana, 2017, p.18)

Existe una disminución paulatina del nivel limnimétrico del humedal de la microcuenca del río Atillo (Delgado, et al., 2019, p.6). La disminución del nivel limnimétrico se encuentra ligada a los efectos producidos por el cambio climático, la eutrofización, las actividades agropecuarias y agrícolas que se dan en las circundantes, el aprovechamiento del agua en sus diferentes tipos de uso, así como las actividades turísticas de la zona. (Espinel, 2018, p.11)

Las actividades que involucran la utilización excesiva de enmiendas orgánicas en actividades de agricultura, y la generación desmesurada de concentraciones excesivas de nitritos, nitratos y fosfatos derivados de las actividades agropecuarias desarrolladas en la frontera del Parque Nacional Sangay han generado un enriquecimiento del sistema hídrico acompañado del crecimiento acelerado de la flora emergente, ocasionando una disminución del espejo de agua del humedal de Atillo. (Gutiérrez et al., 2015, p.203)

La Convención sobre los Humedales RAMSAR es un compromiso mundial en el que se establecen una serie estatutos aceptados por sus países miembros con el fin de preservar las propiedades ecológicas de sus Humedales alta importancia y planificar la sostenibilidad situados en sus territorios. La firma de acuerdo del Ecuador con este convenio empieza en 1991 con el objeto de encaminar esfuerzos de conservación y uso adecuado de los humedales. Actualmente, se busca calificar varios sitios a la convención, sin embargo, el país cuenta con 13 sitios RAMSAR, comprendiendo un total de 201,126 hectáreas; en otras palabras menos del 1 % del territorio ecuatoriano. Al incluirse un país a este acuerdo Ramsar adquiere de forma obligatoria



una serie de compromisos y objetivos encaminados a la conservación. (Astudillo, López y Rodas, 2010, p.15)

## **1.2. Bases Teóricas Generales**

### ***1.2.1. Los humedales como ecosistemas acumuladores de carbono orgánico.***

La acumulación de carbono orgánico en los humedales es considerada como uno de los servicios ambientales de mayor importancia que provee este sistema. La fijación neta de carbono de un humedal depende de los productores primarios y del tipo de suelo de los humedales (Marín, Hernández, Silva y Moreno, 2016, p.62). La actividad de los productos primarios se ve afectada por las condiciones del ambiente y la accesibilidad a nutrientes. El tipo de suelo juega un papel de gran importancia debido a que en este medio se encuentra la mayor reserva de carbono. (Suárez, Acurio, Chimbolema y Aguirre, 2016, p.23)

### ***1.2.2. Salud de los lagos y procesos de eutrofización.***

El enriquecimiento de nutrientes provoca el crecimiento acelerado de fitoplancton y la reducción paulatina de la cantidad de oxígeno disuelto debido a que el fitoplancton está compuesto por organismos fotosintético que saturan el oxígeno en la superficie del cuerpo hídrico. Una vez que el fitoplancton muere se deposita en el fondo del cuerpo hídrico generando detritos, los cuales atraen organismos descomponedores y, debido a su crecimiento acelerado, requieren una demanda elevada de oxígeno disuelto (Espinel, 2018, p.10). Finalmente, como producto del desabastecimiento de oxígeno disuelto, se genera la sofocación y posterior muerte por asfixia de los organismos vivos superiores (flora y fauna) presentes en el cuerpo hídrico. (Romero, 2020, p.12) De esta forma, el proceso de eutrofización afecta a la salud y calidad de las aguas, ya que al consumirse el oxígeno se intensifica el desarrollo de la podredumbre, generando así el deterioro del cuerpo hídrico.

### ***1.2.3. La incidencia de nutrientes en el crecimiento y desarrollo de clorofila-a (Chl-a) y vegetación emergente.***

La clorofila-a se encuentra en los organismos fotosintéticos, las especies vegetales que conforman este grupo son; fitoplancton, algas y plantas superiores. Estos organismos son capaces de aprovechar la energía proveniente del sol y utilizarla como energía química por medio de la utilización de compuestos orgánicos generados durante la fotosíntesis. (Flores et al, 2018, p.42)

El crecimiento y desarrollo de la vegetación está influenciada por la concentración de nutrientes en un cuerpo hídrico, en donde, el incremento de la concentración de nutrientes a niveles equilibrados, facilita el crecimiento y desarrollo de la vegetación fotosintética en un lago, favoreciendo a su vez el crecimiento de la vegetación emergente debido a la producción de oxígeno disuelto. (Baylón et al, 2018, p.120)

#### ***1.2.4. El ciclo del nitrógeno en sistemas lacustres.***

El nitrógeno forma parte de las biomoléculas que conforman a los seres vivos. El estado gaseoso del nitrógeno ( $N_2$ ) comprende la forma más abundante en la que se encuentra, siendo escaso en suelos o sedimentos de sistemas lacustres (López y Troccoli, 2017, p.2). La presencia de nitrógeno en un cuerpo hídrico se debe principalmente a fijación de nitrógeno atmosférico y su transformación a nitrógeno orgánico por parte de bacterias simbióticas, este nitrógeno es absorbido por las plantas, conformando parte de la cadena trófica. Los compuestos nitrógenos provenientes de organismos muertos o de sus desechos, son transformados a amoníaco y posteriormente a nitritos y nitratos, los cuales pueden ser arrastrados a los cuerpos hídricos. Finalmente, las bacterias desnitrificantes reducen los nitratos a nitrógeno gaseoso (Cuenca, 2017, p.22). El nitrógeno también puede encontrarse en los cuerpos hídricos como producto de actividades agropecuarias, forestales y de agricultura. (Cotilla, 2018, sp.)

#### ***1.2.5. El ciclo del fósforo en sistemas lacustres.***

El fósforo se encuentra en las plantas y en los animales en proporciones de 0,2% y 1% respectivamente. De forma natural, este elemento se encuentra disponible por medio de la meteorización de las rocas o por la emisión de productos volcánicos, en esta forma, puede ser fácilmente asimilado por las plantas o a su vez, ser arrastrado hacia los cuerpos de agua donde se sedimenta (García y Miranda, 2018, p.359). Otra porción del fósforo es absorbida por el fitoplancton llegando a formar parte de la cadena trófica intercalando por las especies de vida acuática y aves. Las aves devuelven una porción del fósforo al suelo por medio de sus heces, el cual puede filtrarse

y ser arrastrado nuevamente a los sedimentos de un cuerpo hídrico. La utilización excesiva de enmiendas orgánicas en las actividades de agricultura es una de las principales fuentes antropogénicas de contaminación por nutrientes de un cuerpo hídrico. (Andrade, 2017, p.28)

### ***1.2.6. Índice de Contaminación por nutrientes.***

El índice de Contaminación por Nutrientes se calcula a partir de la medición mensual de las concentraciones de nitrógeno total, nitritos, nitratos, amonio, fósforo total, ortofosfatos, conductividad eléctrica, pH, clorofila-a y turbidez, y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$NPI = e^{\sum_1^n \text{Ln}(PQI)_n * W_n}$$

En donde:

**PQI** = Representa el valor del índice de calidad para cada parámetro. Este valor consiste en un número adimensional que se deriva de las curvas de calidad de las variables y varía entre 0-100.

**W<sub>n</sub>** = Representa el valor del factor ponderado para cada parámetro.

(De Zwart y Trivedi, 1995, p.92)

## **1.3. Bases conceptuales**

### ***1.3.1. Sistema lacustre***

Un sistema lacustre comprende un cuerpo acuático que se encuentra alejado del mar, y tiene como principal aporte el agua proveniente de ríos o de afloramientos de agua freática. El sistema lacustre se caracteriza por ser dinámico ya que evoluciona paulatinamente el clima y el tiempo, debido a que el agua de los lagos o lagunas puede evaporarse en climas áridos y con niveles de evaporación intensos, o a su vez, se puede incrementar el nivel limnimétrico del cuerpo hídrico con las lluvias intensas (Guerra, Riquelme y Skewes, 2019, p.22). Estos sistemas suelen rellenarse cumpliendo únicamente la función de un estanque, debido a la acumulación continua de sedimentos que se depositan en el fondo de lagos y lagunas. (Arizala, 2018, p.6)

Los lagos y lagunas forman parte de las aguas superficiales que participan en el ciclo hídrico en la troposfera. Del agua que existe en la Tierra, apenas el 0,7% está conformado por agua dulce y se encuentra en los lagos, ríos, acuíferos e inclusive, en forma de vapor (Universidad de Sevilla, 2015). Estos sistemas pueden desarrollarse en cualquier altitud, siendo su presencia muy numerosa en zonas de montañas relacionadas con la presencia de glaciares. A medida que aumenta la profundidad de los sistemas lacustres se debe tomar en cuenta la inercia térmica y química de la masa del cuerpo hídrico. Por otro lado, tanto los cuerpos acuáticos superficiales de gran profundidad, así como los pocos profundos, presentan una sensibilidad elevada ante los cambios ambientales. (Guerra et al., 2019, p.35)

### ***1.3.2. Eutrofización***

La eutrofización comprende un proceso natural de deterioro de los lagos y lagunas, ocurre de forma independiente a las actividades antrópicas, sin embargo, este fenómeno se puede acelerar por acción del ser humano (Quintana, 2017, p.8). Este proceso es identificado como una de las principales causas del envejecimiento de los cuerpos hídricos lénticos y se da por el incremento excesivo en la concentración de nutrientes, este efecto provoca el crecimiento de algas y plantas superiores, mismas que poseen un tiempo de vida corto y, al ser degradadas por bacterias aeróbicas se reduce la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua generando así condiciones de tipo hipóxicas o anóxicas, impidiendo el desarrollo y crecimiento de organismos vivos. Generalmente, los efectos adversos provocados por la eutrofización afectan al aprovechamiento de los cuerpos hídricos como abastecimiento de agua potable, agua de riego, etc. (García y Miranda, 2018, p.357)

Los nutrientes de mayor influencia en el proceso de eutrofización son el nitrógeno y fósforo, los cuales provienen, generalmente, de las actividades que se desarrollan en las fronteras agrícolas y agropecuarias de los lagos y lagunas. Estos componentes terminan en los cuerpos acuáticos lénticos debido al arrastre generado por la precipitación y erosión del suelo. (Brocard, Betinii, Adatte, Morán y Vázquez, 2016, p.24)

### ***1.3.3. Eutrofización en sistemas lacustres***

Un sistema lacustre sufre eutrofización cuando sus aguas acumulan grandes cantidades de nutrientes. A concentraciones adecuadas, los nutrientes permiten la proliferación de la vida, sin embargo, cuando existen concentraciones excesivas provocan un crecimiento acelerado de plantas y otros organismos. Cuando las plantas y organismos vivos mueren, como producto de la deficiencia de oxígeno, se genera un deterioro en los cuerpos hídricos debido a la acumulación, sofocación y desintegración de los organismos vivos. (Espinel, 2018, p.51).

### ***1.3.4. Estado trófico***

Según la producción biológica y las cantidades de nutrientes presentes, los lagos y lagunas pueden clasificarse en diferentes estados tróficos:

- Estado oligotrófico: Comprenden cuerpos hídricos con escasas cantidades de nutrientes (nitrógeno y fósforo), esta característica actúa como factor limitante para la proliferación de vegetación acuática, permitiendo la disponibilidad de oxígeno disuelto y, por ende, el desarrollo de la vida acuática (peces y otros organismos). (Villalobos, 2015)
- Estado mesotrófico: Describe un estado intermedio entre el estado oligotrófico y el estado eutrófico. Los lagos y lagunas mesotróficos se caracterizan por tener agua relativamente clara y adecuadas concentraciones de oxígeno disuelto, de tal forma que, contribuye al desarrollo de organismos acuáticos. (Andrade, 2017, p.36).
- Estado eutrófico: Comprende un cuerpo hídrico que contiene cantidades excesivas de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, ocasionando el desarrollo acelerado de especies vegetales acuáticas, que consumen el oxígeno disuelto disponible, frenando así el sofocamiento y la proliferación de la vida. (Villalobos, 2015)

### ***1.3.5. Causas de Eutrofización***

Las causas de eutrofización pueden ser naturales y antropogénicas, las principales causas que ocasionan el fenómeno de eutrofización son:

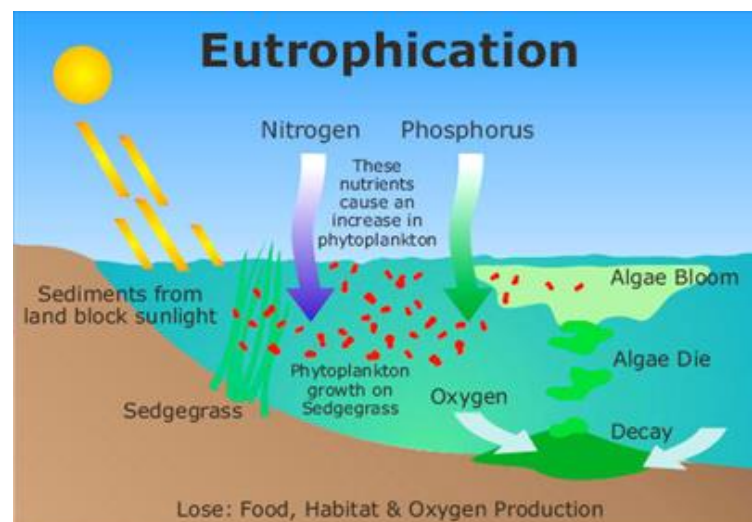
- Diferentes tipos de residuos provenientes de la contaminación urbana.
- Formación de iones sulfato y nitrato, producto de la reacción entre el agua y los óxidos de azufre y nitrógeno generados por la contaminación atmosférica.

- Precipitación, arrastre e infiltración de los nutrientes depositados en los excrementos producidos durante las actividades agropecuarias.
- Presencia excesiva de residuos forestales en los cuerpos hídricos.
- Utilización excesiva de enmiendas orgánicas utilizadas en las actividades de agricultura.

(García y Miranda, 2018, p.358).

### 1.3.6. Proceso de eutrofización

El proceso de eutrofización ocurre cuando un cuerpo hídrico se enriquece de nutrientes. El enriquecimiento de nutrientes provoca el crecimiento acelerado de fitoplancton, aumentando la turbidez de la masa de agua. Posteriormente se reduce la cantidad de oxígeno disuelto debido a que el fitoplancton está compuesto por organismos fotosintéticos y, al realizar el proceso de fotosíntesis, saturan el oxígeno en la superficie del cuerpo hídrico para finalmente liberar el exceso de oxígeno hacia la atmósfera. De esta forma, el fitoplancton no suministra oxígeno a las zonas profundas del sistema. Una vez que el fitoplancton muere se deposita en el fondo del cuerpo hídrico generando detritos, los cuales atraen organismos descomponedores y, debido a su crecimiento acelerado, requieren una demanda elevada de oxígeno disuelto. (Espinel, 2018, p.52). Finalmente, como producto del desabastecimiento de oxígeno disuelto, se genera la sofocación y posterior muerte por asfixia de los organismos vivos superiores (flora y fauna) presentes en el cuerpo hídrico. (Romero, 2020, p.3).



**Figura 1-1.** Eutrofización: causas, efectos y medidas de control

Fuente: (Cotilla, A. 2018)

### **1.3.7. Problemas asociados a la eutrofización**

La eutrofización ocasiona el deterioro de la calidad de un cuerpo hídrico, este proceso llega a ocasionar daños que pueden ser irreversibles, restringiendo de esta manera, su aprovechamiento en actividades de pesca, recreación, agricultura o consumo. Los principales problemas asociados a la eutrofización son:

- Aumento acelerado en la concentración de nutrientes.
- Crecimiento excesivo de especies vegetales.
- Aumento de la tasa de mortandad de especies acuáticas.
- Reducción de los niveles de oxígeno disuelto en el cuerpo hídrico.
- Incremento en el valor de pH como producto de los efectos tóxicos de nitritos y amoniaco.
- Ocasiona la liberación de fósforo.
- Reducción del espejo de agua del cuerpo hídrico.

(Cuenca, 2017, p.21).

### **1.3.8. Parámetros físicos a determinarse**

Para el presente trabajo de titulación realizado en el humedal de la microcuenca del río Atillo situado en el Parque Nacional Sangay, se analizó los siguientes parámetros físicos:

#### **1.3.8.1. pH**

El pH es utilizado como un indicador de la concentración de iones de hidrógeno, por medio de este parámetro se puede la acidez o alcalinidad de un medio. La escala de valor del pH oscila entre 0-14 siendo 7 un valor neutro de pH, de esta forma, se puede definir una masa de agua como ácida cuando posee un valor de pH inferior a 7 o alcalina si es superior a 7. (Amado, Pérez, Ramírez y Alarcón, 2016, p.111).

Los procesos biológicos en los cuales se requiere la intervención de enzimas, tales como; la fotosíntesis y el acceso a nutrientes para la degradación y el crecimiento microbiano, son regulados por este parámetro. Por esta razón, las variaciones en el valor del pH pueden ocasionar diferentes tipos de reacciones en cualquier nivel de la materia viva. De igual manera, las variaciones de este parámetro permiten determinar si un cuerpo hídrico posee algún tipo de contaminación. (Arévalo, Van Echelpoel, Alvarado, Goethals, y Larriva, 2016, p.118).

Un gran número de las aguas naturales presentan un valor de pH que oscila entre 6-8. Los cuerpos hídricos eutrofizados poseen valores bajos de pH debido a la presencia excesiva de materia orgánica. (Flores, Del Angel, Frías y Gómez, 2018, p. 41).

#### *1.3.8.2. Conductividad eléctrica*

La conductividad eléctrica de un cuerpo hídrico se define como la capacidad que posee una masa de agua para transmitir corriente eléctrica a través de sí misma si es sometida a un campo eléctrico. Esta transmisión se logra por medio de la presencia de las sales que se encuentran en el medio, siendo así, la conductividad eléctrica una forma de medición indirecta de la presencia de iones tales como; cloruro, nitrato, sodio, magnesio, etc. (Baylón et al., 2018, p.125).

Los cuerpos lénticos suelen presentar conductividades constantes, por esta razón, este parámetro es utilizado como un indicador de la calidad de agua cuando existen variaciones bruscas en los valores de conductividad, ya que permite realizar una evaluación rápida de la mineralización de un cuerpo de agua. (Flores et al., 2018, p.53).

Este parámetro se mide micro Siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y depende de las sales presentes en el medio acuático, las cuales al disociarse forman iones positivos y negativos. (Flores et al., 2018, p.47).

#### *1.3.8.3. Turbidez*

La turbidez se define como la medición que expresa la disminución de la transparencia de un cuerpo de agua ocasionada por el material suspendido y el material de gases, líquidos y sólidos disuelto. Este parámetro es un indicador básico de la calidad de agua. (Amado et al, 2016, p.113).

En los sistemas lacustres eutróficos el fitoplancton es el componente más común del material suspendido culpable de la turbidez, en este estado trófico, se frena el crecimiento de la flora béntica debido a que la turbidez impide el paso de luz para que se lleve a cabo el proceso de fotosíntesis. (Larenas, Lavín, y Obreque, 2018, p.24).

#### *1.3.9. Nutrientes*

Los nutrientes son elementos necesarios para el desarrollo adecuado de los organismos. Los requerimientos de cada especie definirán las concentraciones de nutrientes que necesitan para su desarrollo. Estas sustancias se encuentran de forma natural en el ambiente, sin embargo, como



producto de las actividades antropogénicas, las concentraciones de nutrientes se han incrementado (Cervantes, Rodríguez y López, 2017, p.254). El fósforo y el nitrógeno son los nutrientes más comunes en los ecosistemas acuáticos, y los principales parámetros del proceso de eutrofización. La presencia de estos nutrientes en los cuerpos hídricos se debe principalmente a la utilización excesiva de enmiendas orgánicas, utilización desmesurada de detergentes y a la generación excesiva de residuos orgánicos en las actividades agropecuarias. (López, y Troccoli, 2017, p.3).

#### *1.3.9.1. Nitrógeno total*

El nitrógeno es un nutriente esencial que se encuentra presente en las proteínas y aminoácidos de los organismos. Este nutriente puede encontrarse en los sistemas lacustres como producto de una precipitación, escorrentía, o por fijación del nitrógeno de la atmósfera. El nitrógeno total es aquel que está formado por todas las formas de nitrógeno presentes en un medio, estas pueden ser; nitrógeno orgánico, nitritos, nitrados, y amoníaco. (Flores et al, 2018, p.43).

#### *1.3.9.2. Nitritos*

Los nitritos son sales derivadas del nitrógeno que se pueden encontrar en un medio de forma natural. Sin embargo, la concentración con la cual encuentran se puede incrementar debido a las actividades antropogénicas (Eugercios, Álvarez, y Montero, 2017, p.37). Existen dos tipos de contaminación antropogénica en un sistema lacustre; el primero consiste en una contaminación puntual, provocada por los vertidos de aguas residuales derivadas de las actividades industriales o urbanas, el segundo tipo consiste en una contaminación difusa, la cual se produce por la utilización de enmiendas orgánicas o inorgánicas en las actividades agrícolas. (Larenas et al, 2018, p.17).

#### *1.3.9.3. Nitratos*

Los nitratos son sales solubles, consisten en una molécula formada por oxígeno y nitrógeno, y se originan a partir de los nitritos. Este nutriente es indispensable para el crecimiento y desarrollo de los organismos, pero al encontrarse en elevadas concentraciones, causan la proliferación de algas, u otras plantas verdes que se posicionan en la superficie de la masa de agua y ocasionan el incremento de la demanda de oxígeno disuelto (Arévalo et al, 2016, p.116). Los nitratos son considerados los contaminantes de mayor importancia en los ecosistemas hídricos, este nutriente llega a la masa de agua por medio de la contaminación difusa derivada de actividades agrícolas. (Larenas et al, 2018, p.18).

#### *1.3.9.4. Amonio*

El amonio es un compuesto derivado del nitrógeno, en concentraciones adecuadas contribuye a la proliferación de la vida en sistema lacustre. La contaminación por amonio en un cuerpo hídrico ocurre de forma difusa, por medio de la escorrentía de los fertilizantes utilizados en las actividades agrícolas (Pis, Delgado, y Servilio, 2018, p.57).

#### *1.3.9.5. Fósforo total*

El fósforo es un elemento que se encuentra de forma natural en los cuerpos hídricos, puede encontrarse de forma particulada o disuelta. El exceso de este nutriente en el medio acuático ocurre como producto de las actividades antropogénicas, de las cuales destacan la utilización de fertilizantes y detergentes provenientes de vertidos agrícolas e industriales o urbanos, respectivamente. (Elisio, 2017, p.41).

Una vez, que se encuentra en un cuerpo hídrico se deposita en los sedimentos del medio contribuyendo a la proliferación de la flora acuática. El fósforo suele ser utilizado como un indicador de calidad del agua, ya que se encuentra correlacionado con otras variables como; la clorofila, el nitrógeno, etc. Además de que actúa como un nutriente limitante durante la producción de fitoplancton determinando el desarrollo de un proceso de eutrofización (Rodó, 2016, p.8). De esta forma, el fosforo es considerado como uno de los factores de mayor relevancia que permite determinar el estado trófico de un sistema lacustre y, por ende, establecer la calidad del cuerpo hídrico.

El fósforo total comprende la sumatoria de todas las formas en las que el fósforo se encuentra presente. El fósforo orgánico proviene de la filtración de las enmiendas utilizadas, acumulándose en los sedimentos del sistema lacustre. La fracción de fósforo inorgánico está conformado por moléculas de flúor, hierro, calcio y aluminio. (Romero, 2020, p.4).

#### *1.3.9.6. Ortofosfatos*

Los ortofosfatos se definen como moléculas derivadas de la oxidación del fósforo, en zonas terrestres se encuentra como ortofosfato, y en el agua como piro fosfatos, meta fosfatos y polifosfatos, generalmente formando enlaces con moléculas orgánicas. Este parámetro es muy soluble considerándose como la fracción útil que es absorbida por los organismos autótrofos. (Rodó, 2016, p.9).

### 1.3.10. Clorofila “a”

La clorofila “a” se define como un pigmento verde que le otorga a los organismos productores primarios la capacidad de realizar el proceso de fotosíntesis, es decir, transformar la energía solar en energía química utilizable.

Al ser la clorofila “a” el principal pigmento fotosintético, proporciona una medición indirecta de la biomasa de organismos fotosintéticos presentes en el medio, por lo que suele ser utilizado como un indicador del estado trófico de un cuerpo hídrico.

(Cervantes, Rodríguez, López, 2017, p.254)

### 1.3.11. Índice de Contaminación por Nutrientes

El índice de Contaminación por Nutrientes se calcula a partir de la medición mensual de las concentraciones de nitrógeno total, nitritos, nitratos, amonio, fósforo total, ortofosfatos, conductividad eléctrica, pH, clorofila a y turbidez, y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$NPI = e^{\sum_1^n \text{Ln}(PQI)_n * W_n}$$

En donde:

**PQI** = Representa el valor del índice de calidad para cada parámetro. Este valor consiste en un número adimensional que se deriva de las curvas de calidad de las variables y varía entre 0-100.

**W<sub>n</sub>** = Representa el valor del factor ponderado para cada parámetro.

(De Zwart y Trivedi, 1995, p.92)

### 1.3.12. Valor de NPI deseable

El índice de contaminación por nutrientes esta expresado entre 0 y 100, donde “0” representa una situación ambiental indeseable, y “100” representa un ambiente en óptimas condiciones sin manipulación antropogénica. (De Zwart y Trivedi, 1995, p.93)

**Tabla 1-1:** Valor objetivo del Índice de Contaminación por Nutrientes sugerido para la estrategia AMOEBA

ÍNDICE	VALOR DESEABLE	CONSIDERACIONES
		Un resultado de 70 representa un valor relativamente bajo. Sin embargo, si se

NPI: Índice de Contaminación Nutrientes	de por	70	asume una elevada densidad de nutrientes y la ausencia de un tratamiento, este valor objetivo representa la posibilidad de futuros mejoramientos.
---	--------	----	---

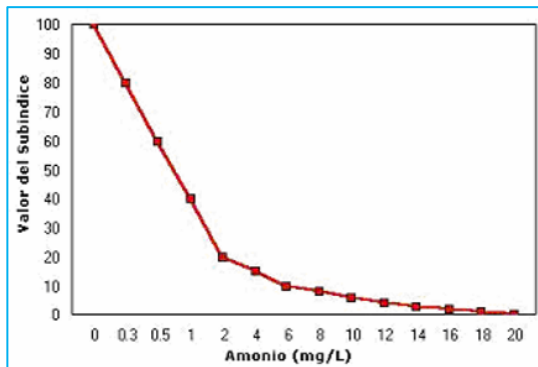
Fuente: De Zwart, D. & Trivedi, R., 1995. (Manual de evaluación integrada de la calidad del agua).

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2020

**Nota:** El valor objeto del índice no representa una concentración máxima aceptable o un límite máximo permisible, sino el valor que se desea obtener y que logra la sustentabilidad y la protección ambiental del medio. Cuando el valor del índice obtenido se aproxima al valor deseable, la calidad del cuerpo hídrico mejora.

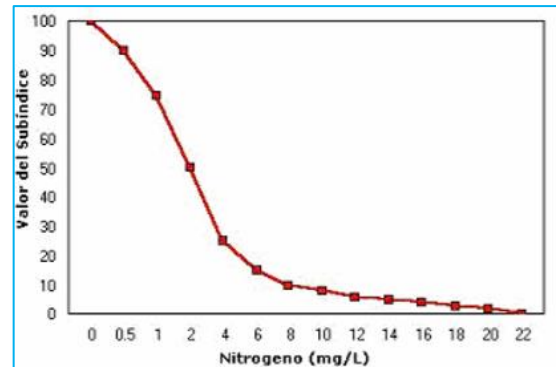
### 1.2.13. Curvas de calidad de variables

Para el presente trabajo de titulación realizado en el humedal de la microcuenca del río Atillo situado en el Parque Nacional Sangay, se utilizó las siguientes curvas de calidad de las variables:



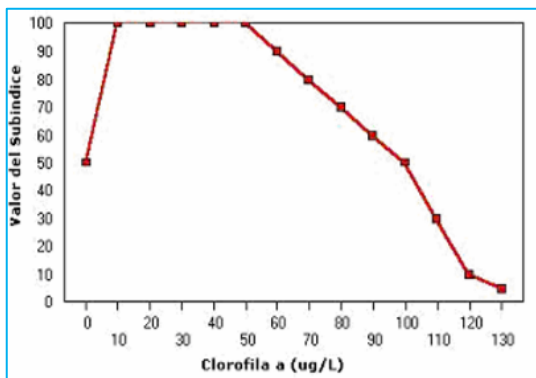
**Figura 2-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-Amonio

Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.93)



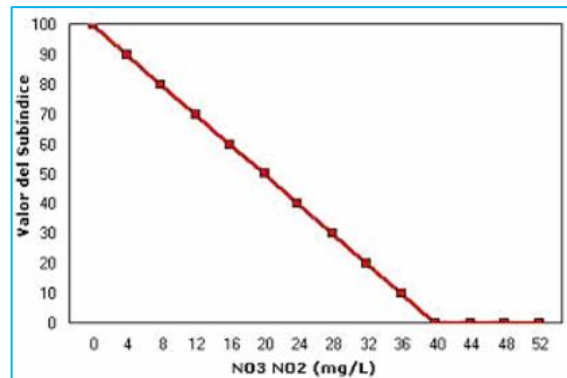
**Figura 3-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-Nitrógeno Total

Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.93)



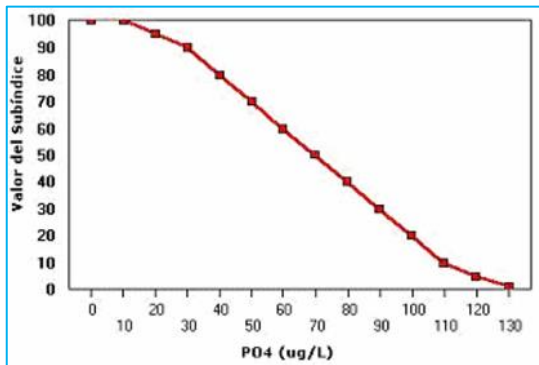
**Figura 4-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-Clorofila-a

Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.94)

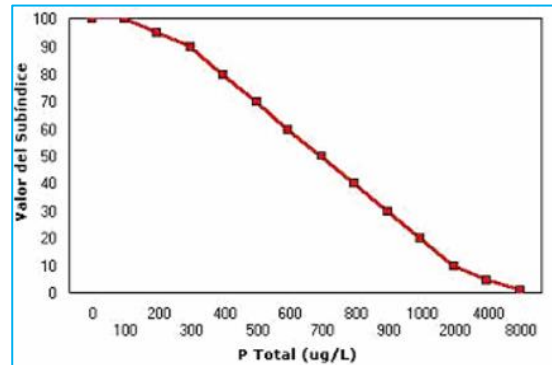


**Figura 5-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-Nitritos más nitratos

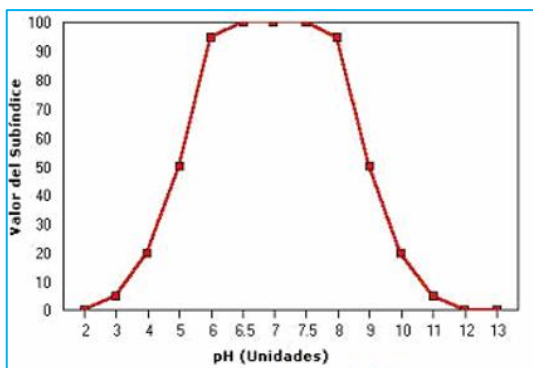
Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.94)



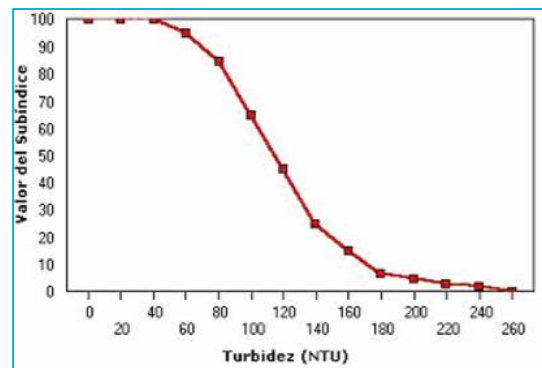
**Figura 6-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-Ortofosfatos  
Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.94)



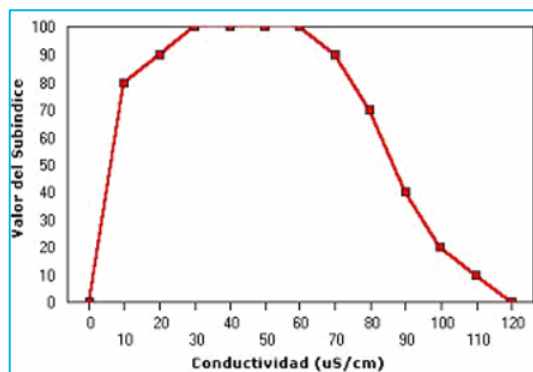
**Figura 7-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-Fósforo total  
Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.94)



**Figura 8-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-pH  
Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.94)



**Figura 9-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-Turbidez  
Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.94)



**Figura 10-1.** Curva de calidad AMOEBA NPI-Conductividad  
Fuente: (De Zwart, D y Trivedi, R. 1995, p.95)

#### **1.4. Base Legal**

El Ecuador en 1992 firma la convención Ramsar desarrollada en el país, misma que obliga a los firmantes a desarrollar estrategias para la conservación de humedales de agua dulce como:

- Fomentar un panorama compartido respecto a los humedales altoandinos por medio de estrategias de fortalecimiento y coordinación de las diferentes capacidades regionales.
- Complementar el conocimiento científico y técnico de los humedales de tal forma que permita la protección, conservación y su uso sostenible.
- Impulsar el manejo y conservación de los recursos naturales, así como los bienes y servicios derivados de los humedales.

La legislación ambiental ecuatoriana sujeta en los principios ambientales determinados en la constitución de la república del ecuador del 2008, soporta estrategias y medidas en la conservación de los recursos hídricos como lo establece la ley de aguas (Registro Oficial N.º 365), y el COA.

El monitoreo y seguimiento de la calidad de estos recursos es competencia de los GADS provinciales y del MAE, quien por medio de la Autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica No. 822 (MAAE-ARSFC-2020-0822) garantiza la legalidad del monitoreo, y que según el COOTAD mismos que son ejecutados mediante la aplicación de la norma de calidad de agua ANEXO I del TULSMA establecido en el Acuerdo Ministerial N.º 061 y 097-A.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1. Descripción de los puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo se identificaron durante una salida de campo mediante la cual se realizó la exploración de la zona de estudio, con el fin de establecer puntos estratégicos que permitan verificar la presencia de actividades antropogénicas y agropecuarias y sus resultados. Los puntos seleccionados se encuentran a una distancia aproximada de 5 m desde el perfil del cuerpo hídrico hacia la zona palustre, además se observa pasto y demás especies vegetales propias de humedales altoandinos, así como restos de heces fecales de ganado vacuno.

Para la georreferenciación de los puntos se utilizó un GPS Garmin Dakota 20, con el cual se tomaron las coordenadas geográficas de los puntos de estudio según el datum WG84.

#### **2.2. Muestreo**

Las salidas de campo se las realizó en una semana durante los meses de noviembre y diciembre del 2020 y enero 2021, con el objeto de establecer relaciones entre las diferentes temporadas climáticas (verano e invierno), así como afianzar los datos y resultados obtenidos.

#### **2.3. Tipo de Investigación**

Para esta investigación se utilizará un método de investigación cuantitativo. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio la investigación es de tipo descriptivo ya que, busca vincular la relación entre el índice de contaminación por nutrientes y la reducción del espejo de agua del humedal de la microcuenca del río Atillo.

Según el tipo de inferencia, el estudio es de carácter inductivo, debido a que se tratará los fenómenos para examinarlos con posterioridad, de igual forma, este estudio se centra en el análisis sobre el estado de una o varias variables en un momento específico.

## **2.4. Diseño de la Investigación**

El trabajo realizado se basa en un diseño no experimental longitudinal, debido a que no se tratarán las variables de investigación, y se centrará en un estudio de tipo observacional de los parámetros de forma mensual.

### *2.4.1. Población de estudio*

La población de estudio comprende la masa de agua del humedal de la microcuenca del río Atillo perteneciente al Parque Nacional.

### *2.4.2. Tamaño de la muestra*

El tamaño de la muestra comprende 60 unidades experimentales provenientes de 15 puntos de muestreo seleccionados por medio de un análisis inferencial con 3 muestreos realizados 1 vez por mes durante 3 meses.

### *2.4.3. Técnica de recolección de datos*

Para la realización de este estudio se utilizarán dos técnicas de recolección de datos:

- **Análisis documental:** Esta técnica comprende la recolección de datos por medio de fuentes primarias o secundarias, que comprenden la revisión de libros, informes técnicos, artículos científicos, journals, etc. Por medio de este análisis se busca la identificación, localización y recuperación de cualquier documento que contenga información útil para el desarrollo del estudio.



- Técnica de observación no experimental: Por medio de esta técnica se realizará la recolección y descripción de la información de campo, para interpretar los parámetros observados se utilizarán los siguientes instrumentos:

- Manual de Standard Methods.
- Instrumentos para determinar los parámetros físicos in situ (multiparámetro, GPS).
- Equipo para la medición de los parámetros ex situ (Espectrofotómetro).
- Materiales y reactivos para el análisis de muestras.

#### 2.4.4. Materiales, equipos y reactivos empleados

**Tabla 1-2:** Materiales, equipos y reactivos empleados

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envase recolector de muestras de 1 L.</li> <li>• Matraz de 50 ml.</li> <li>• Probeta de 50 ml.</li> <li>• Vasos de precipitación de 50 y 200 ml.</li> <li>• Pipeta de 5 y 10 ml.</li> <li>• Pera de succión.</li> <li>• Pinzas de matraz.</li> <li>• Filtro de microfibra de vidrio.</li> <li>• Equipo de protección personal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiparámetro AZ86031.</li> <li>• Flexómetro.</li> <li>• Cooler.</li> <li>• Espectrofotómetro DR 2800.</li> <li>• Unidad de filtración.</li> <li>• GPS Garmin Dakota 20.</li> <li>• Cámara.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada.</li> <li>• Hielo.</li> <li>• Alcohol.</li> <li>• Solución buffer pH 4, 7 y 10.</li> <li>• Reactivo Nessler.</li> <li>• Agente dispersante de alcohol polivinílico</li> <li>• Mineral estabilizador.</li> <li>• Solución de hidróxido de sodio 1,54 N.</li> <li>• Persulfato de potasio.</li> <li>• PhosVer® 3</li> <li>• NitriVer® 3</li> <li>• NitraVer® 5</li> <li>• Reactivo de hidróxido, A, B y C para NT</li> <li>• Acetona (90%)</li> </ul>

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2020

#### 2.4.5. Métodos utilizados para la medición de nutrientes y clorofila.

**Tabla 2-2:** Métodos utilizados para la medición de nutrientes y clorofila-a

<b>Nutriente</b>	<b>Método</b>
Nitrógeno total	Kjeldahl
Nitrato	Stándar Méthods – 4500 NO3 -E
Nitritos	Stándar Méthods - 4500 NO3 - B
Fosforo total	Stándar Méthods - 4500 P - E
Ortofosfatos	Stándar Méthods - 4500 P - E
Amonio	Nessler
Clorofila a	Método tricromático

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2020

#### 2.4.6. Análisis Estadístico

Para la realización del análisis estadístico de las muestras se llevará a cabo un análisis descriptivo con la finalidad de organizar y clasificar los datos obtenidos, seguido de un análisis inferencial, por medio del cual se obtendrán inferencias para determinar la correlación entre los parámetros de estudio a través del coeficiente de correlación de PEARSON.

### 2.5. Toma de la muestra

La toma de muestra se realizó cavando un hoyo de medidas: 50-60 cm de profundidad y de 25 cm de diámetro aproximadamente con ayuda de una excavadora manual de doble pala, se esperó un tiempo aproximado de 10 minutos en cada punto mientras ocurría el llenado y clarificación del agua de poro, luego se realizó la limpieza de raíces y materiales sobrenadantes con el fin de garantizar la integridad de la toma de la muestra.

Para la toma de la muestra se utilizó botellas ámbar de 1L, las cuales fueron previamente lavadas y secadas para las salidas de campo, se sumergió el envase a una profundidad aproximada de 10 cm desde la superficie del hoyo.



**Fotografía 1-2:** Toma de la muestra

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorzabel Palma, R., 2021

## 2.6. Almacenamiento y transporte

Los envases del muestreo fueron debidamente etiquetados y depositados dentro de un cooler que contiene gel refrigerante con el propósito de mantener las condiciones propias de la muestra, luego de la jornada de muestreo las botellas se trasladan a un mini refrigerador configurado a 5 °C por 12 horas, hasta el análisis de los parámetros físico – químicos en laboratorio.

## 2.7. Tratamiento de la muestra

Las muestras reposan hasta su temperatura ambiente, luego son sometidas a un proceso de filtración y centrifugación a 350 rpm previo a los análisis de los parámetros ex situ, debido a la interferencia que pueden ocasionar los sólidos suspendidos en los métodos colorimétricos a aplicar.



**Fotografía 2-2:** Tratamiento de la muestra

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

## 2.8. Análisis de parámetros “in situ”

La lectura de los parámetros in situ fue tomada con ayuda de un multiparámetro portátil modelo AZ86031, al cual se calibró previo a la jornada de muestreo. Las sondas correspondientes a temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad son sumergidas en el agua a la misma profundidad que los envases de muestreo previo a la toma de la muestra.



**Fotografía 3-2:** Análisis de parámetros “in situ”

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

## **2.9. Análisis de las muestras en laboratorio**

Las muestras de agua provenientes del humedal de la microcuenca del río Atillo fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad de Agua, Laboratorio de Investigación y el Laboratorio de Química Analítica pertenecientes a la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, bajo la dirección de los técnicos docentes encargados de cada una de las instalaciones.

### **2.9.1. Nitrógeno**

#### **Procedimiento**

1. Precalentar el termoreactor a la temperatura de 105 °C.
2. Agregar el contenido de un sobre de reactivo de persulfato de nitrógeno a cada vial de reactivo de digestión de hidróxido de nitrógeno total.
3. Se preparó el blanco colocando 2 ml de agua destilada al vial asignado, mientras que para la preparación de la muestra se agregó 2 ml de la muestra de agua y se agitó durante 30 s.
4. Asegurarse de tapar vigorosamente los viales y dejarlos por 30 minutos en el termoreactor, luego retirarlos y dejarlos reposar hasta la temperatura ambiente.
5. Se inició el programa para la determinación de nitrógeno total
6. Se añadió el contenido de un sobre de reactivo A de nitrógeno total a cada vial, se agitó por 15 segundos y se dejó reaccionar durante 3 minutos.
7. Se agregó el contenido del sobre de reactivo B, se agitó durante 15 segundos y se dejó reaccionar durante 2 minutos. La solución tomará un leve color amarillo.
8. Culminado el tiempo se preparó el blanco añadiendo 2 ml de la solución digestada del vial blanco anteriormente designado al vial de reactivo de nitrógeno total C. Para la muestra igualmente se vertió 2 ml de los viales digestados a cada uno de los viales de reactivo de nitrógeno total C correspondientes.
9. Se agitó vigorosamente invirtiendo el vial 10 veces y se dejó reaccionar durante 5 minutos, los viales se calentarán debido a la reacción y la solución intensificará el color amarillo.
10. Se encendió el espectrofotómetro con el vial que contenía el blanco.
11. Se colocó la muestra preparada en el espectrofotómetro.
12. Se obtuvieron los resultados en mg/L N

### **2.9.2. Amonio**

#### **Procedimiento**

1. Se inició el programa para la determinación de nitrógeno amoniacal.
2. Se preparó el blanco colocando 25 ml de agua destilada en un matraz.
3. Se preparó la muestra colocando 25 ml de la muestra recolectada en un matraz.
4. Se agregó 3 gotas de mineral estabilizador en cada recipiente y se procedió a mezclar las soluciones.
5. Se agregó 3 gotas de agente dispersante en cada recipiente y se procedió a mezclar las soluciones.
6. Se colocó 1 ml de reactivo Nessler en cada recipiente, se procedió a mezclar las soluciones y se dejó reaccionar durante 1 minuto.
7. Se vertió 10 ml del blanco y 10 ml de la muestra en celdas de muestra.
8. Se encendió el espectrofotómetro con el matraz que contenía el blanco.
9. Se colocó la muestra preparada en el espectrofotómetro.
10. Se obtuvieron los resultados en mg/L  $\text{NH}_3 - \text{N}$

### **2.9.3. Nitritos**

#### **Procedimiento**

1. Se inició el programa para la determinación de nitrito.
2. Se preparó la muestra colocando 10 ml de la muestra recolectada en una cubeta, se agregó una almohadilla de Nitriver 3 y se agitó la solución.
3. Se dejó reaccionar durante 20 minutos.
4. Se preparó el blanco colocando 10 ml de agua destilada en una celda.
5. Se encendió el espectrofotómetro con la celda que contenía el blanco.
6. Se colocó la muestra preparada en el espectrofotómetro.
7. Se obtuvieron los resultados en mg/L  $\text{NO}_2^- - \text{N}$

#### 2.9.4. *Nitratos*

##### **Procedimiento**

1. Se inició el programa para la determinación de nitrato.
2. Se preparó la muestra colocando 10 ml de la muestra recolectada en una cubeta, se agregó una almohadilla de Nitriver 5 y se agitó la solución.
3. Se dejó reaccionar la solución durante 5 minutos.
4. Se preparó el blanco colocando 10 ml de agua destilada en una celda
5. Se encendió el espectrofotómetro con la celda que contenía el blanco.
6. Se colocó la muestra preparada en el espectrofotómetro.
7. Se obtuvieron los resultados en  $\text{mg/L NO}_3^- - \text{N}$

#### 2.9.5. *Fósforo total*

##### **Procedimiento**

1. Se inició el programa para la determinación de fósforo total.
2. Se preparó la muestra colocando 5 mL de la muestra recolectada al vial de prueba, se agregó 1 almohadilla de persulfato de potasio y se agitó la solución.
3. Se colocó la muestra en el reactor (150 °C) y se dejó reaccionar la solución durante 30 minutos.
4. Cuando transcurrieron los 30 minutos, se dejó enfriar el vial a temperatura ambiente.
5. Se agregó 2 mL de hidróxido de sodio (1,54 N) y se mezcló la solución.
6. Se colocó el vial en el portaceldas y se encendió el equipo.
7. Se agregó 1 almohadilla de PhosVer 3 en el vial y se agitó la mezcla durante 30 segundos.
8. Se dejó reaccionar la muestra durante 2 minutos y se realizó la medición 8 minutos después de haber finalizado el tiempo de reacción.
9. Se colocó la muestra preparada en el portaceldas
10. Se obtuvieron los resultados en  $\text{mg/L PO}_4^{3-}$ .
11. Se dividió el resultado por un factor de conversión (3,06) para obtener los resultados en  $\text{mg/L P}$

### 2.9.6. Ortofosfatos

#### Procedimiento

1. Se inició el programa para la determinación de ortofosfatos.
2. Se preparó la muestra colocando 10 mL de la muestra recolectada, se agregó 1 almohadilla de PhosVer 3 y se agitó la solución durante 30 segundos.
3. Se dejó reaccionar la solución durante 2 minutos.
4. Se preparó el blanco colocando 10 mL de agua destilada en una celda.
5. Se encendió el espectrofotómetro con la celda que contenía el blanco.
6. Se colocó la muestra preparada en el espectrofotómetro.
7. Se obtuvieron los resultados en mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$

### 2.9.7. Clorofila - a

#### Procedimiento

1. Se filtró 0,5 L de la muestra de agua utilizando un filtro de celulosa de 0,45  $\mu\text{m}$ .
2. Se colocó el filtro en un tubo Falcon y se agregó 6 mL de acetona al 90%.
3. Se agitó el tubo Falcon durante 1 minuto para obtener un extracto.
4. Se guardó la muestra a 4°C en oscuridad durante 24 horas.
5. Después de haber pasado las 24 horas, se extrajo la acetona con el extracto de la muestra y se centrifugó a 3000 RPM durante 20 min.
6. Se encendió el espectrofotómetro con la solución de acetona al 90%.
7. Se colocó 3 mL del extracto en la celda y se determinó sus absorbancias a 750 nm (corrección de la turbidez) y 664, 647 y 630 nm.
8. Se determinó el valor de la concentración de clorofila-a utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Clorofila - a (mg/m}^3\text{)} = \frac{[11,85 (\text{Abs}_{664} - \text{Abs}_{750}) - 1,54 (\text{Abs}_{647} - \text{Abs}_{750}) - 0,08 (\text{Abs}_{630} - \text{Abs}_{750})]}{V_m * L} * V_e$$

Donde:

$\text{Abs}_{664}$  = Absorbancia de la muestra a 664 nm.

$\text{Abs}_{647}$  = Absorbancia de la muestra a 647 nm.

$\text{Abs}_{630}$  = Absorbancia de la muestra a 630 nm.

$\text{Abs}_{750}$  = Absorbancia de la muestra a 750 nm.

$V_m$  = Volumen la muestra filtrada (L).

$V_e$  = Volumen de extracto de Acetona (ml).

L = Longitud de celda de recorrido óptico (cm).





**Fotografía 4-2: Análisis de las muestras en laboratorio**  
**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Localización del Estudio

El humedal de la microcuenca del río Atillo se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo, cantón Guamote, parroquia Cebadas, a unos 78 km de la ciudad de Riobamba y 48 km del cantón Guamote aproximadamente.

#### 3.2. Descripción de los puntos de muestreo

En la siguiente tabla se detalla la codificación de los puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas:

**Tabla 1-3:** Codificación de los puntos de muestreo y sus coordenadas.

Puntos de Muestreo			
Número	Código	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
1	PL001	776949	9758796
2	PL002	776886	9758381
3	PL003	776899	9758170
4	PL004	776792	9758106
5	PL005	776579	9757349
6	PF005	775592	9757003
7	PL006	775930	9757750
8	PL007	776131	9757907
9	PL008	775611	9757825
10	PL009	774475	9757405
11	PL010	775136	9758170

12	PL011	774780	9756292
13	PP012	773935	9757327
14	PF012	773935	9757327
15	PP013	773010	9758038
16	PF013	773040	9758056
17	PP014	772753	9758474
18	PF014	772753	9758474
19	PP015	771558	9759768
20	PF015	771558	9759768

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Nota: La terminología de los códigos corresponde a los siguientes términos, para:

PP: Zona Palustre; PL: Zona Lacustre y PF: Zona Fluvial.



**Figura 1-3.** Ubicación de los puntos de muestreo

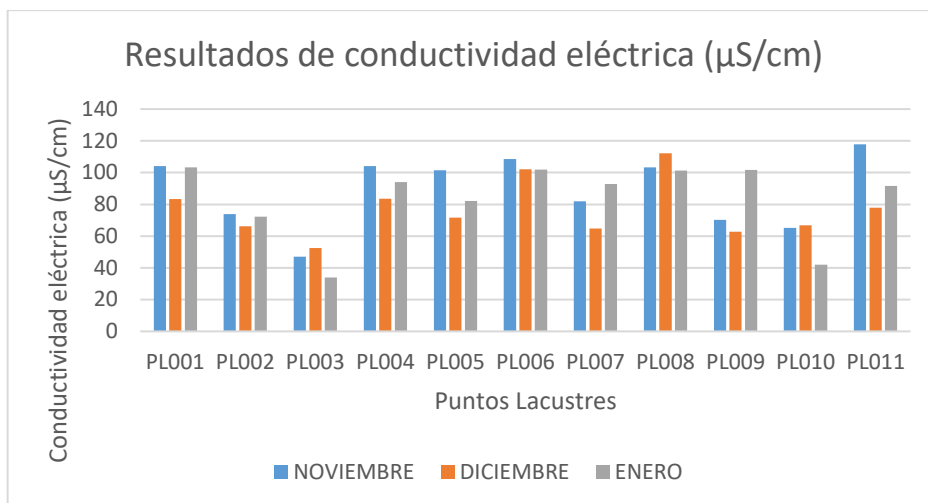
Fuente: Google Earth, 2021

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

### 3.3. Análisis e interpretación de resultados

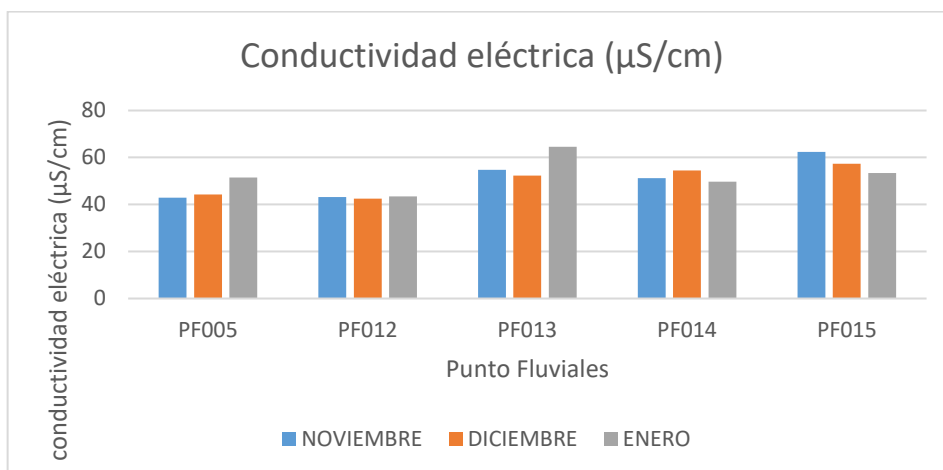
#### 3.3.1. Parámetros físicos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los parámetros físicos de cada una de las muestras de agua provenientes del humedal de la microcuenca del río Atillo.



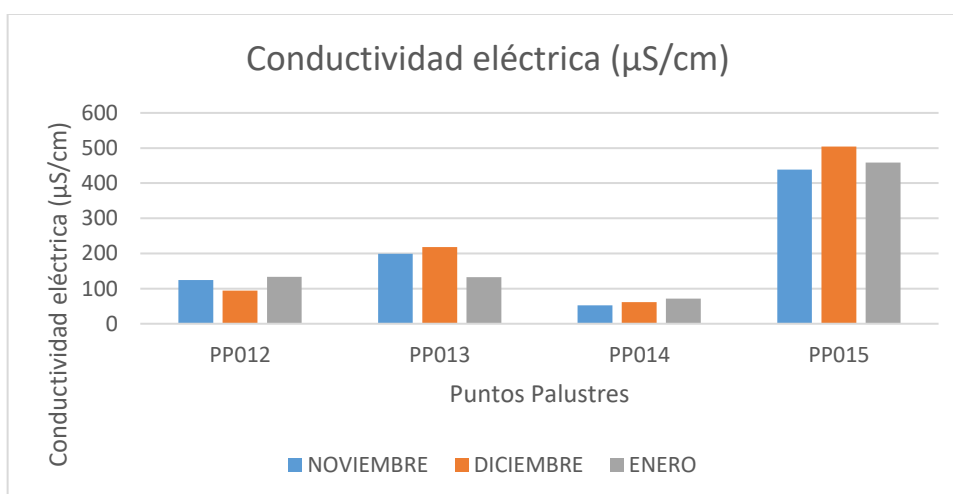
**Gráfico 1-3.** Resultados de conductividad eléctrica en humedal lacustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 2-3.** Resultados de conductividad eléctrica en humedal fluvial

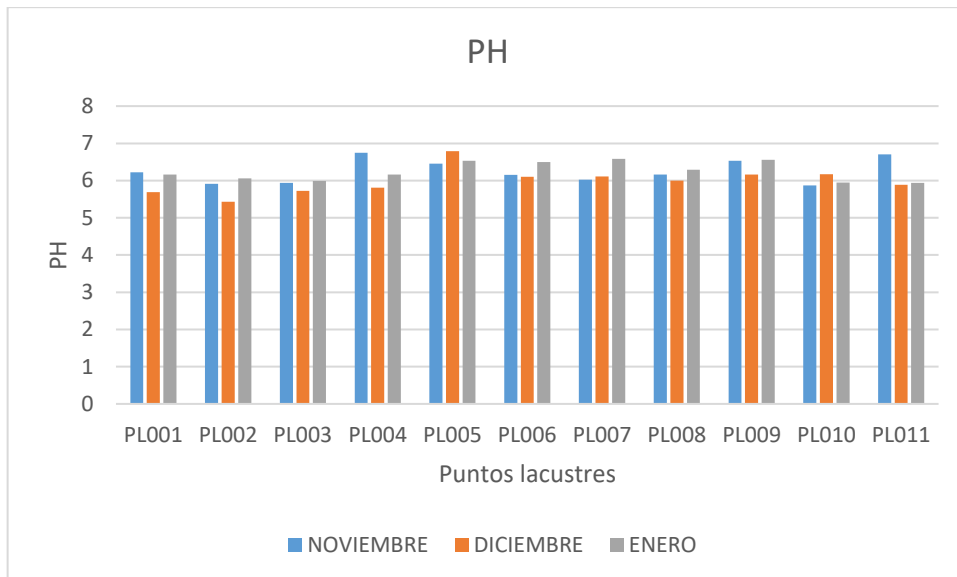
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 3-3.** Resultados de conductividad eléctrica en humedal palustre

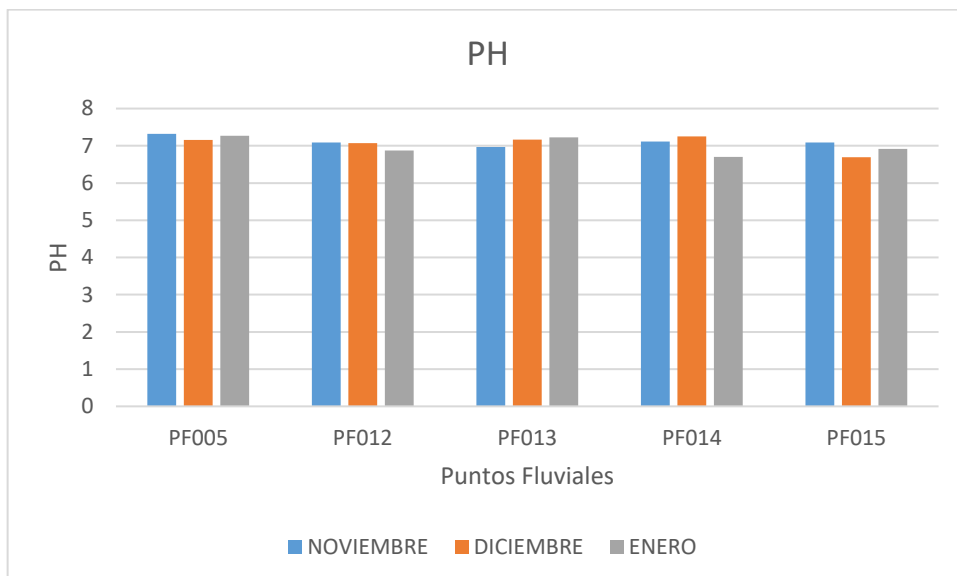
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En los gráficos 1-3, 2-3 y 3-3, se detallan los resultados de conductividad eléctrica obtenidos durante los 3 meses de estudio expresados en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; observándose que las conductividades más elevadas se presentan en los puntos 6 y 8 en la zona lacustre, en los cuales se evidenció la presencia de ganado. De igual forma, en el punto 14 del sector palustre con una concentración de  $467,10 \mu\text{S}/\text{cm}$  es el valor más elevado esto debido a que en el sector se evidenció asentamientos poblacionales. (Zambrano, 2018, p.40)



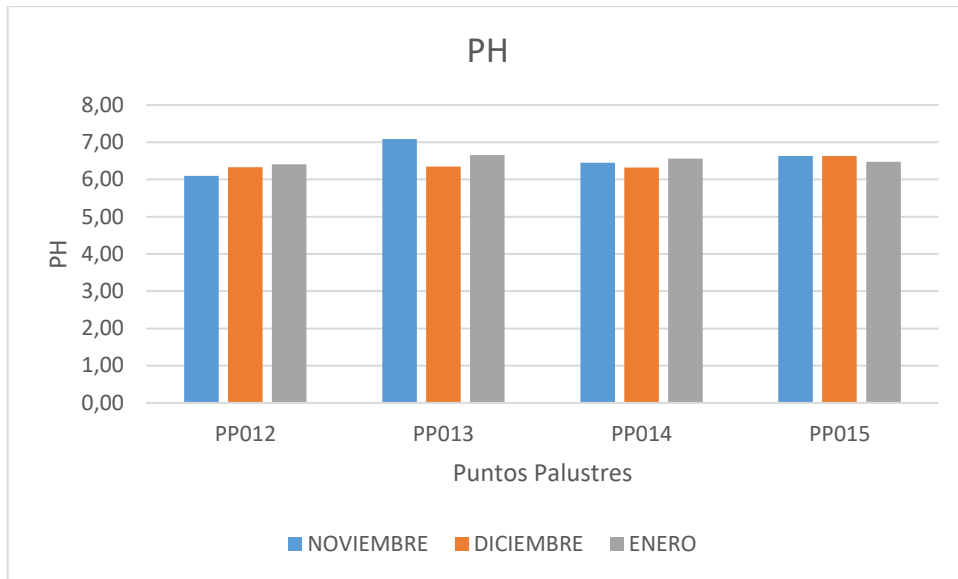
**Gráfico 4-3.** Resultados de pH en humedal lacustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 5-3.** Resultados de pH en humedal fluvial

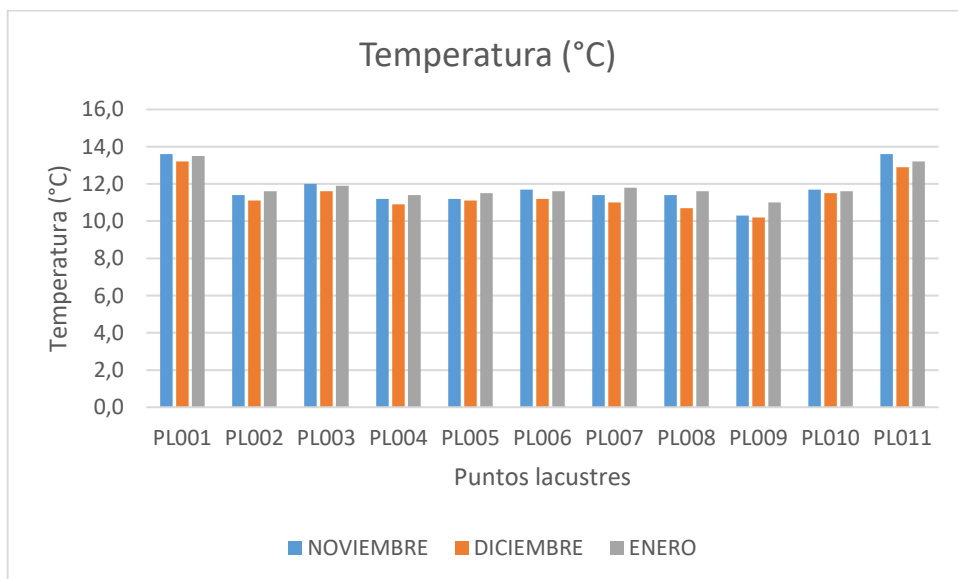
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 6-3.** Resultados de pH en humedal palustre

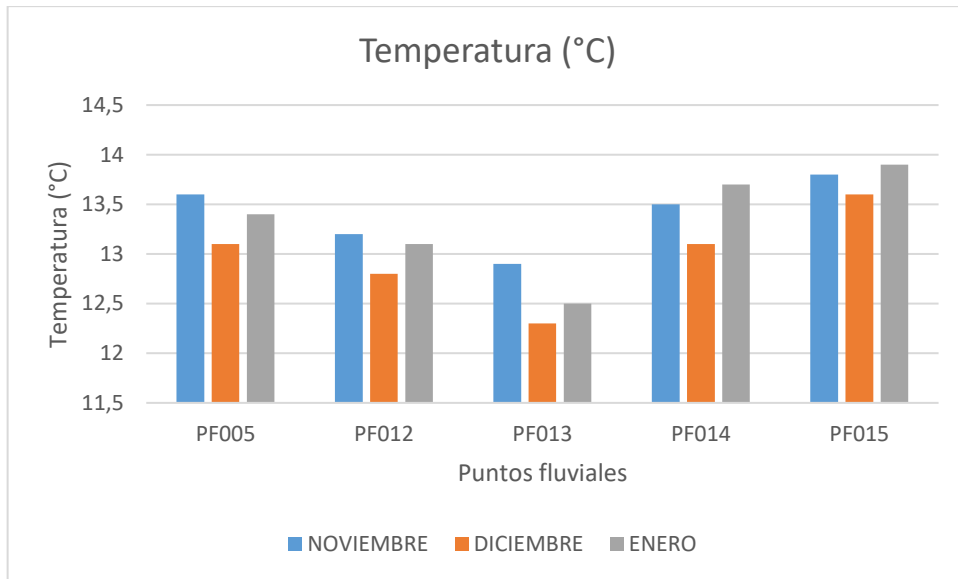
**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En los gráficos 4-3, 5-3 y 6-3, se detallan los resultados de pH obtenidos durante los 3 meses de estudio; observándose que el valor del pH en los puntos fluviales y palustres no presentan variaciones considerables tendiendo siempre a la neutralidad. Zamora (2014, p.26) menciona que el agua de lluvia presenta una leve mineralización debido a que los gases que se encuentran en la atmosfera reaccionan con esta y por ende adquiere una ligera capacidad de acidificar el medio con el que entra en contacto, generando así ligeras acidificaciones en el pH del agua subterránea una vez que esta se percola en el suelo.



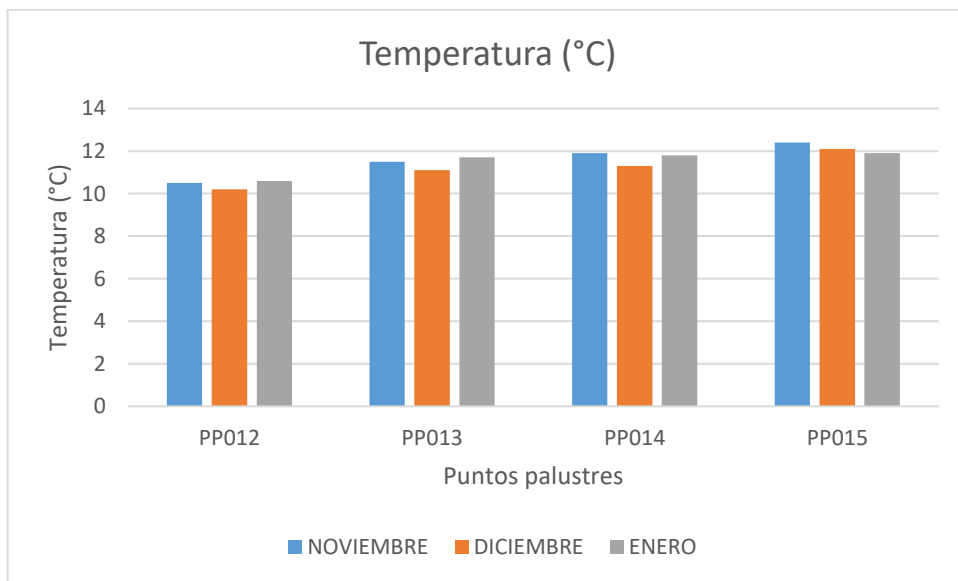
**Gráfico 7-3.** Resultados de temperatura en humedal lacustre

**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 8-3.** Resultados de temperatura en humedal fluvial

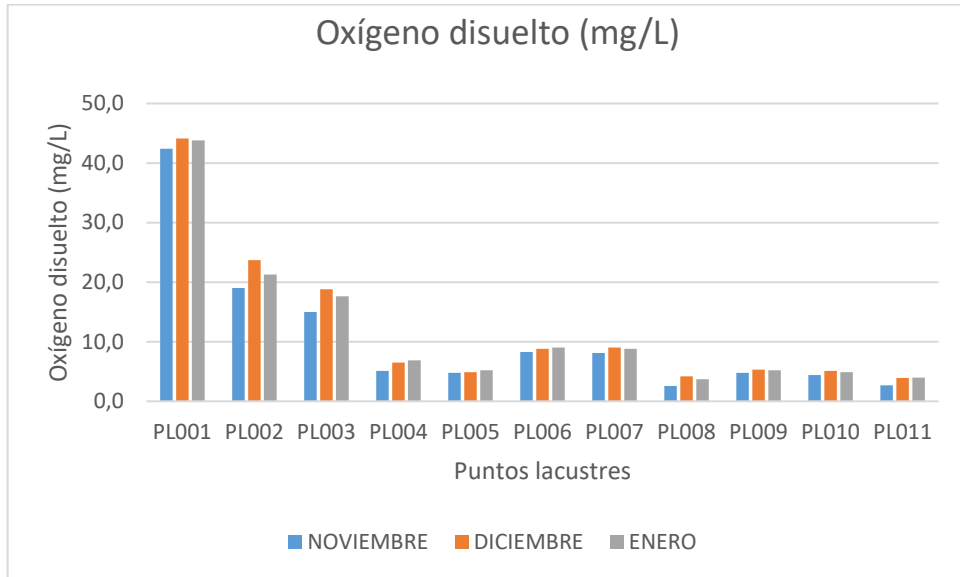
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 9-3.** Resultados de temperatura en humedal palustre

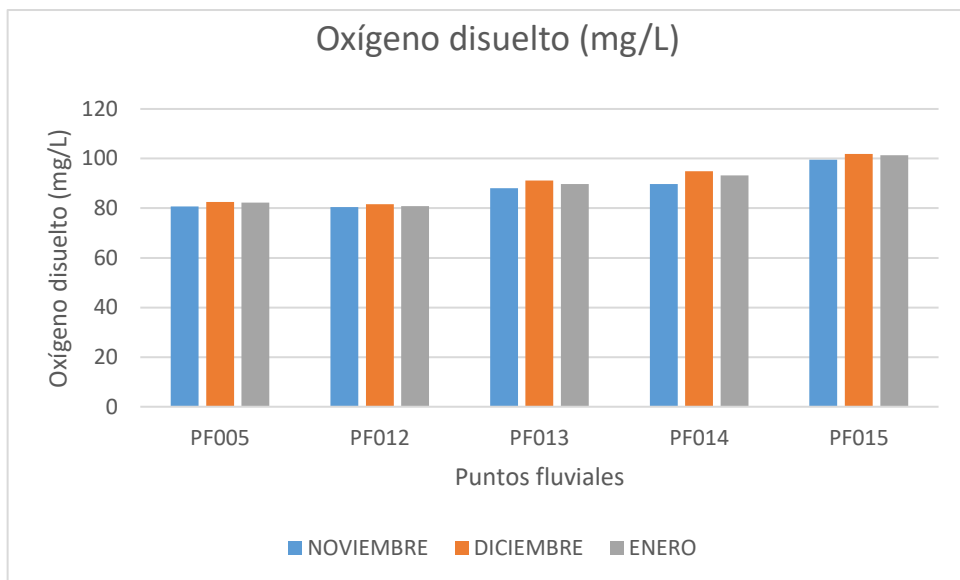
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En los gráficos 7-3, 8-3 y 9-3, se muestran los valores obtenidos in situ de los 3 meses de muestreo, observando que no presentan variaciones entre sí, sin embargo, se puede apreciar que existe un ligero aumento del promedio de temperatura en los puntos fluviales respecto a la zona lacustre y palustre. De la misma manera se observa, que en el tercer mes de muestreo y correspondiente a la temporada invernal, la temperatura en la mayoría de los puntos desciende levemente respecto a los muestreos anteriores.



**Gráfico 10-3.** Resultados de oxígeno disuelto en humedal lacustre

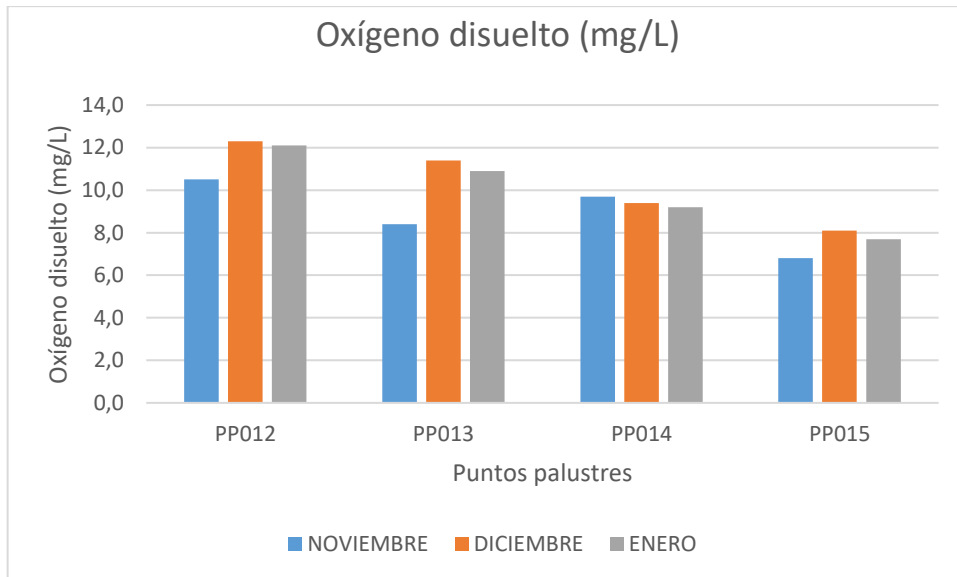
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 11-3.** Resultados de oxígeno disuelto en humedal fluvial

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

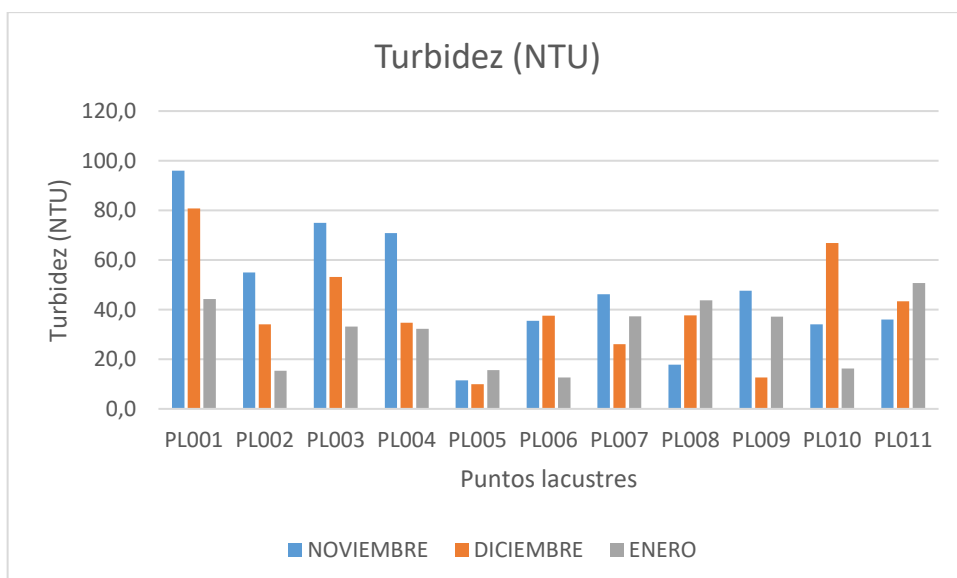




**Gráfico 12-3.** Resultados de oxígeno disuelto en humedal palustre

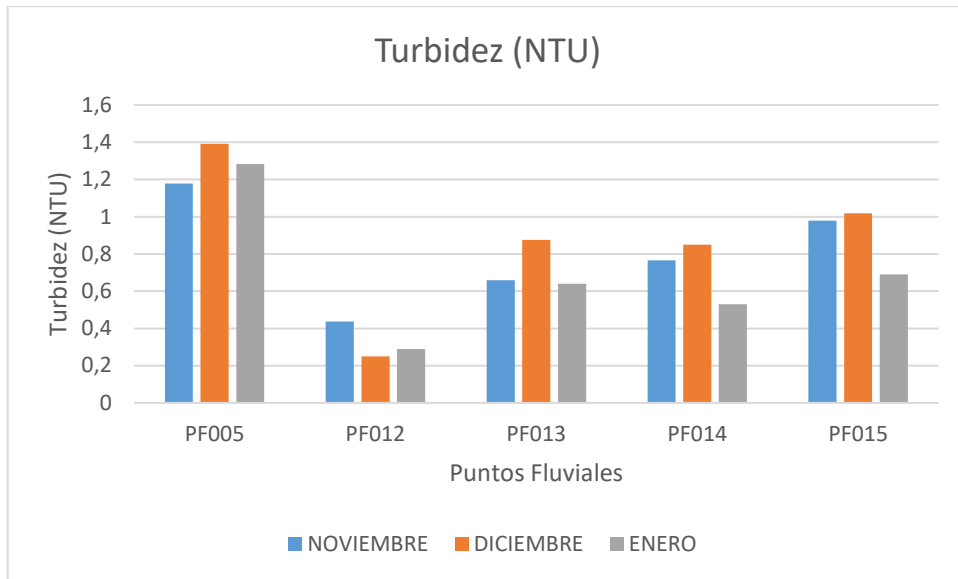
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En los gráficos 10-3, 11-3 y 12-3, se detallan los valores promedio de oxígeno disuelto medidos “in situ” durante los 3 meses de estudio, apreciándose una diferencia significativa en los puntos fluviales respecto a los puntos de la zona palustre y lacustre. El elevado contenido de oxígeno disuelto presente en la zona fluvial puede deberse al proceso fotosintético que realizan las algas fitoplanctónicas. (Larenas et al., 2018, p.16)



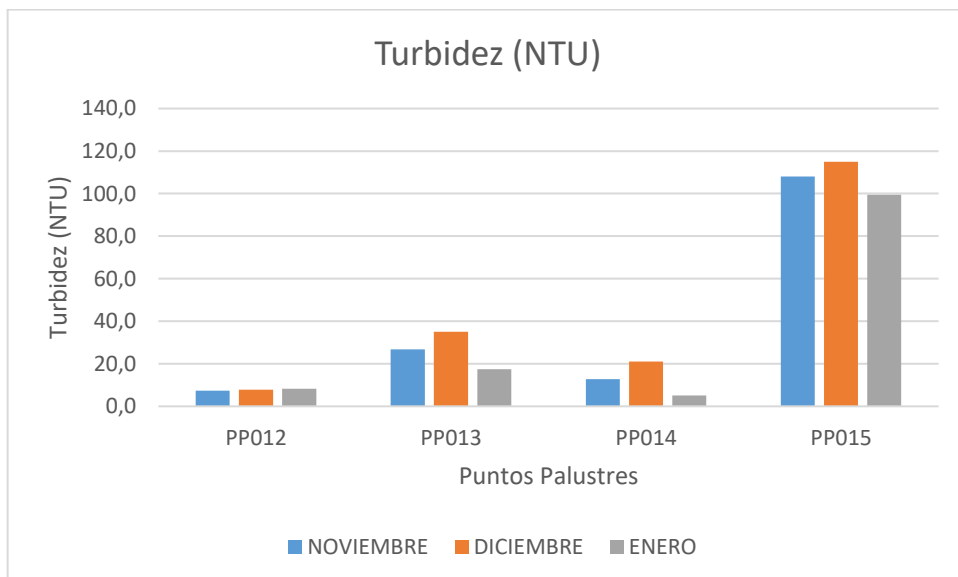
**Gráfico 13-3.** Resultados de turbidez en humedal lacustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 14-3.** Resultados de turbidez en humedal fluvial

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

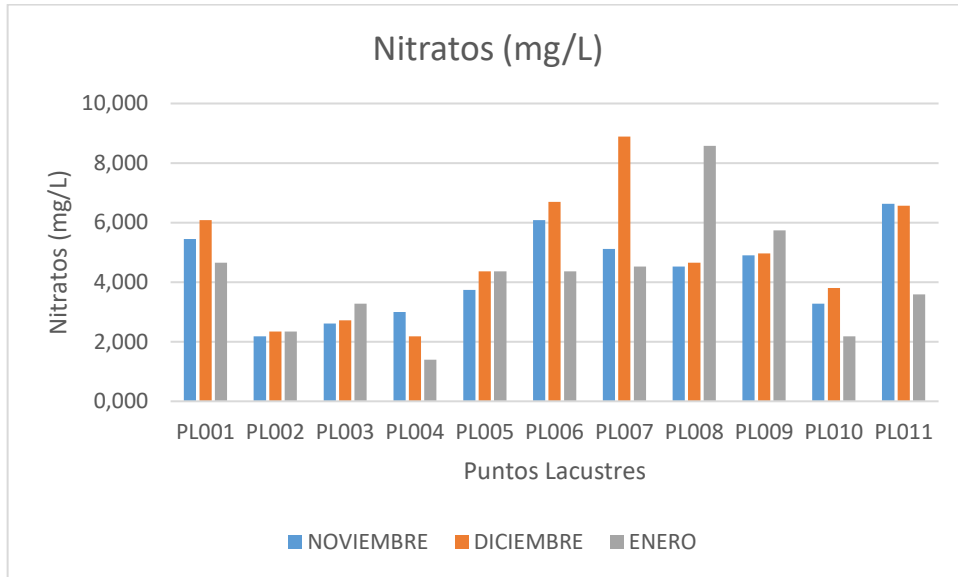


**Gráfico 15-3.** Resultados de turbidez en humedal palustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

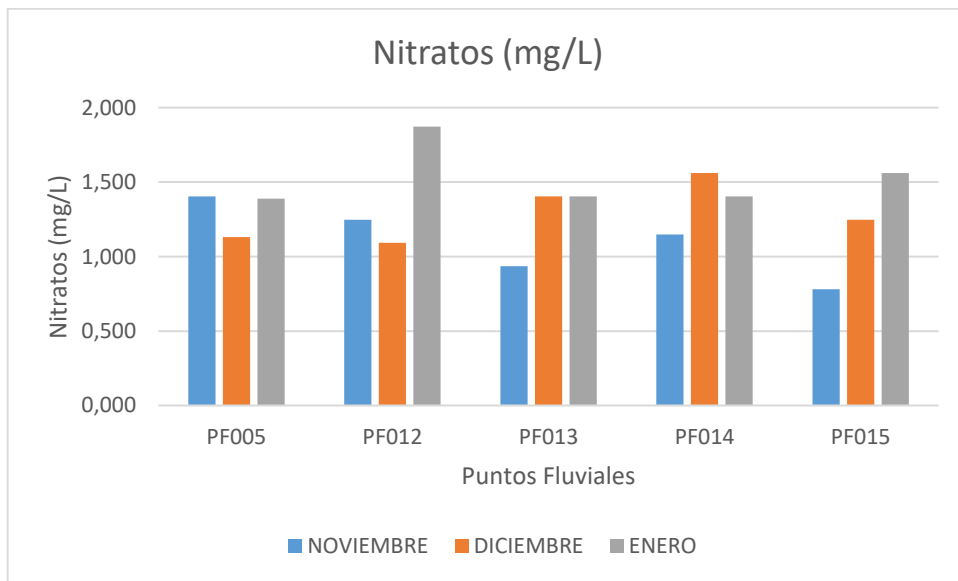
En los gráficos 13-3, 14-3 y 15-3, se detalla que el valor de turbidez correspondiente a los meses de noviembre y diciembre son ligeramente mayores en comparación con los resultados obtenidos durante el mes de enero, evidenciándose que la situación climática afecta a este parámetro, dado que durante los meses de noviembre y diciembre se registraron fuertes lluvias en la zona de estudio. Ferrelli y Aliaga, (2015, p.244) y Göransson et al., (2013, p.2534) mencionan que los factores climáticos como las precipitaciones, las corrientes y el viento, pueden incrementar el transporte de sedimentos lo que genera la suspensión de material particulado, incrementando de esta forma, la turbidez del agua.

### 3.3.2. Nutrientes



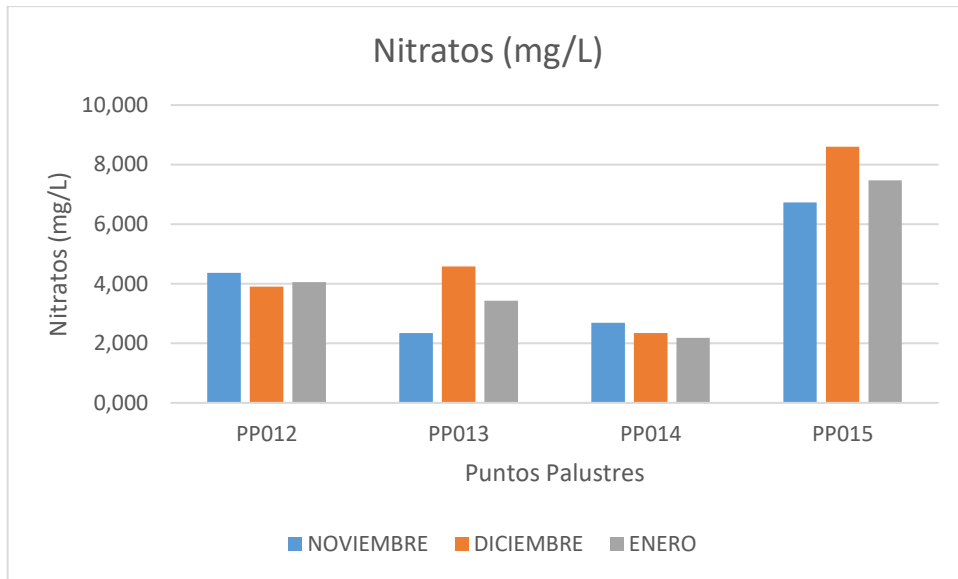
**Gráfico 16-3.** Resultados de nitratos en humedal lacustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 17-3.** Resultados de nitratos en humedal fluvial

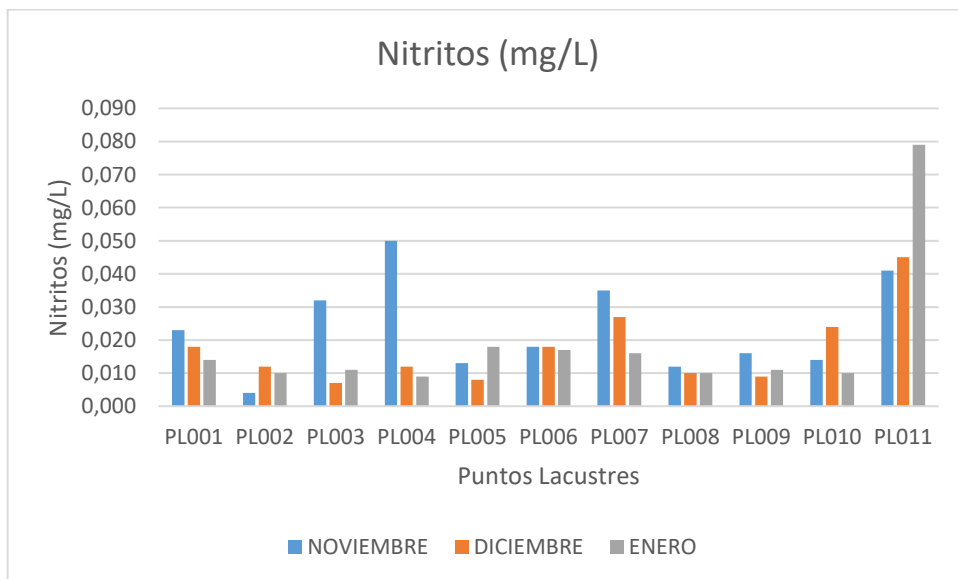
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 18-3.** Resultados de nitratos en humedal palustre

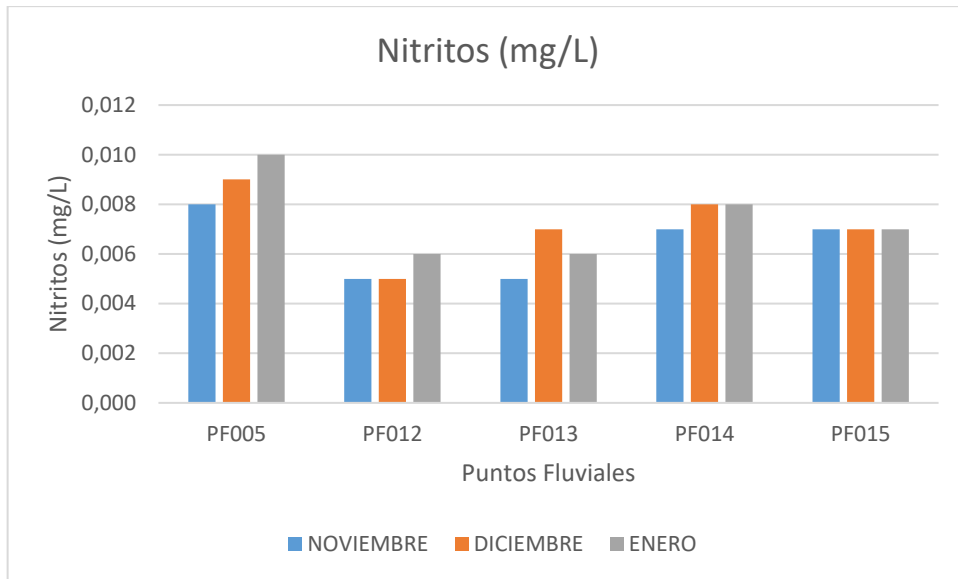
**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En los gráficos 16-3, 17-3 y 18-3, se presentan los resultados obtenidos de nitratos correspondientes a los 3 meses de estudio, teniendo para la zona lacustre fluctuaciones desde 2,193 - 6,177 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, en la zona palustre excepto por el punto 15, los valores bordean los 3 mg/L y en la zona fluvial sus valores promedio bordean entre 1,2 y 1,5 mg/L. Las concentraciones de nitratos son relativamente altas comparado con los valores encontrados por (López P. & Agudelo G., 2017, p.46) que varían entre 0,005 y 0,05 mg/L en la época seca y lluviosa respectivamente, según esta investigación dichas concentraciones se encuentran ligadas al oxígeno disuelto y el requerimiento de algas.



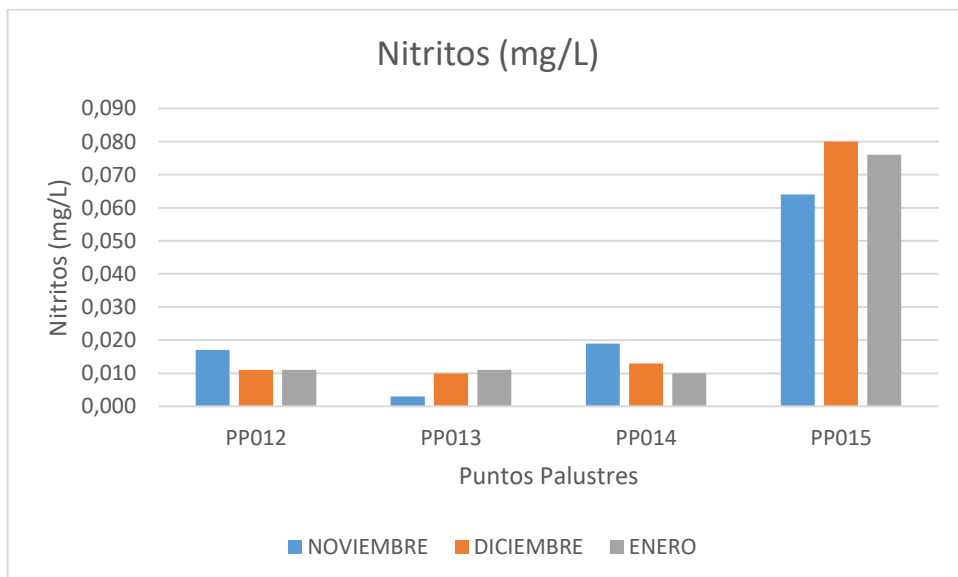
**Gráfico 19-3.** Resultados de nitritos en humedal lacustre

**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 20-3.** Resultados de nitritos en humedal fluvial

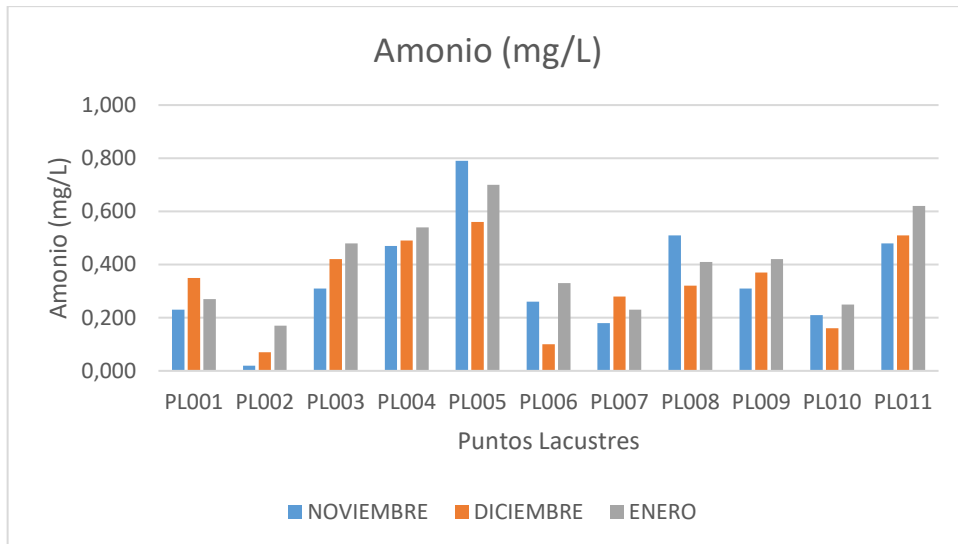
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 21-3.** Resultados de nitritos en humedal palustre

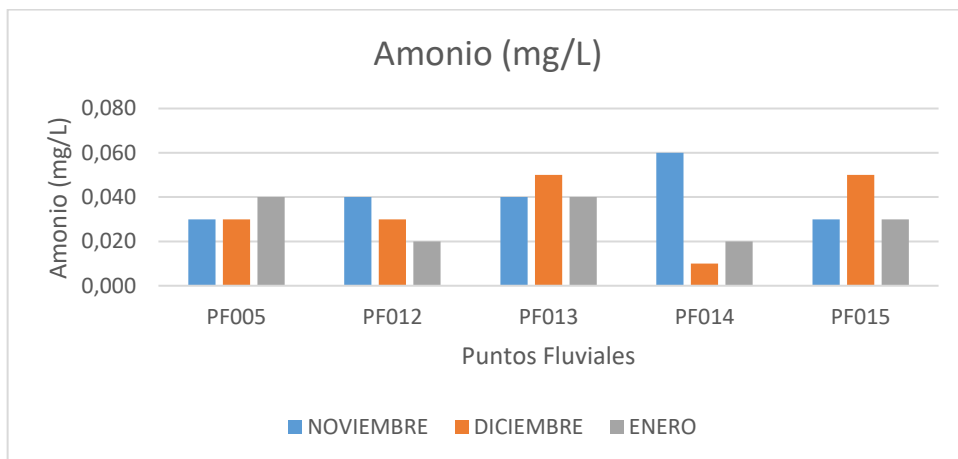
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

De acuerdo con lo que se detalla en los gráficos 19-3, 20-3 y 21-3, se observan valores de nitritos con concentraciones entre 0,004-0,080 mg/L  $\text{NO}_2^-$  para la zona lacustre y palustre, a diferencia de la zona fluviales donde la concentración se encuentra aprox.  $0,008 \pm 0,01$  mg/L  $\text{NO}_2^-$ . Las concentraciones de nitrito se encuentran ligadas a las concentraciones de OD registradas, las cuales se mantienen una relación inversamente proporcional, es decir, a mayor OD menor concentración de nitritos, puesto que ayuda a la oxidación de estos últimos a nitratos. (Bolaños, et. al, 2017, p.18)



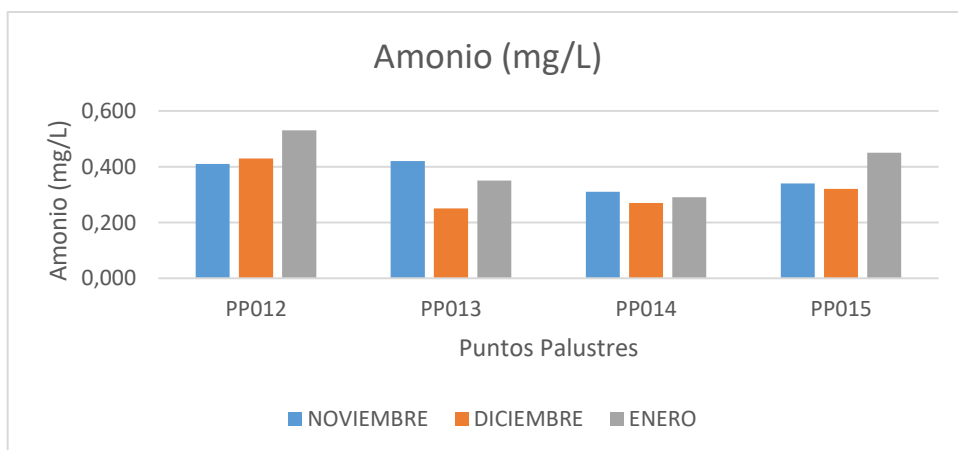
**Gráfico 22-3.** Resultados de amonio en humedal lacustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 23-3.** Resultados de amonio en humedal fluvial

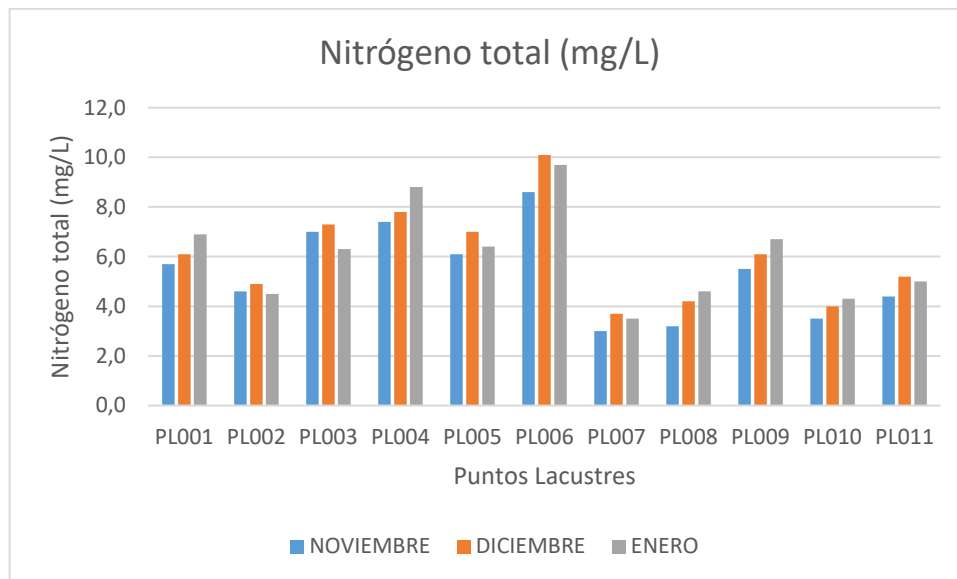
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 24-3.** Resultados de amonio en humedal palustre

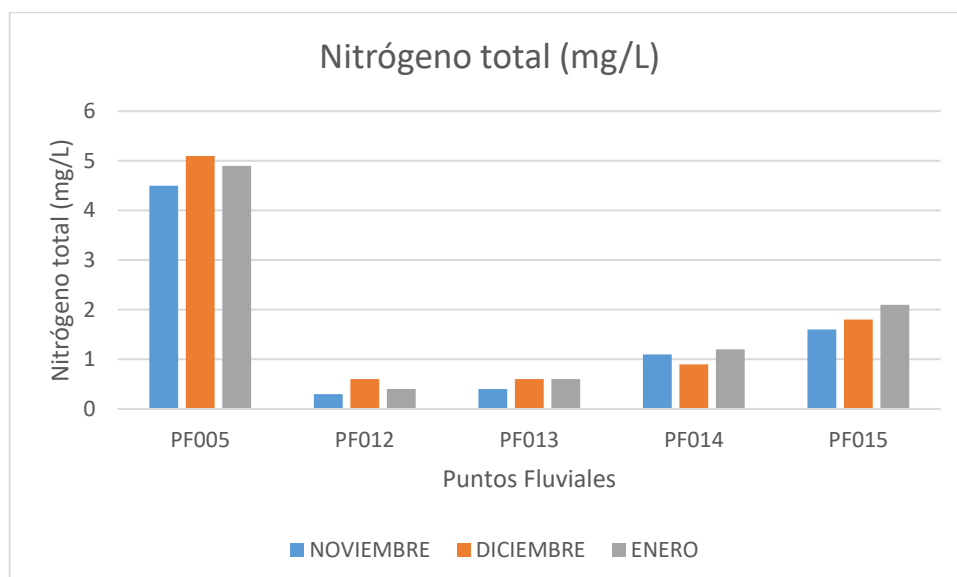
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En los gráficos 22-3, 23-3 y 24-3, se detallan los resultados de nitrógeno amoniacal, de los cuales se denota que en la zona fluvial tenemos concentraciones relativamente bajas con valores mínimos de 0,030 y máximo de 0,043 comparados con las otras zonas de estudio, cuyos valores en su mayoría están por encima de los 0,2 mg/L a excepción del punto PL002 del sector lacustre. Además, se observa que en el último mes correspondiente a la época lluviosa los resultados aumentan ligeramente, esto puede deberse a que hay un aumento en condiciones anóxicas de degradación de la materia orgánica. (Bolaños, et. al, 2017, p. 20)



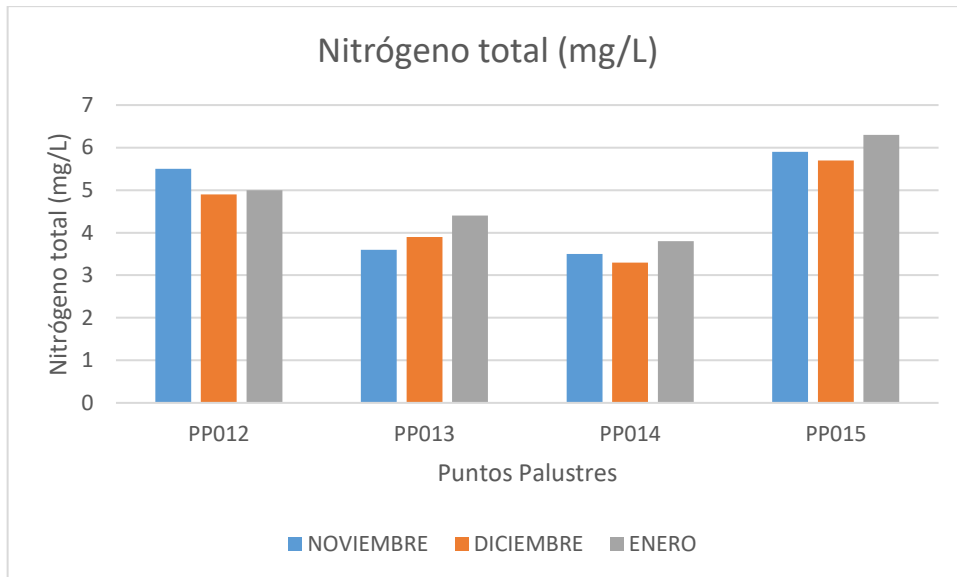
**Gráfico 25-3.** Resultados de nitrógeno total en humedal lacustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 26-3.** Resultados de nitrógeno total en humedal fluvial

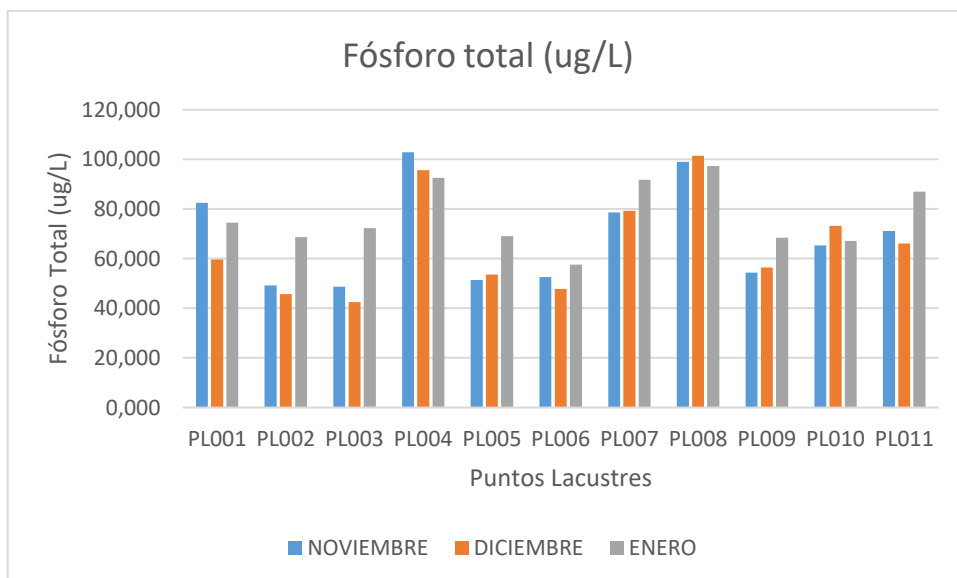
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 27-3.** Resultados de nitrógeno total en humedal palustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

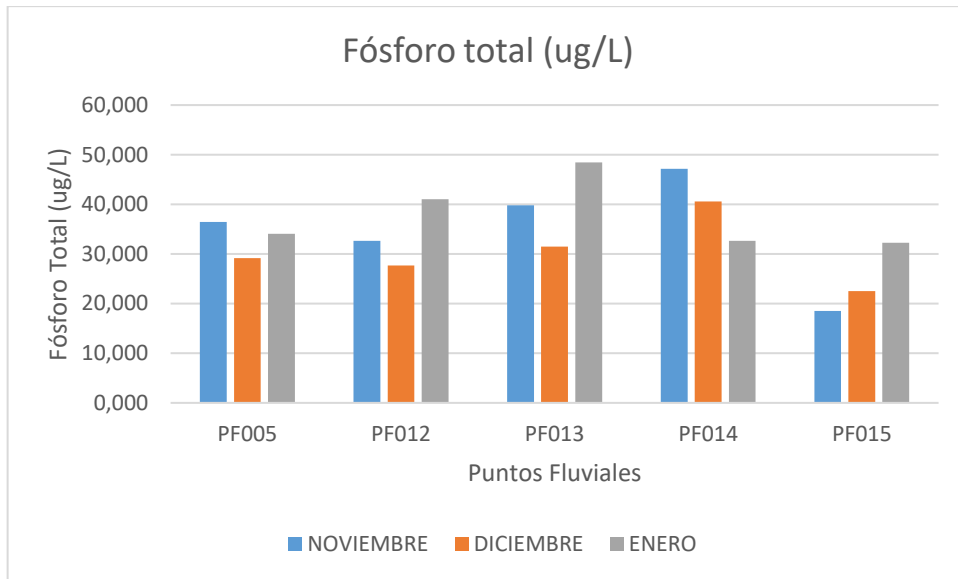
En los gráficos 25-3, 26-3 y 27-3, se detallan los resultados de los puntos estudiados durante los 3 meses de estudio, obteniendo concentraciones desde 3,0 hasta 10,1 mg/L para los puntos palustres y lacustres mientras que en los puntos fluviales que a excepción del punto PF005 mantienen valores que bordean concentraciones de 1 mg/L N. Ávila et al. (2007, p.32), en su investigación establece que el transporte de materiales y nutrientes de zonas altas, son retenidas de forma eventual en zonas planas y lacustres.



**Gráfico 28-3.** Resultados de fósforo total en humedal lacustre

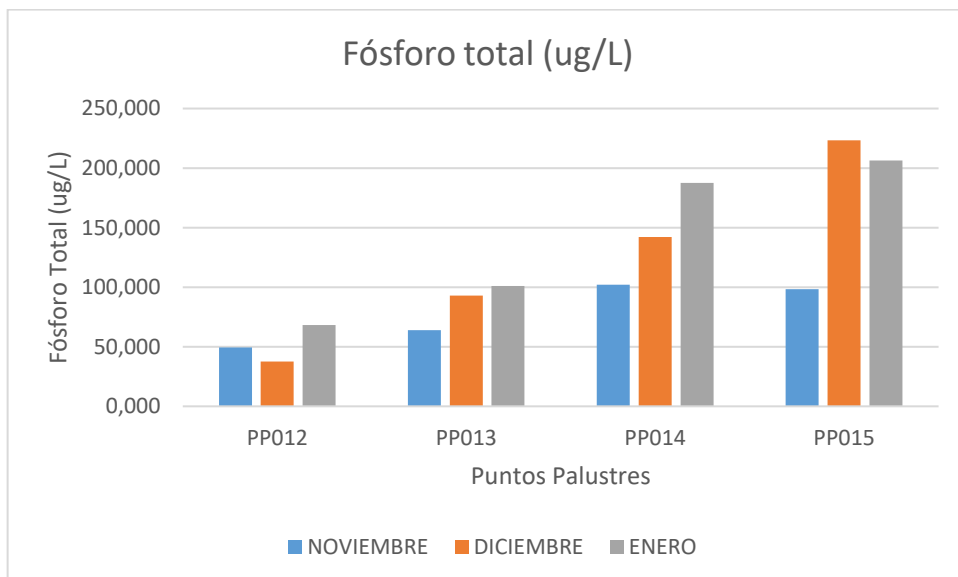
Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021





**Gráfico 29-3.** Resultados de fósforo total en humedal fluvial

**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

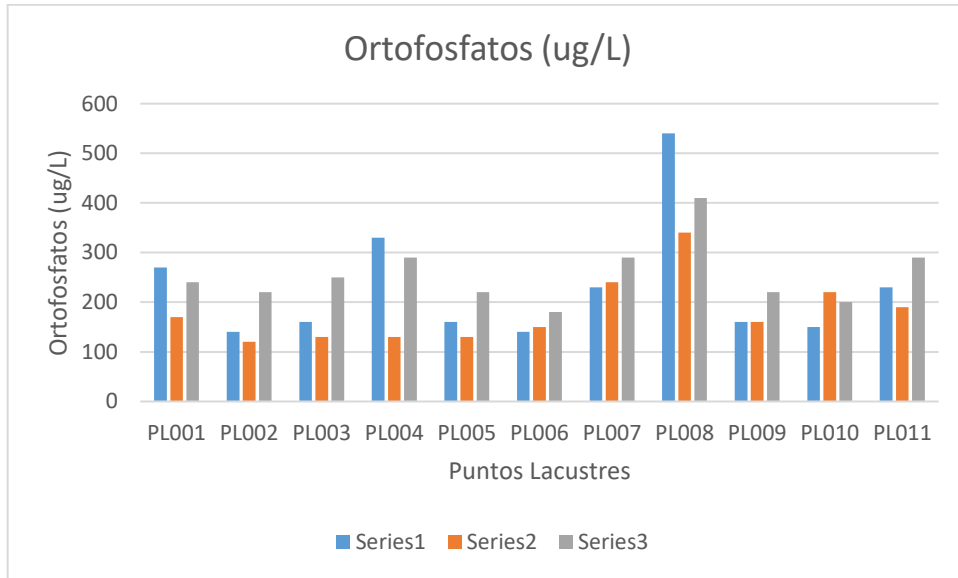


**Gráfico 30-3.** Resultados de fósforo total en humedal palustre

**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

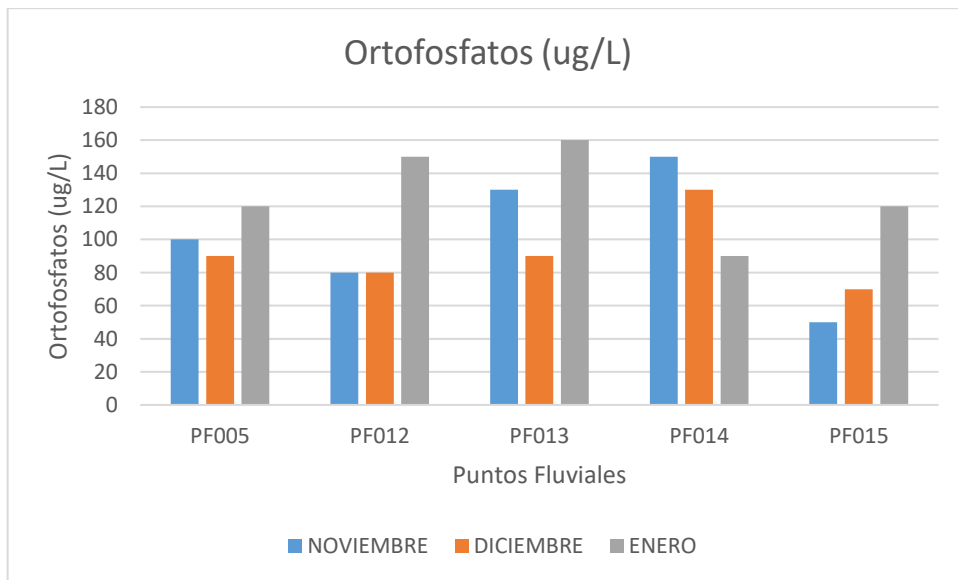
En los gráficos 28-3, 29-3 y 30-3, se detallan los resultados de fósforo total obtenidos durante los 3 meses de estudio expresados en  $\mu\text{g/L P}$ ; observándose que los puntos lacustres y fluviales no presentan variaciones significativas entre sí, a diferencia de los puntos palustres que poseen los resultados más elevados de fósforo como consecuencia de los asentamientos poblaciones y las actividades agropecuarias, también se puede denotar que el valor de fósforo total aumenta a medida que se acerca a la comunidad de Atillo. Gutiérrez et al., (2015, p.208) menciona que las actividades productivas que se desarrollan en los terrenos palustres representan uno de los principales factores antropogénicos que producen el enriquecimiento de nutrientes debido al uso

desmesurado de enmiendas con altos contenidos de nitrógeno y fósforo. De igual forma, cuando existe un aporte constante de excretas de ganado, el suelo excede su facultad de captación de nutrientes, provocando su lixiviación y posterior percolación hacia el subsuelo. (Pinos et al., 2012, p.361)



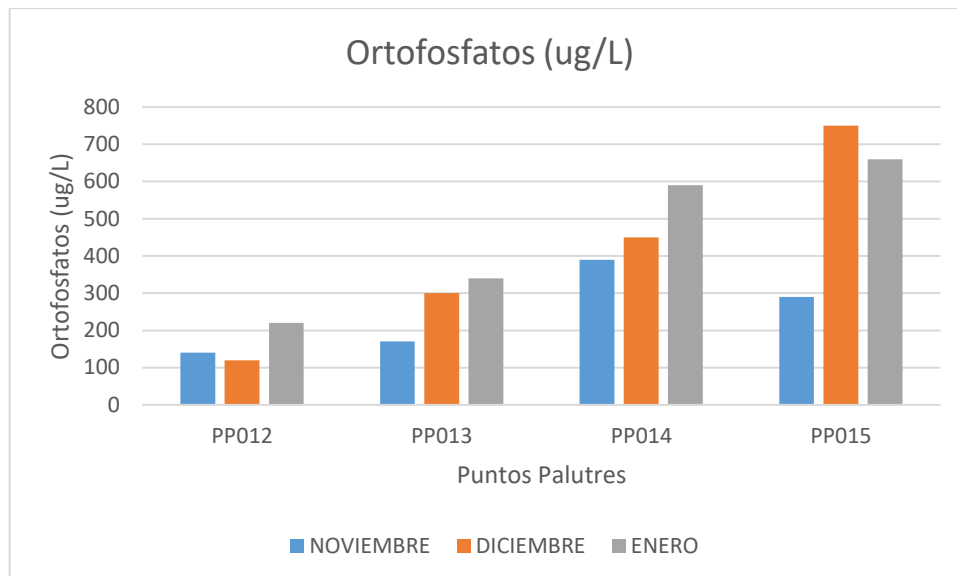
**Gráfico 31-3.** Resultados de ortofosfatos en humedal lacustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 32-3.** Resultados de ortofosfatos en humedal fluvial

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 33-3.** Resultados de ortofosfatos en humedal palustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En los gráficos 31-3, 32-3, y 33-3, se detallan los resultados de ortofosfatos obtenidos durante los 3 meses de estudio expresados en  $\mu\text{g/L PO}_4^{3-}$ , observándose que la variación de los resultados es similar a los resultados obtenidos de fósforo total, ya que los valores obtenidos de los puntos palustres son superiores a los obtenidos en los puntos lacustres y fluviales, esto se debe a que los ortofosfatos son moléculas derivadas de la oxidación de fósforo, compartiendo su fuente de contaminación, principalmente por el uso excesivo de enmiendas orgánicas que se infiltran en el suelo como producto de las precipitaciones. (Larenas et al., 2018, p.16)

### 3.3.3. *Clorofila-a*

**Tabla 2-3:** Absorbancias correspondientes al mes de noviembre.

Absorbancias (mes de noviembre)				
Longitud de onda	750 nm	664 nm	647 nm	630nm
Punto de monitoreo				
PL001	0,005	0,007	0,007	0,006
PL002	0,003	0,007	0,005	0,005
PL003	0,002	0,006	0,005	0,004
PL004	0,003	0,008	0,004	0,004
PL005	0,002	0,007	0,003	0,002
PF005	0,001	0,010	0,001	0,001
PL006	0,004	0,007	0,004	0,004

PL007	0,004	0,007	0,005	0,004
PL008	0,004	0,007	0,004	0,004
PL009	0,003	0,005	0,004	0,004
PL010	0,002	0,005	0,003	0,002
PL011	0,003	0,005	0,005	0,005
PP012	0,003	0,006	0,006	0,006
PF012	0,001	0,010	0,006	0,004
PP013	0,002	0,004	0,004	0,002
PF013	0,001	0,009	0,005	0,002
PP014	0,006	0,010	0,010	0,009
PF014	0,001	0,009	0,006	0,003
PP015	0,012	0,017	0,015	0,015
PF015	0,001	0,010	0,006	0,005

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

**Tabla 3-3:** Absorbancias correspondientes al mes de diciembre.

<b>Absorbancias (mes de diciembre)</b>				
<b>Longitud de onda</b>	<b>750 nm</b>	<b>664 nm</b>	<b>647 nm</b>	<b>630nm</b>
<b>Punto de monitoreo</b>				
PL001	0,004	0,006	0,005	0,004
PL002	0,003	0,006	0,003	0,003
PL003	0,003	0,007	0,004	0,004
PL004	0,003	0,007	0,003	0,003
PL005	0,002	0,007	0,002	0,002
PF005	0,001	0,011	0,008	0,006
PL006	0,003	0,006	0,005	0,003
PL007	0,003	0,006	0,004	0,004
PL008	0,003	0,007	0,003	0,003
PL009	0,003	0,005	0,004	0,003
PL010	0,003	0,008	0,005	0,004
PL011	0,004	0,006	0,004	0,004
PP012	0,003	0,006	0,003	0,003
PF012	0,002	0,011	0,007	0,002
PP013	0,004	0,006	0,005	0,005
PF013	0,001	0,009	0,008	0,002
PP014	0,006	0,010	0,009	0,008

PF014	0,001	0,009	0,003	0,003
PP015	0,009	0,014	0,011	0,011
PF015	0,001	0,011	0,009	0,008

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

**Tabla 4-3:** Absorbancias correspondientes al mes de enero.

<b>Absorbancias (mes de enero)</b>				
Longitud de onda Punto de monitoreo	<b>750 nm</b>	<b>664 nm</b>	<b>647 nm</b>	<b>630nm</b>
PL001	0,005	0,007	0,005	0,005
PL002	0,004	0,008	0,005	0,005
PL003	0,002	0,005	0,003	0,002
PL004	0,003	0,008	0,006	0,004
PL005	0,002	0,008	0,004	0,004
PF005	0,001	0,011	0,002	0,002
PL006	0,002	0,005	0,003	0,003
PL007	0,004	0,007	0,006	0,004
PL008	0,002	0,007	0,006	0,003
PL009	0,002	0,005	0,003	0,002
PL010	0,002	0,007	0,006	0,003
PL011	0,003	0,006	0,005	0,005
PP012	0,002	0,005	0,003	0,003
PF012	0,001	0,010	0,005	0,004
PP013	0,002	0,004	0,002	0,002
PF013	0,001	0,009	0,003	0,001
PP014	0,006	0,011	0,009	0,008
PF014	0,001	0,009	0,002	0,002
PP015	0,012	0,017	0,012	0,012
PF015	0,001	0,010	0,001	0,001

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

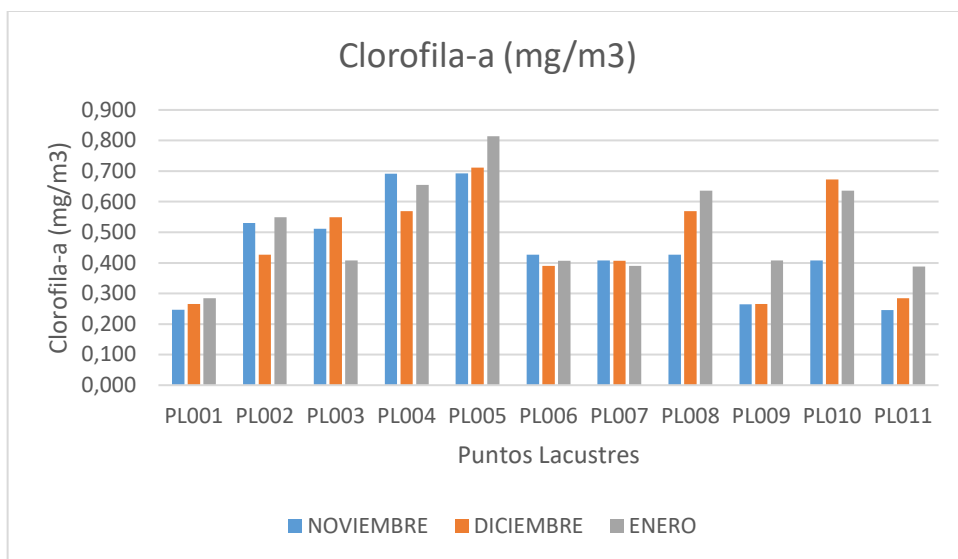
Para el cálculo de la concentración de clorofila-a se aplicó el método tricromático, para lo cual se utilizó como ejemplo las absorbancias del punto “PL001” correspondientes al mes de noviembre de 2020.

$$\text{Clorofila-a (mg/m}^3\text{)} = \frac{[11,85 (\text{Abs}_{664} - \text{Abs}_{750}) - 1,54(\text{Abs}_{647} - \text{Abs}_{750}) - 0,08(\text{Abs}_{630} - \text{Abs}_{750})]}{V_m * L} * V_e$$

$$\text{Clorofila-a (mg/m}^3\text{)} = \frac{[11,85 (0,007 - 0,005) - 1,54(0,007 - 0,005) - 0,08(0,006 - 0,005)]}{0,5 \text{ L} * (1\text{cm})} * 6 \text{ mL}$$

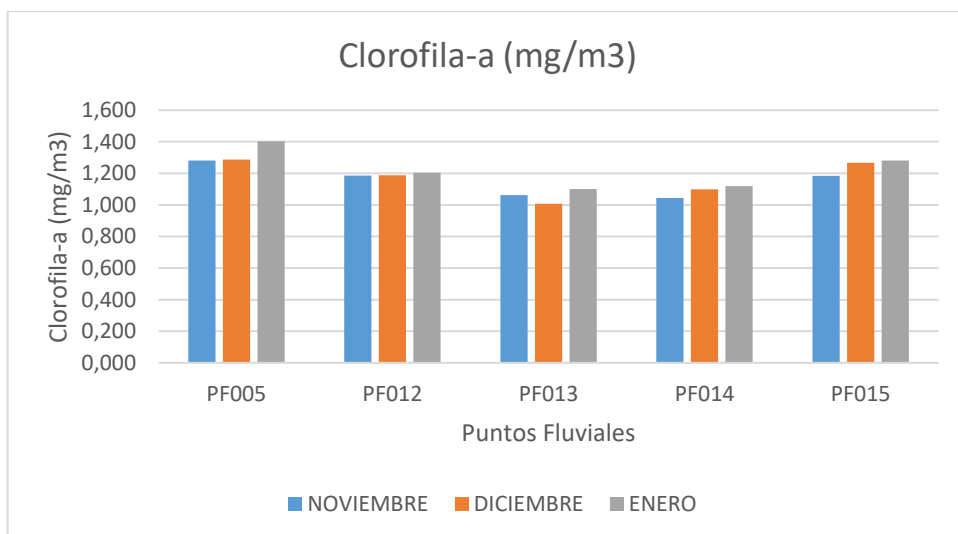
$$\text{Clorofila-a (mg/m}^3\text{)} = 0,246 \text{ mg/m}^3$$

Cabe mencionar que este cálculo se realizó para todas las absorbancias obtenidas correspondientes a los tres meses de monitoreo, mediante el cual se obtuvo los siguientes resultados:



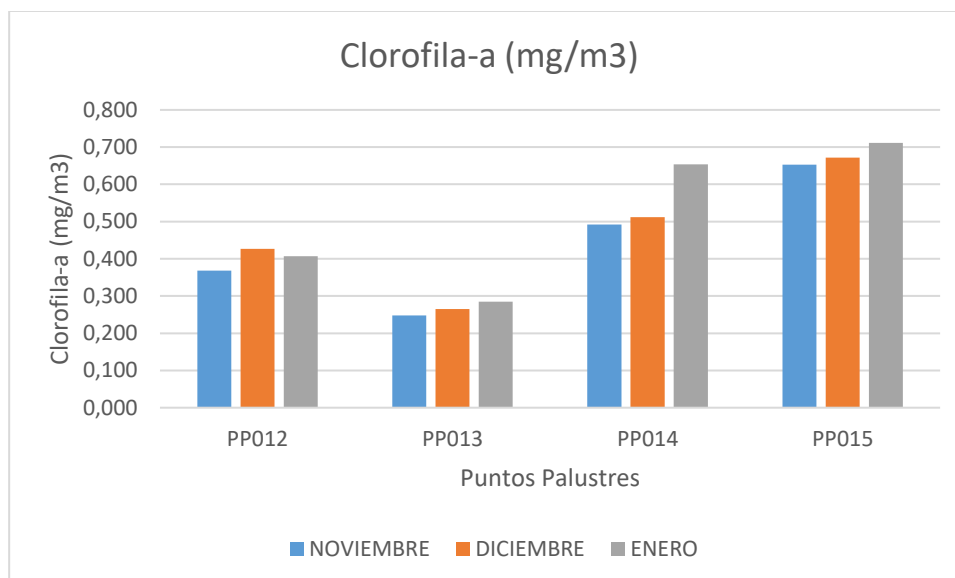
**Gráfico 34-3.** Resultados de clorofila-a en humedal lacustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 35-3.** Resultados de clorofila-a en humedal fluvial

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



**Gráfico 36-3.** Resultados de clorofila-a en humedal palustre

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En los gráficos 34-3, 35-3 y 36-3, se evidencia que los resultados de clorofila-a más elevados corresponden a los puntos fluviales, esto se debe posiblemente a que en esta zona de estudio existe mayor cantidad de especies vegetales, así como la presencia de poblaciones densas de algas, ya que, según Samanez et al., (2014, p.22) la cuantificación de la clorofila-a permite obtener un valor aproximado de la biomasa de algas.

### 3.3.4. Análisis estadístico

Para realizar el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, se utilizó el software SPSS versión 24, donde se estudió cada parámetro en las 3 zonas como son: Lacustre, Fluvial y Palustre; en un tiempo de tres meses siendo noviembre y diciembre de 2020 y enero de 2021. Para este análisis se utilizó un nivel de significancia del 5%, obteniendo los siguientes resultados.

#### 3.3.4.1. Variabilidad espacio-temporal de nitritos

**Tabla 5-3:** Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de nitritos

Pruebas de efectos inter-sujetos
Variable dependiente: Nitritos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. Valor p
Modelo corregido	,003 <sup>a</sup>	8	,000	1,238	,297
Intersección	,016	1	,016	50,446	,000
Meses	8,335E-6	2	4,168E-6	,013	<b>,987</b>
Puntos	,003	2	,001	4,561	<b>,015</b>
Meses * Puntos	,000	4	4,268E-5	,134	,969
Error	,016	51	,000		
Total	,039	60			
Total corregido	,019	59			
a. R al cuadrado = ,163 (R al cuadrado ajustada = ,031)					

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba de efectos inter – sujetos que proporciona ANOVA, para el factor “meses” se obtiene un valor p de 0.987, el cual nos indica que no es significativo por lo cual se concluye que en el tiempo que fueron tomados los datos no influyen en la variabilidad de estos. A diferencia del factor “puntos” (zona donde se tomó la muestra) se obtiene un valor p de 0.015, siendo menor que el nivel de significancia de 0.05. Por ende, el factor es significativo, es decir que influye en la variabilidad de los nitritos.

**Tabla 6-3:** Resultados de prueba post hoc de nitritos

(I) Puntos		Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PUNTOS LACUSTRES	PUNTOS FLUVIALES	0.01279	0.077
	PUNTOS PALUSTRES	-0.00730	0.694
PUNTOS FLUVIALES	PUNTOS LACUSTRES	-0.01279	0.077
	PUNTOS PALUSTRES	-,02008*	0.016
PUNTOS PALUSTRES	PUNTOS LACUSTRES	0.00730	0.694
	PUNTOS FLUVIALES	,02008*	0.016

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba post hoc, realizada en el mismo software, se observa que la zona fluvial presenta variabilidad con las zonas restantes, mientras que la zona palustre y lacustre son homogéneas.



### 3.3.4.2. Variabilidad espacio-temporal de nitratos

**Tabla 7-3:** Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de nitratos

<b>Pruebas de efectos inter-sujetos</b>					
Variable dependiente: Nitratos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	113,661 <sup>a</sup>	8	14,208	4,745	,000
Intersección	567,575	1	567,575	189,562	,000
Meses	2,286	2	1,143	,382	<b>,685</b>
Puntos	108,532	2	54,266	18,124	<b>,000</b>
Meses * Puntos	2,013	4	,503	,168	,954
Error	152,701	51	2,994		
Total	1059,170	60			
Total corregido	266,362	59			

a. R al cuadrado = ,427 (R al cuadrado ajustada = ,337)

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba de efectos inter – sujetos que proporciona ANOVA, para el factor “meses” se obtiene un valor p de 0.685, en cual nos indica que no es significativo por lo cual se concluye que en el tiempo que fueron tomados los datos no influyen en la variabilidad de estos. A diferencia del factor “puntos” se obtiene un valor p de 0.000, siendo menor que el nivel de significancia de 0.05. Por ende, el factor es significativo influyendo en la variabilidad de los nitratos.

**Tabla 8-3:** Resultados de prueba post hoc de nitratos

(I) Puntos		Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PUNTOS LACUSTRES	PUNTOS FLUVIALES	3,11307*	0.000
	PUNTOS PALUSTRES	0.02683	1.000
PUNTOS FLUVIALES	PUNTOS LACUSTRES	-3,11307*	0.000
	PUNTOS PALUSTRES	-3,08623*	0.000
PUNTOS PALUSTRES	PUNTOS LACUSTRES	-0.02683	1.000
	PUNTOS FLUVIALES	3,08623*	0.000

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba post hoc, realizada en el mismo software, se observa que la zona fluvial presenta variabilidad con las zonas restantes, mientras que la zona palustre y lacustre son homogéneas.

### 3.3.4.3. Variabilidad espacio-temporal de nitrógeno total

**Tabla 9-3:** Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de nitrógeno total

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Nitrógeno Total					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	175,892 <sup>a</sup>	8	21.986	7.049	0.000
Intersección	827.017	1	827.017	265.134	0.000
Meses	1.369	2	0.685	0.219	0.804
Puntos	171.872	2	85.936	27.550	0.000
Meses * Puntos	1.258	4	0.315	0.101	0.982
Error	159.081	51	3.119		
Total	1586.240	60			
Total corregido	334.973	59			

a. R al cuadrado = ,525 (R al cuadrado ajustada = ,451)

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba de efectos inter – sujetos que proporciona ANOVA, para el factor “meses” se obtiene un valor p de 0.804, en cual nos indica que no es significativo, concluyendo que en el tiempo que fueron tomados los datos no influyen en la variabilidad de estos. A diferencia del factor “puntos” se obtiene un valor p de 0.000, siendo menor que el nivel de significancia de 0.05. Por ende, el factor es significativo influyendo en la variabilidad del nutriente nitrógeno total.

**Tabla 10-3:** Resultados de prueba post hoc de nitrógeno total

(I) Puntos		Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PUNTOS LACUSTRES	PUNTOS FLUVIALES	4,08121*	0.000
	PUNTOS PALUSTRES	1.17121	0.164
PUNTOS FLUVIALES	PUNTOS LACUSTRES	-4,08121*	0.000
	PUNTOS PALUSTRES	-2,91000*	0.000
PUNTOS PALUSTRES	PUNTOS LACUSTRES	-1.17121	0.164
	PUNTOS FLUVIALES	2,91000*	0.000

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba post hoc, realizada en el mismo software, se observa que la zona fluvial presenta variabilidad con las zonas restantes, mientras que la zona palustre y lacustre son homogéneas.

#### 3.3.4.4. Variabilidad espacio-temporal de amonio

**Tabla 11-3:** Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de amonio

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Amonio					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,237 <sup>a</sup>	8	0.155	7.435	0.000
Intersección	3.178	1	3.178	152.767	0.000
Meses	0.022	2	0.011	0.537	0.588
Puntos	1.189	2	0.595	28.584	0.000
Meses * Puntos	0.016	4	0.004	0.188	0.944
Error	1.061	51	0.021		
Total	6.952	60			
Total corregido	2.299	59			

a. R al cuadrado = ,538 (R al cuadrado ajustada = ,466)

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba de efectos inter – sujetos que proporciona ANOVA, para el factor “meses” se obtiene un valor p de 0.588, en cual nos indica que no es significativo, concluyendo que en el tiempo que fueron tomados los datos no influyen en la variabilidad de estos. A diferencia del factor “puntos” se obtiene un valor p de 0.000, siendo menor que el nivel de significancia de 0.05. Por ende, el factor es significativo influyendo en la variabilidad del nutriente amonio.

**Tabla 12-3:** Resultados de prueba post hoc de amonio

(I) Puntos		Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PUNTOS LACUSTRES	PUNTOS FLUVIALES	,32352*	0.000
	PUNTOS PALUSTRES	-0.00598	1.000
PUNTOS FLUVIALES	PUNTOS LACUSTRES	-,32352*	0.000
	PUNTOS PALUSTRES	-,32950*	0.000
PUNTOS PALUSTRES	PUNTOS LACUSTRES	0.00598	1.000
	PUNTOS FLUVIALES	,32950*	0.000

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba post hoc, realizada en el mismo software, se observa que la zona fluvial presenta variabilidad con las zonas restantes, mientras que la zona palustre y lacustre son homogéneas.

### 3.3.4.5. Variabilidad espacio-temporal de fósforo total

**Tabla 13-3:** Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de fósforo total

<b>Pruebas de efectos inter-sujetos</b>					
Variable dependiente: Fósforo total					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	90685,071 <sup>a</sup>	8	11335.634	1.023	0.431
Intersección	323775.267	1	323775.267	29.222	0.000
Meses	1335.149	2	667.575	0.060	0.942
Puntos	50642.063	2	25321.032	2.285	0.112
Meses * Puntos	30316.381	4	7579.095	0.684	0.606
Error	565079.447	51	11079.989		
Total	1064619.810	60			
Total corregido	655764.519	59			

a. R al cuadrado = ,138 (R al cuadrado ajustada = ,003)

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba de efectos inter – sujetos que proporciona ANOVA, para el factor “meses” se obtiene un valor p de 0.924, en cual nos indica que no es significativo, concluyendo que en el tiempo que fueron tomados los datos no influyen en la variabilidad de estos. De igual manera, en el factor “puntos” el valor p es de 0.112, siendo mayor que el nivel de significancia de 0.05. Por ende, el factor no es significativo presentando homogeneidad en los datos de fosforo total.

### 3.3.4.6. Variabilidad espacio-temporal de ortofosfatos

**Tabla 14-3:** Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de ortofosfatos

<b>Pruebas de efectos inter-sujetos</b>					
Variable dependiente: Ortofosfatos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.

Modelo corregido	581891,970 <sup>a</sup>	8	72736.496	5.967	0.000
Intersección	2693465.796	1	2693465.796	220.944	0.000
Meses	62755.740	2	31377.870	2.574	0.086
Puntos	454206.818	2	227103.409	18.629	0.000
Meses * Puntos	77601.818	4	19400.455	1.591	0.191
Error	621726.364	51	12190.713		
Total	4165100.000	60			
Total corregido	1203618.333	59			

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba de efectos inter – sujetos que proporciona ANOVA, para el factor “meses” se obtiene un valor p de 0.086, en cual nos indica que no es significativo, concluyendo que en el tiempo que fueron tomados los datos no influyen en la variabilidad de estos. A diferencia del factor “puntos” se obtiene un valor p de 0.000, siendo menor que el nivel de significancia de 0.05. Por ende, el factor es significativo influyendo en la variabilidad del nutriente ortofosfato.

**Tabla 15-3:** Resultados de prueba post hoc de ortofosfatos

(I) Puntos		Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PUNTOS LACUSTRES	PUNTOS FLUVIALES	113,87879*	0.005
	PUNTOS PALUSTRES	-147,12121*	0.001
PUNTOS FLUVIALES	PUNTOS LACUSTRES	-113,87879*	0.005
	PUNTOS PALUSTRES	-261,00000*	0.000
PUNTOS PALUSTRES	PUNTOS LACUSTRES	147,12121*	0.001
	PUNTOS FLUVIALES	261,00000*	0.000

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba post hoc se observa que las tres zonas difieren una de otra, sin presentar homogeneidad en su varianza.

### 3.3.4.7. Variabilidad espacio-temporal de Clorofila – a

**Tabla 16-3:** Resultados de prueba de efectos inter-sujetos de clorofila-a

<b>Pruebas de efectos inter-sujetos</b>					
Variable dependiente: Clorofila-a					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	86631,615 <sup>a</sup>	8	10828.952	16.489	0.000
Intersección	43506.311	1	43506.311	66.247	0.000
Meses	432.954	2	216.477	0.330	0.721
Puntos	85447.528	2	42723.764	65.055	0.000
Meses * Puntos	892.877	4	223.219	0.340	0.850
Error	33493.257	51	656.731		
Total	149854.212	60			
Total corregido	120124.872	59			

a. R al cuadrado = ,721 (R al cuadrado ajustada = ,677)

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba de efectos inter – sujetos que proporciona ANOVA, para el factor “meses” se obtiene un valor p de 0.721, en cual nos indica que no es significativo, concluyendo que en el tiempo que fueron tomados los datos no influyen en la variabilidad de estos. A diferencia del factor “puntos” se obtiene un valor p de 0.000, siendo menor que el nivel de significancia de 0.05. Por ende, el factor es significativo influyendo en la variabilidad del parámetro Clorofila - a.

**Tabla 17-3:** Resultados de prueba post hoc de clorofila-a

(I) Puntos		Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PUNTOS LACUSTRES	PUNTOS FLUVIALES	-87,1521455*	0.000
	PUNTOS PALUSTRES	-0.0034555	1.000
PUNTOS FLUVIALES	PUNTOS LACUSTRES	87,1521455*	0.000
	PUNTOS PALUSTRES	87,1486900*	0.000
PUNTOS PALUSTRES	PUNTOS LACUSTRES	0.0034555	1.000
	PUNTOS FLUVIALES	-87,1486900*	0.000

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

Mediante la prueba post hoc se observa que la zona fluvial presenta variabilidad con las zonas restantes, mientras que la zona palustre y lacustre son homogéneas.

### 3.3.5. Correlaciones

Para poder estimar la relación de la clorofila con los demás nutrientes se procedió a obtener los coeficientes de correlación de Pearson en las 3 zonas de estudio.

**Tabla 18-3.** Matriz de correlaciones entre los nutrientes analizados en la zona lacustre

CORRELACIONES EN PUNTOS LACUSTRES							
	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L N)	Amonio (mg/L)	Fósforo total (µg/L P)	Ortofosfatos (µg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Nitritos (mg/L)	1	0,280	-0,092	0,321	0,236	0,068	-0,379
Nitratos (mg/L)	0,280	1	-0,154	0,055	0,178	0,385	-0,562
Nitrógeno total (mg/L N)	-0,092	-0,154	1	0,224	-0,319	-0,415	0,062
Amonio (mg/L)	0,321	0,055	0,224	1	0,220	0,183	0,365
Fósforo total (µg/L P)	0,236	0,178	-0,319	0,220	1	0,855	0,125
Ortofosfatos (µg/L)	0,068	0,385	-0,415	0,183	0,855	1	0,045
Clorofila-a (µg/L)	-0,379	-0,562	0,062	0,365	0,125	0,045	1

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

**Tabla 19-3.** Matriz de correlaciones entre los nutrientes analizados en la zona palustre

CORRELACIONES EN PUNTOS PALUSTRES							
	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L N)	Amonio (mg/L)	Fósforo total (µg/L P)	Ortofosfatos (µg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Nitritos (mg/L)	1	0,939	0,795	0,061	0,748	0,726	0,806
Nitratos (mg/L)	0,939	1	0,929	0,344	0,486	0,455	0,592
Nitrógeno total (mg/L N)	0,795	0,929	1	0,653	0,200	0,172	0,484
Amonio (mg/L)	0,061	0,344	0,653	1	-0,591	-0,608	-0,169
Fósforo total (µg/L P)	0,748	0,486	0,200	-0,591	1	0,999	0,843
Ortofosfatos (µg/L)	0,726	0,455	0,172	-0,608	0,999	1	0,845
Clorofila-a (µg/L)	0,806	0,592	0,484	-0,169	0,843	0,845	1

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

**Tabla 20-3.** Matriz de correlaciones entre los nutrientes analizados en la zona fluvial

CORRELACIONES EN PUNTOS FLUVIALES							
	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L N)	Amonio (mg/L)	Fósforo total (µg/L P)	Ortofosfatos (µg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Nitritos (mg/L)	1	-0,116	0,876	-0,208	-0,082	-0,093	0,519
Nitratos (mg/L)	-0,116	1	-0,168	-0,779	0,494	0,392	-0,116
Nitrógeno total (mg/L N)	0,876	-0,168	1	-0,127	-0,307	-0,321	0,806
Amonio (mg/L)	-0,208	-0,779	-0,127	1	0,039	0,149	-0,305
Fósforo total (µg/L P)	-0,082	0,494	-0,307	0,039	1	0,993	-0,716
Ortofosfatos (µg/L)	-0,093	0,392	-0,321	0,149	0,993	1	-0,753
Clorofila-a (µg/L)	0,519	-0,116	0,806	-0,305	-0,716	-0,753	1

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

### 3.3.5.1. Interpretación de las correlaciones

**Tabla 21-3.** Interpretación del valor del coeficiente de correlación

Valor del coeficiente	Correlación
$r = 0$	Nula
$0 < r < 0,2$	Muy baja
$0,2 < r < 0,4$	Baja
$0,4 < r < 0,6$	Moderada
$0,6 < r < 0,8$	Alta
$0,8 < r < 1,0$	Muy alta
$r = 1$	Perfecta

Fuente: Lahura, 2003. (El coeficiente de correlación y correlaciones espúreas)

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

**Tabla 22-3.** Correlaciones entre clorofila-a y los nutrientes analizados en la zona lacustre

PUNTOS LACUSTRES						
	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L N)	Amonio (mg/L)	Fósforo total (µg/L P)	Ortofosfatos (µg/L)
Clorofila-a (µg/L)	-0,379	-0,562	0,062	0,365	0,125	0,045

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021



En la tabla 22-3, se detallan los resultados de las correlaciones en los puntos lacustres, de los cuales se observa que la clorofila tiene una relación directa baja con el amonio dado que su valor es de 0,365 y muy baja con el fósforo con un valor de 0,125, es decir, a medida que el valor de la clorofila aumente los nutrientes de amonio y fósforo también lo harán. Para la relación de la clorofila con los nitritos y nitratos se observa una correlación inversa baja e inversa moderada con valores de -0,379 y -0,562 respectivamente, dando a entender que a medida que la clorofila aumente los nitritos y nitratos disminuirán, en cambio para la correlación con nitrógeno total y ortofosfatos se tiene una correlación nula ya que sus valores son cercanos a cero.

**Tabla 23-3.** Correlaciones entre clorofila-a y los nutrientes analizados en la zona palustre

	PUNTOS PALUSTRES					
	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L N)	Amonio (mg/L)	Fósforo total (µg/L P)	Ortofosfatos (µg/L)
<b>Clorofila-a (µg/L)</b>	0,806	0,592	0,484	-0,169	0,843	0,845

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En la tabla 23-3, se detallan los resultados de las correlaciones en los puntos palustres, de los cuales se observa que la clorofila tiene una relación directa muy alta para los nitritos, fósforo total y los ortofosfatos con valores de 0,806; 0,843 y 0,845 respectivamente, así mismo para los nutrientes nitratos y nitrógeno total su correlación es positiva, pero con un grado moderado obteniendo un valor de 0,592 para los nitritos y 0,484 para el nitrógeno total. Para el amonio su valor fue de -0,169 siendo esta una correlación negativa muy baja.

**Tabla 24-3.** Correlaciones entre clorofila-a y los nutrientes analizados en la zona fluvial

	PUNTOS FLUVIALES					
	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L N)	Amonio (mg/L)	Fósforo total (µg/L P)	Ortofosfatos (µg/L)
<b>Clorofila-a (µg/L)</b>	0,519	-0,116	0,806	-0,305	-0,716	-0,753

Realizado por: Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En la tabla 24-3, se detallan los resultados de las correlaciones en los puntos fluviales, de los cuales se observa que existe una correlación positiva para los nitritos y el nitrógeno total siendo moderada con un valor de 0,519 y muy alta con un valor de 0,806 respectivamente, por lo que se espera que a medida que aumente la clorofila estos nutrientes también incrementen su valor. Para

los nutrientes fósforo total y ortofosfatos se observa una correlación negativa alta con valores de -0,716 y -0,753 respectivamente, dando a entender que cuando la clorofila aumente estos nutrientes disminuyen o caso contrario cuando la clorofila disminuya el fósforo total y los ortofosfatos aumenten su valor, de igual manera para los nitratos obteniendo una correlación negativa muy baja con un valor de -0,116.

### 3.3.6. Índice de Contaminación por Nutrientes (NPI)

A continuación, se detalla el cálculo realizado para obtener del Índice de Contaminación por Nutrientes, para lo cual se utilizó como ejemplo los valores de índice de calidad de cada parámetro del punto “PL001” correspondientes al mes de noviembre de 2020.

$$NPI = e^{\sum_1^n \text{Ln}(PQI)_n * W_n}$$

$$NPI = e^{\left(\frac{1}{9}\right)(\text{Ln}(15,9)+\text{Ln}(97,2)+\text{Ln}(69)+\text{Ln}(86,33)+\text{Ln}(16,5)+\text{Ln}(84,67)+\text{Ln}(100)+\text{Ln}(51,23))}$$

$$NPI = e^{3,53544}$$

$$NPI = 34,31$$

Cabe mencionar que este cálculo se realizó para todos los puntos de monitoreo correspondientes a los tres meses de estudio, mediante el cual se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 25-3:** Resultados de Índice de Contaminación por nutrientes

Resultados de Índice de Contaminación por nutrientes				
Punto de monitoreo \ Meses	Noviembre	Diciembre	Enero	Promedio NPI
Puntos lacustres				
PL001	34,31	38,74	34,85	35,97
PL002	45,14	56,89	45,33	49,12
PL003	41,82	40,80	41,91	41,51
PL004	33,36	37,86	35,23	35,48
PL005	34,20	40,56	39,29	38,02
PL006	32,23	33,38	33,36	32,99
PL007	45,86	45,67	42,11	44,55
PL008	37,75	34,24	36,53	36,17

PL009	43,40	42,52	34,75	40,22
PL010	46,84	45,82	45,95	46,20
PL011	28,59	40,98	38,18	35,92
<b>Puntos fluviales</b>				
PF005	66,07	68,08	60,57	64,91
PF012	83,54	82,93	55,38	73,95
PF013	55,30	79,98	54,63	63,30
PF014	53,73	54,34	78,34	62,14
PF015	84,52	80,69	66,63	77,28
<b>Puntos palustres</b>				
PP012	25,96	50,22	26,01	34,06
PP013	27,78	27,76	27,18	27,57
PP014	47,37	47,76	46,03	47,05
PP015	24,31	23,88	23,84	24,01

**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En la tabla 25-3 se detallan los resultados del Índice de Contaminación por Nutrientes correspondiente a las 3 zonas de estudio, en la cual se observa que únicamente en la zona fluvial existen puntos que rodean el valor objetivo de este índice alcanzando valores entre 53,73 - 84,52; demostrando que esta zona de estudio se encuentra en mejores condiciones ambientales respecto a los criterios establecidos en la estrategia AMOEBA. Una de las ventajas que conlleva la aplicación de este índice, radica en que utiliza factores de ponderación con el mismo valor para cada una de las variables, además de utilizar logaritmos naturales, lo cual permite obtener resultados más sensibles. (Fernández y Solano, 2004, p.27)

**Tabla 26-3:** Resultados globales de Índice de Contaminación por nutrientes

<b>Resultados globales de Índice de Contaminación por nutrientes</b>	
<b>Zona de estudio</b>	<b>Valor de NPI</b>
Zona Lacustre	39,65
Zona Fluvial	68,32
Zona Palustre	32,17

**Realizado por:** Acosta León, Y. & Gorozabel Palma, R., 2021

En la tabla 26-3 se detallan los resultados globales del Índice de Contaminación por Nutrientes correspondiente a las 3 zonas de estudio, observándose que ninguno de los valores obtenidos alcanza el valor deseable del índice. Cuando el valor de NPI se encuentra por debajo del valor objetivo indica que las condiciones ambientales se alejan de forma negativa del estado deseado, como producto de la presencia y/o desarrollo antropogénico el cual provoca un deterioro en el ambiente. (De Zwart y Trivedi, 1995, p.92)

## CONCLUSIONES

- Se determinó el Índice de Contaminación por Nutrientes en el humedal de la microcuenca del río Atillo, del Parque Nacional Sangay, utilizando el índice establecido por De Zwart y Trivedi en 1995, el cual contempla la valoración mensual de las concentraciones de nitrógeno total, fósforo total, nitritos y nitratos, amonio, ortofosfatos, conductividad eléctrica, pH, turbidez y clorofila-a.
- Se analizó las concentraciones de nutrientes (nitritos, nitratos, nitrógeno total, amonio, fósforo total, ortofosfatos) en el humedal lacustre, palustre y fluvial de la microcuenca del río Atillo por medio de la utilización de metodologías establecidas en Standard Methods, mediante las cuales se demostró que el ortofosfato y el nitrógeno total conforman las variables que poseen las concentraciones más elevadas en las 3 zonas de estudio con valores de entre 0,6-10,1 mg/L N y 50-750 ug/L  $\text{PO}_4^{3-}$  respectivamente.
- Se estableció la variabilidad espacio temporal de la concentración de nutrientes en las secciones lacustre, palustre y fluvial realizando un análisis ANOVA en el software SPSS 24, indicando que existen variabilidades significativas entre las zonas de estudio debido a que los resultados obtenidos de la zona fluvial difieren de las otras zonas, mientras que las zonas palustre y lacustre poseen resultados homogéneos. De igual forma, al analizar las muestras por parámetro se demostró que no existen variabilidades significativas entre los resultados obtenidos durante los 3 meses estudios.
- Se estimó la relación entre los nutrientes con la clorofila-a en las zonas lacustre, palustre y fluvial a través del coeficiente de correlación de Pearson, concluyendo que en los puntos lacustres la clorofila-a poseen correlaciones entre muy bajas y moderadas con los nutrientes, denotando que no afectan significativamente a la concentración de este parámetro. Por otro lado, en la zona palustre, el nitrito, fósforo total y los ortofosfatos poseen una correlación directa con la clorofila-a denotando correlaciones muy altas con valores de 0,806; 0,843 y 0,845 respectivamente. Finalmente, en la zona fluvial se determinó que el nitrógeno total posee una correlación directa muy alta con un valor de 0,806 mientras que fósforo total y ortofosfatos poseen una correlación inversa alta con valores de -0,716 y -0,753 respectivamente.

- Se valoró el índice de contaminación por nutrientes del humedal de la microcuenca del río Atillo por medio del análisis mensual de los parámetros definidos, lo cual permitió establecer los índices de calidad a partir de las curvas de calidad individuales para cada variable. Los resultados globales del Índice de Contaminación por Nutrientes fueron de 39,65 en la zona lacustre, 68,32 en la zona fluvial y de 32,17 en la zona palustre. Demostrando que únicamente la zona fluvial se aproxima al valor deseable del índice (70) en el cual se logra la protección y sustentabilidad del ecosistema.

## RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un trabajo en conjunto entre el GADP-Chimborazo, GADM-Guamote y el Ministerio del Ambiente para fortalecer la protección y preservación de los humedales que conforman la microcuenca del río Atillo, por medio de un plan de prevención y mitigación el cual debe ser llevado en conjunto con los habitantes del sector con la finalidad de conservar el recurso hídrico, generando a la vez una fuente sustentable de turismo.
- Se recomienda realizar monitoreos periódicos de los parámetros físicos, químicos y biológicos en los humedales de la microcuenca del río Atillo, de tal forma que permitan conocer el comportamiento y calidad del sistema lacustre.
- Se sugiere delimitar las áreas donde se realizan actividades como la agricultura y ganadería, con la finalidad de regular la contaminación producida por las actividades agropecuarias a medida que permita la recuperación de la vegetación natural de la zona.
- En relación al muestreo realizado se recomienda dejar asentar los sólidos suspendidos previo a la toma de la muestra, para ello se debe esperar entre 5 a 10 minutos después de haber perforado el suelo para que la muestra de agua se clarifique, con la finalidad de evitar interferencias generadas por la turbiedad durante los análisis colorimétricos.

## BIBLIOGRAFÍA

**AMADO ÁLVAREZ, J.P.; et al.** Análisis de la calidad del agua en las lagunas de bustillos y de los mexicanos (Chihuahua, México). *Papeles de Geografía* [en línea], 2016, vol. 62, no. 1, pp. 107-118. [Consulta: 19 julio 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/407/40749621009.pdf>.

**ANDRADE MUÑOZ, E.B.** *Determinación del estado trófico del lago de Mojanda en relación con los parámetros físico-químicos.* [en línea], 2017, Otavalo: Universidad Técnica del Norte. [Consulta: 19 julio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6917>.

**ARÉVALO, M.; et al.** Análisis espacial-temporal de procesos relacionados con concentraciones de oxígeno disuelto en lagunas de maduración. *MASKANA*, 2017, vol. 8, no. 2, pp. 115-123. ISSN 13906143. DOI 10.18537/mskn.08.02.09.

**ARIZALA CARPIO, S.F.** *Estudio de las condiciones ambientales del sistema lacustre de Ozogoché, Parque Nacional Sangay, previo a la declaratoria como sitio RAMSAR* [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018, [Consulta: 18 julio 2020]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/10361/1/33T0196.pdf>.

**ÁVILA H.; et al.** Nitrogen and phosphorus in superficial waters of the low part of the River Catatumbo. (Maracaibo, Venezuela). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia* [en línea], 2007 vol.30 n. Especial Maracaibo [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-07702007000400005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702007000400005)

**ASTUDILLO, D. V.; et al.** *Introducción al estudio de los humedales* [en línea]. Loja: Valoración Socioeconómica de Humedales Altoandinos: EDITORIAL UTPL, 2010, [Consulta: 2 agosto 2020]. ISBN 9789942008893. Disponible en: [www.flacsoandes.edu.ec](http://www.flacsoandes.edu.ec).

**BAYLÓN CORITOMA, M.; et al.** Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). *Ecología Aplicada*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 119. ISSN 1726-2216. DOI 10.21704/rea.v17i1.1180.

**BOLAÑOS ALFARO, J.D.; et al.** Determination of nitrites, nitrates, sulfates and phosphates in drinking water as indicators of contamination caused by human activities, in two cantons of Alajuela, province of Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 2017, vol. 3, no. 4, pp. 15-27. DOI 10.18845/tm.v30i4.3408.

**BROCARD, G.; et al.** Eutrofización y contaminación por cromo en la laguna de Chichoj, Alta Verapaz, Guatemala. [en línea], 2016, vol. 3, no. 1, pp. 20-43. [Consulta: 18 julio 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/315644363>.

**CASALLAS, J. & GUNKEL, G.** Algunos aspectos limnológicos de un Lago altoandino, el Lago San Pablo, Ecuador. | Request PDF. *Limnética*, 2001, vol. 20, no. 2, pp. 29-46. ISSN 021 3-8409.

**CERVANTES, R.; et al.** Efecto de la marea en la concentración de nutrientes, clorofila a y parámetros físicos y químicos en una laguna costera subtropical (Bahía Magdalena, México). *Hidrobiológica* [en línea], 2017, vol. 27, no. 2, pp. 253-264. [Consulta: 21 julio 2020]. ISSN 0188-8897. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972017000200253&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972017000200253&script=sci_arttext&tlng=en).

**CONVENCIÓN RAMSAR SOBRE LOS HUMEDALES.** *Perspectiva Mundial sobre los Humedales: Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas.* [en línea], 2018, Gland: Suiza: [Consulta: 2 agosto 2020]. Disponible en:



[https://www.ramsar.org/sites/default/files/flipbooks/ramsar\\_gwo\\_spanish\\_web.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/flipbooks/ramsar_gwo_spanish_web.pdf).

**CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.** R.O. 449, 20 de Oct. 2008.

**COTILLA PAREDES, A.** Eutrophication: Causes, Effects and Controlling measures - Online Science Notes. *Online Science Note* [en línea], 2018, [Consulta: 19 julio 2020]. Disponible en: <https://onlinesciencenotes.com/eutrophication-causes-effects-and-controlling-measures/>.

**CUENCA, M.** *Los problemas de eutrofización de las aguas superficiales en relación con la agricultura* [en línea], 2017, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. [Consulta: 19 julio 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/78548>.

**DE ZWART, D. & TRIVEDI, R.C.** Manual on integrated water quality evaluation. Report 802023003. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.

**DELGADO YÁNEZ, M.S; et al.** Valoración económica del servicio limnológico de la laguna Magdalena-Atillo, Riobamba-Ecuador TT - Economic valuation of the limnetic service of Magdalena-Atillo lake - Riobamba Ecuador. *Enfoque UTE* [en línea], 2019, vol. 10, no. 2, pp. 1-16. [Consulta: 21 junio 2020]. ISSN 1390-6542. DOI 10.29019/enfoqueute.v10n2.332. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422019000200001&lang=pt](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000200001&lang=pt).

**ELISIO, S.** *Desarrollo de tecnologías basadas en la remoción de fósforo para recuperación de lagunas pampeanas eutrofizadas* [en línea]. 2017, Universidad Nacional de la Plata. [Consulta: 20 julio 2020]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62777>.

**ESPINEL PINO, V.D.** *Influencia de la actividad antropogénica en la calidad del agua del embalse La Esperanza, Ecuador* [en línea], 2018, Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/8403/Espinel\\_pv.pdf?sequence=1](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/8403/Espinel_pv.pdf?sequence=1).

**EUGERCIOS SILVA, A.R.; et al.** Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos. *Ecosistemas*, 2017, vol. 26, no. 1, pp. 37-44. ISSN 16972473. DOI 10.7818/ECOS.2017.26-1.06.

**FERNÁNDEZ, N. & SOLANO, F.** Índices fisicoquímicos de calidad del agua: Estudio comparativo. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. [en línea], 2004, vol. 2, no. 1, pp. 19-30 [Consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/903/90320103.pdf>.

**FERRELLI, F. & ALIAGA, V.** Variabilidad de las precipitaciones y sus efectos sobre la respuesta espacio-temporal de cuerpos de agua en la Región Pampeana [en línea]. 2015, Buenos Aires: Universidad Nacional de Luján. [Consulta: 06 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/295078322>

**FLORES, C.; et al.** Evaluación de parámetros fisicoquímicos y metales pesados en agua y sedimento superficial de la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México - Dialnet. *Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea], 2018, vol. 9, no. 2, pp. 33-47. [Consulta: 19 julio 2020]. ISSN 0186-4076. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6427175>.

**GARCÍA MIRANDA, F.G. & MIRANDA ROSALES, V.** Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. *Volumen II de la Colección: Agenda pública para el desarrollo regional, la metropolización y la sostenibilidad* [en línea], 2018, pp. 35-367. [Consulta: 18 julio 2020].

Disponible en: [http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2\\_Parte1\\_Eje3\\_Cap5-177-García-Miranda.pdf](http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-García-Miranda.pdf).

**GÖRANSSON, G.; et al.** Variation in turbidity with precipitation and flow in a regulated river system – River G ta lv, SW Sweden. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2013, vol. 17, no. 1, pp. 2530. ISSN 1607-7938. DOI 10.5194/hessd-10-255-2013

**GUERRA, D.; et al.** ¿Qué es un lago? El lago Maihue y los otros modos de vivir los paisajes lacustres en el sur de Chile. *Estudios Avanzados* [en línea], 2019, pp. 21-41. [Consulta: 18 julio 2020]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7186321>.

**GUTIÉRREZ CASTORENA, E.V.; et al.** Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos: revisión. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* [en línea], 2015, vol. 6, no. 1. [Consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000100017](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100017).

**HERNÁNDEZ MARTÍN, Z.** *Método de análisis de datos (Apuntes)* [en línea], 2012, Universidad de la Rioja, Servicios de Publicaciones. [Consulta: 2 agosto 2020]. Disponible en: [https://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/MAD\\_710/Lib489791.pdf](https://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/MAD_710/Lib489791.pdf).

**LAHURA, E.** El coeficiente de correlación y correlaciones espúreas. *Pontificia Universidad Católica del Perú* [en línea]. 2003: Pontificia Universidad Católica del Perú. Departamento de Economía. [Consulta: 2 agosto 2020]. Disponible en: <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/46858>.

**LARENAS MOYANO, C.E.; et al.** El problema de la contaminación de los cuerpos de agua en la comuna de Laja. Determinación de parámetros bioquímicos y físicos en la Laguna Señoraza y su posible aplicación en el aula, 2018, *Seminario de Título para optar al Título Profesional*. Los Ángeles, Chile.

**LÓPEZ, F. & TROCCOLI, L.** Dinámica de los Nutrientes en una Laguna Costera Tropical Hipersalina (Las Marites, Isla de Margarita, Venezuela). *Biociencias* [en línea], 2017, vol. 4, no. 6. [Consulta: 20 julio 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/321961194\\_Dinamica\\_de\\_los\\_Nutrientes\\_en\\_una\\_Laguna\\_Costera\\_Tropical\\_Hipersalina\\_Las\\_Marites\\_Isla\\_de\\_Margarita\\_Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/321961194_Dinamica_de_los_Nutrientes_en_una_Laguna_Costera_Tropical_Hipersalina_Las_Marites_Isla_de_Margarita_Venezuela).

**PULIDO LÓPEZ, P. C., & PINILLA AGUDELO, G. A.** Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, [en línea], 2017, vol. no. 41(158), pp. 41-50. [Consulta: 02 febrero 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.411>

**MADRID SOTO, N.E. & DAZA ARDILA, D. del S.** Determinación de la condición ambiental del humedal La Conejera a partir del estudio de la materia orgánica. [en línea], 2015: Bogotá, DC: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. [Consulta: 2 agosto 2020]. Disponible en: <http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1750>.

**MARÍN MUÑOZ, J.L.; et al.** (PDF) Percepciones sobre servicios ambientales y pérdida de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz. *Madera y Bosques* [en línea], 2016, vol. 22, no. 1, pp. 53-69. [Consulta: 29 julio 2020]. ISSN 2448-7597. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/303364296>

**MOLINA CABRERA, E.; et al.** Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México* [en línea], 2003, vol. 47, no. 1, pp. 88-92. [Consulta: 2 agosto 2020]. ISSN 0583-7693. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0583-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-)

76932003000100014.

**MONGE PINEDA, S.** Desarrollo del método para la cuantificación de la clorofila-a en muestras de agua, por espectroscopia ultravioleta visible. [en línea], 2015: [Consulta: 2 agosto 2020]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8556/>.

**NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA.** Acuerdo N°97/A. 04 de noviembre de 2015

**PERALTA CORTÉZ, V.S. & VELA LOMBEIDA, D.O.** *Propuesta de elaboración de la normativa legal de las zonas de amortiguamiento como elemento básico en el cuidado de las áreas naturales protegidas, Parroquia Malchingui, Cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha.* [en línea], 2014, Quito: UCE. [Consulta: 2 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3115>.

**PINOS RODRÍGUEZ, J.M.; et al.** Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*. 2012, vol. 46, no. 4, pp. 359-370. ISSN 2521-9766

**PIS RAMÍREZ, M.; et al.** Caracterización del agua y sedimento de las lagunas costeras de Tunas de Zaza, Cuba. Parte I Water and sediment characterization of coastal lakes Tunas de Zaza, Cuba. Part I. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 2018, vol. 35, no. 2, pp. 55-60. ISSN 0138-8452.

**PULIDO, P. C., & PINILLA, G. A.** (2017). Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 41(158), 41-50. Recuperado a partir de <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/411>

**QUINTANA PÉREZ, D.C.** *Comparación de la eficiencia de los filtros de macrófitas en flotación FMF, para el tratamiento de aguas de lagos eutróficos.* [en línea], 2017: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. [Consulta: 21 junio 2020]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/7875/1/236T0301.pdf>.

**RODÓ, E.** *Dinámica de los ciclos biogeoquímicos de nitrógeno y fósforo total en la laguna de Rocha.* [en línea], 2016: Universidad de la República. [Consulta: 20 julio 2020]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9071/1/uy24-18207.pdf>.

**ROLLE LONGLEY, K.; et al.** Effects of nutrient load from St. Jones River on water quality and eutrophication in Lake George, Florida. *Limnologica* [en línea], 2019, vol. 77. [Consulta: 2 agosto 2020]. ISSN 00759511. DOI 10.1016/j.limno.2019.125687. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0075951118302044>.

**ROMERO GALLARDO, M.** El Proceso de Eutrofización: otra de las múltiples caras de la contaminación. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, ISSN-e 2173-0903, N°. 36, 2020 [en línea], 2020, vol. 36, no. 1, pp. 12. [Consulta: 19 julio 2020]. ISSN 2173-0903. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7220428&info=resumen&idioma=SPA>.

**RUIZ RUIZ, T.M.** Análisis comparativo de índices de eutrofización en lagunas costeras del Estado de Sonora, México. [en línea], 2017, Baja California: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. [Consulta: 2 agosto 2020]. Disponible en: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/574>.

**SAMANEZ VALER, I.; et al.** Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas

continentales del Perú. 2014, pp. 22-23. ISBN: 978-612-4174-15-5

**SUÁREZ DUQUE, D.; et al.** Análisis del carbono secuestrado en humedales altoandinos de dos áreas protegidas del Ecuador. *Ecología Aplicada*, 2016, vol. 15, no. 2, pp. 171. ISSN 1726-2216. DOI 10.21704/rea.v15i2.756.

**TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.** Acuerdo No. 061. 14 de mayo de 2015.

**ZAMBRANO ALCÍVAR, A.** *Evaluación del grado de eutrofización de la laguna natural El Carmen y su situación con las épocas del año.* [En línea], 2018: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. [Consulta: 05 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/798/1/TMA171.pdf>

**ZAMORA LÓPEZ, G.** *Evaluación preliminar de las características Físicoquímicas de las aguas subterráneas de la Cuenca 72 del municipio de San Juan del Sur en el mes de Abril del año 2013.* [En línea], 2014: Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua. [Consulta: 05 febrero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/5611/1/65727.pdf>

## ANEXOS

### Anexo A: Fotografías de las Lagunas de Atillo y Kuyuk



**Fotografía N°1.** Laguna de Atillo.



**Fotografía N°2.** Laguna Kuyuk



**Anexo C: Autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica No. 822 (MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA)**

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA

**AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 822**

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

**1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA**

**2.- CÓDIGO**

MAAE-ARSFC-2020-0822

**3.- DURACIÓN DEL PROYECTO**

FECHA INICIO	FECHA FIN
2020-11-28	2021-05-28

**4.- COMPONENTE A RECOLECTAR**

Plantae
---------

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

**5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION**

Nº de C.I./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0650294788	PATARON CUNDURI NANCY LILIANA	Ecuatoriana	tesista-ingeniería		Chlorophyceae
2000116042	ACOSTA LEON YAHIR JARED	Ecuatoriana	tesista-ingeniería		Chlorophyceae
2350599292	GOROZABEL PALMA ROBINSON JOSE	Ecuatoriana	tesista-ingeniería		Chlorophyceae
2100789805	RIVERA GARCIA BEXY SELENA	Ecuatoriana	tesista-ingeniería		Chlorophyceae

**6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:**

**Nombre del Proyecto:** Los sistemas lacustres del centro del Ecuador como fuente o sumideros de Dióxido de Carbono como determinante para su conservación.

**7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCION CON EL PROPOSITO DE:**

Incrementar la conservación de humedales de la zona 3 correspondiente a las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi de una forma participativa entre los comuneros, el estado y la universidad cumpliendo con los principios ambientales de sustentabilidad y pro-natura.
Plantear eficientes programas de restauración de ecosistemas lacustres.
Realizar un inventario de emisiones de carbono en sistemas lacustres.
Establecer criterios de calidad del agua de sistemas lacustres.

**8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:**

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
CHIMBORAZO	PARQUE NACIONAL SANGAY	NA

**9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR**

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	N° MUESTRA	N° LOTE
Chlorophyceae	Clamydomonadales	NA	NA	NA	compuesta	8	

**10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO**

<b>FASE DE RECOLECCIÓN:</b>	En un barco se llegarán a los puntos georreferenciados y con ayuda de una botella de Niskin se procederá a extraer volúmenes de agua a diferentes profundidades para formar la muestra compuesta que servirán para los análisis in situ y ex situ.
<b>FASE DE PRESERVACIÓN:</b>	Las muestras llevadas al laboratorio requerirán de refrigeración a 4°C.

**11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO**

<b>MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:</b>	Parámetros in situ Parámetros in situ: Para la determinación de los parámetros in situ de pH (Standard Method, método 4500H+ B), conductividad eléctrica (Standard Method, método 2510 A), oxígeno disuelto (Noma NTE INEN-ISO 1106:2013) y temperatura (Standard Method, método 2550 B) se hará uso del multiparámetro AZ86031 water quality meter, en donde se introducirán los diferentes sensores a la muestra de agua y se procederá a anotar los datos obtenidos de forma automática en el equipo. La transparencia se determinará mediante el disco Secchi el cual se introduce al agua del lado sombreado del bote o de la embarcación; se determina la profundidad a la que el disco desaparece de nuestra vista, se realiza este mismo paso 3 veces. Se calcula el promedio aritmético de las lecturas tomadas, tomándose dicho promedio como el límite de visibilidad en la columna de
---	---



<p>agua. Parámetros ex situ Turbiedad (Standard Method, método 2130: B): La determinación de este parámetro se realizará mediante el turbidímetro el cual consta de una celda, en esta se colocará la muestra de agua y se llevará al portacelda para ser analizada en el equipo, finalmente se anotarán los resultados obtenidos en la lectura de la muestra. Carbonatos y bicarbonatos (Manual HACH, método 8203): La determinación de estos parámetros realiza mediante una valoración química, este método es denominado de Warder en la cual la muestra de agua con presencia de indicadores ácido-base nos indica la cantidad de volumen necesario de un ácido fuerte para neutralizar los iones carbonatos y bicarbonatos de la muestra. Nitratos y Fósforo Total (Manual HACH, método 8039 y 8190 respectivamente): La determinación de nitrato se realizará mediante el uso de almohadillas de nitrato (NITRAVER 5) y de fósforo total mediante el kit de fósforo total (TNT Total PHOSPHORUS), ambos análisis requieren del espectrofotómetro Hach el cual permite la lectura de sus concentraciones.</p>
---

**12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCION.**

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
Chlorophyceae	VASOS DE PRECIPITACIÓN, PIPETAS, BOTELLAS DE AMBAR, MATRAZ AFORADO DE VIDRIO, BALON DE PRECIPITACIÓN	Equipo en Campo

**13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO**

Chlorophyceae	Herbario Escuela superior Técnica del Chimborazo
---------------	--

**14.- RESULTADOS ESPERADOS**

Se espera determinar la calidad de agua de la Laguna Magdalena-Atillo, con base en los resultados obtenidos se tomarán medidas ya sea para la conservación o recuperación de estos ecosistemas.

**15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DECISIONES A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.**

METAS	DESCRIPCIÓN
Meta04.19.01 Para el 2021, el Ecuador implementa a agenda nacional de investigaciones, con el involucramiento de la academia, sector público, privado, pueblos y nacionalidades.	Los resultados obtenidos de esta investigación aportarían a la creación de la Agenda Nacional de Investigaciones, ya que se tratan de datos actualizados, mismos que servirán para el manejo sostenible de los humedales de la zona 3 correspondiente a las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi

**DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES**

- Solicitud de: **PATARON CUNDURI NANCY LILIANA**
- Institución Nacional Científica : **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2021/05/13**
4. Valoración técnica del proyecto: **TELLO RAMOS FANNY ELIZABETH**
5. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.**
6. Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS**, sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.
7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de **BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.**
8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

**OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.**

**9.** Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico recolectado.
- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

**10.** Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolecto el material biológico.

**11.** Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

**12.** Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.



**13.** Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

**14.** Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **PATARON CUNDURI NANCY LILIANA.**

**DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD**  
CEVALLOS ROMAN GERARDO RAMIRO  
2021-01-22





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 23 / 06 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Yahir Jared Acosta León</i> <i>Robinson José Gorozabel Palma</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.06.23 16:03:05  
-05'00'



1083-DBRA-UTP-2021