

UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN  
ESCORRENTÍAS Y SUELOS DE DIFERENTES  
ECOSISTEMAS DE LA SUBCUENCA DEL MACHÁNGARA  
CIRCUNDANTE AL EMBALSE DE LABRADOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: PASCUAL RICARDO POSLIGUA ORTIZ**

**DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS**

**CUENCA – ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCION**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN  
ESCORRENTÍAS Y SUELOS DE DIFERENTES ECOSISTEMAS DE  
LA SUBCUENCA DEL MACHÁNGARA CIRCUNDANTE AL  
EMBALSE DE LABRADOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: PASCUAL RICARDO POSLIGUA ORTIZ**

**DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS**

**CUENCA - ECUADOR**

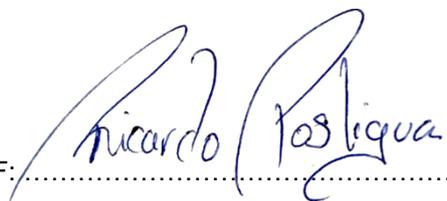
**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

### **Declaratoria de Autoría y Responsabilidad**

**PASCUAL RICARDO POSLIGUA ORTIZ** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1720925088**. Declaro ser el autor de la obra: “ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN ESCORRENTÍAS Y SUELOS DE DIFERENTES ECOSISTEMAS DE LA SUBCUENCA DEL MACHÁNGARA CIRCUNDANTE AL EMBALSE DE LABRADOS”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **19 de septiembre de 2022**

F:  .....

**Nombres y Apellidos**

**C.I. 1720925088**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por PASCUAL RICARDO POSLIGUA ORTIZ, bajo mi supervisión.



---

**Ing. Carlos Matovelle Bustos**  
**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Se la dedico al forjado de mi camino a Ti Padre Celestial tu bendición ha sido fundamental para avanzar y seguir alcanzando mis metas y mis sueños.

Al gran Amor de mi vida que son mis hijos, quienes son mi motor para seguir hacia adelante, a mi Amorosa Madre Virginia Ortiz, a quien tengo el privilegio y orgullo de contar con su apoyo, mi hermano, mis hermanas y toda mi familia, que me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento quienes me han convertido en la persona que soy, con mis valores, mis principios, mi perseverancia y empeño con una gran dosis de Amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Con estas líneas quiero agradecer a todas las personas que han apoyado y contribuido para que este trabajo seas posible y poder finalizar con mucho éxito.

A Dios primeramente por ser la luz incondicional que me acompaña en todo este camino de metas propuestas, brindándome paciencia y sabiduría para culminar una meta más en mi vida.

También de manera muy particular agradezco a mi director de tesis y maestro de clases al Ingeniero Carlos Matovelle, que me apoyo y me facilito todas las herramientas necesarias para que concluyera esta investigación, y a todo su equipo de personas que lo acompañan, a la Bióloga Jazmín Salazar que con su ayuda se hicieron más factibles las cosas en el sitio de la investigación y a la Universidad Católica de Cuenca, por enriquecerme de mucho conocimiento.

A mi esposa Ana Pañi, por su infinito apoyo, respaldo y amor en los momentos más críticos y felices de toda esta carrera universitaria, a mis hijos Mía y Sebastián, y a toda mi familia que siempre creyeron en mí y mis capacidades.

## RESUMEN

La siguiente investigación tuvo como propósito analizar la dinámica de la concentración de nutrientes en la subcuenca del Machángara, específicamente en las zonas circundante al embalse de Labrados. Esta investigación propone fortalecer el estudio de suelos y aguas de cuatro ecosistemas diferentes (vegetación arbustiva de páramo, con vegetación nativa de páramo de pajonal, plantación forestal de pino, y humedal), a fin de tomar acciones preventivas y correctivas en la zona. Para ello, en estos cuatro distintos ecosistemas se obtuvieron datos muy relevantes tanto en campo como y en el laboratorio de los diferentes nutrientes en suelos y agua, tomados en época seca (julio, agosto y septiembre de 2021). En cuanto a los resultados, diversos análisis estadísticos y de comportamiento han sido contemplados dentro de la investigación, específicamente en términos de comportamiento de nutrientes en contraste con el caudal de cada ecosistema. Con respecto a la concentración de nutrientes el promedio de nitrógeno y fósforo totales fue 65,4 mg/l y 0,20 mg/l y los niveles de nitrógeno y fósforo totales en los suelos es de 5,5% y 48,12 mg/kg. Además, los niveles de caudales en el ecosistema arbustiva de paramos y pino es de 0,04  $m^3/s$ , y en ecosistema de páramo de pajonal es de 0,40  $m^3/s$ . Las relaciones que se obtuvieron mediante las correlaciones de Pearson son relativamente bajas con resultados que fluctúan entre -0,02 hasta -0,53 en correlaciones inversas y en relaciones directas oscilan 0,02 hasta 0,45.

*Palabras clave:* Nutrientes, subcuenca, escorrentía, Embalse, Río Machángara

## ABSTRACT

This research aimed to analyze nutrient concentration dynamics in the Machángara watershed, particularly in the surrounding areas of the 'Labrados' reservoir. This research proposes to reinforce soil and water studies of four ecosystems (moor shrub vegetation, with native moor vegetation of grassland, pine forest plantation, and wetland), to undertake preventive and corrective actions in the area. To do so, in all four ecosystems, relevant data were collected during the dry season (July, August, and September 2021), in the fields and in the laboratory of different nutrients in soils and water. As for the results, several statistical and behavioral analyses have been addressed within the research in terms of nutrient behavior in contrast to the flow rate of each ecosystem. Regarding the nutrient levels, the average total nitrogen and phosphorus were 65.4 mg/l and 0.20 mg/l, and the levels of total nitrogen and phosphorus in the soils were 5.5% and 48.12 mg/kg. In addition, the flow levels in the shrub land ecosystem of moors and pine are 0.04 m<sup>3</sup>/s, and the moorland ecosystem of grassland are 0.40m<sup>3</sup>/s. The relationships obtained through Pearson correlations are relatively low, ranging from -0.02 to -0.53 in inverse correlations and from 0.02 to 0.45 indirect correlations.

Keywords: nutrients, sub-basin, runoff, reservoir, Machángara River

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VII
LISTA DE FIGURAS .....	IX
LISTA DE TABLAS.....	X
LISTA DE ANEXOS .....	XI
CAPÍTULO I - 12 -	
1. INTRODUCCIÓN.....	- 12 -
1.1 OBJETIVOS.....	- 13 -
1.1.1 <i>Objetivo general.</i> .....	- 13 -
1.1.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	- 13 -
CAPÍTULO II - 14 -	
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	- 14 -
2.1 SUBCUENCA HIDROGRÁFICA .....	- 14 -
2.2 SUBCUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA .....	- 14 -
2.3 EMBALSE DE LABRADOS.....	- 15 -
2.4 NUTRIENTES.....	- 15 -
2.4.1 <i>Ciclo del nitrógeno.</i> .....	- 16 -
2.4.2 <i>Ciclo del fósforo.</i> .....	- 16 -
2.5 AGUA.....	- 16 -
2.5.1 <i>Calidad del agua.</i> .....	- 16 -
2.5.2 <i>Escorrentamiento o escorrentía.</i> .....	- 17 -
2.6 ECOSISTEMA .....	- 17 -
2.6.1 <i>Páramo.</i> .....	- 18 -
2.6.2 <i>Importancia del suelo en el páramo.</i> .....	- 18 -
2.6.3 <i>Bosque nativo.</i> .....	- 18 -
2.6.4 <i>Bosque de pino.</i> .....	- 18 -
2.6.5 <i>Suelo</i> .....	- 19 -
2.6.6 <i>Propiedades física, química y biológica del suelo.</i> .....	- 19 -
CAPÍTULO III - 21 -	
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 21 -
3.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	- 21 -
3.1.1 <i>Geocalización mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS)</i> .....	- 22 -
3.1.2 <i>Condiciones atmosféricas.</i> .....	- 23 -
3.1.3 <i>Información general de la subcuenca del Machángara.</i> .....	- 24 -
3.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS IN SITU DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	- 25 -
3.2.1 <i>Medición de parámetro mediante multiparamétrico.</i> .....	- 25 -
3.2.2 <i>Emplazamiento del pluviómetro.</i> .....	- 25 -
3.3 PROTOCOLO DE MUESTREO .....	- 26 -
3.3.1 <i>Trabajo de campo.</i> .....	- 27 -
3.4 RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE LABORATORIO .....	- 27 -

3.4.1	<i>Toma de muestras de agua en el efluente de cada sitio de estudio.....</i>	- 27 -
3.4.1	<i>Toma de muestras de suelos de los 4 ecosistemas.....</i>	- 28 -
3.5	MEDICIÓN DE CAUDALES MEDIOS MEDIANTE EL MÉTODO DEL FLOTADOR Y SECCIÓN TRANSVERSAL .....	- 30 -
3.6	CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES .....	- 31 -
3.6.1	<i>Concentración de nutrientes en agua.....</i>	- 31 -
3.6.2	<i>Concentración de nutrientes en el suelo.....</i>	- 32 -
CAPÍTULO IV - 33 -		
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	- 33 -
4.1	CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL (NT) EN LAS PARCELAS SELECCIONADAS.....	- 33 -
4.2	CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN LOS CUATROS ECOSISTEMAS DIFERENTES .....	- 36 -
4.3	CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO TOTAL (PT) EN LAS CUATRO DIFERENTES PARCELAS.....	- 36 -
4.4	CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS EN LOS CUATROS ECOSISTEMAS DIFERENTES .....	- 39 -
4.5	CAUDAL EN LOS 4 ECOSISTEMAS.....	- 40 -
4.6	CONCENTRACIÓN DE MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES PRESENTES EN EL SUELO DE CADA ECOSISTEMA.....	- 41 -
4.7	DINÁMICAS DE CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN LOS SUELOS Y LA CAPACIDAD PARA FLUIR EN EL AGUA SUBSUPERFICIAL.....	- 47 -
CAPÍTULO V - 52 -		
5.	CONCLUSIONES.....	- 52 -
CAPÍTULO VI - 53 -		
6.	RECOMENDACIONES.....	- 53 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		- 54 -
ANEXOS.....		- 58 -

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Proceso de escorrentía</i> .....	- 17 -
<b>Figura 2:</b> <i>Imagen satelital de Labrados</i> .....	- 21 -
<b>Figura 3:</b> <i>Ubicación geográfica de Labrados</i> .....	- 22 -
<b>Figura 4:</b> <i>GPS utilizado para el análisis de la investigación</i> .....	- 23 -
<b>Figura 5:</b> <i>Multiparamétrico utilizado para la investigación.</i> .....	- 25 -
<b>Figura 6:</b> <i>Ubicación de los pluviómetros en las parcelas seleccionadas.</i> .....	- 26 -
<b>Figura 7:</b> <i>Equipo de captación de agua de lluvia.</i> .....	- 26 -
<b>Figura 8:</b> <i>Recolección de las muestras de agua.</i> .....	- 28 -
<b>Figura 9:</b> <i>Frasco para la recolección de las muestras de agua</i> .....	- 28 -
<b>Figura 10:</b> <i>Extracción de las muestras de suelos.</i> .....	- 29 -
<b>Figura 11:</b> <i>Muestras de suelos.</i> .....	- 30 -
<b>Figura 12:</b> <i>Medición de los caudales medios en los diferentes ecosistemas</i> .....	- 31 -
<b>Figura 13:</b> <i>Concentración de NT de la parcela 1.</i> .....	- 33 -
<b>Figura 14:</b> <i>Concentración de NT de la parcela 2.</i> .....	- 34 -
<b>Figura 15:</b> <i>Concentración de NT de la parcela 3.</i> .....	- 34 -
<b>Figura 16:</b> <i>Concentración de NT de la parcela 4.</i> .....	- 35 -
<b>Figura 17:</b> <i>Concentración de nitratos en los diferentes ecosistemas</i> .....	- 36 -
<b>Figura 18:</b> <i>Concentración de PT de la parcela 1</i> .....	- 37 -
<b>Figura 19:</b> <i>Concentración de PT de la parcela 2</i> .....	- 37 -
<b>Figura 20:</b> <i>Concentración de PT de la parcela 3.</i> .....	- 38 -
<b>Figura 21:</b> <i>Concentración de PT de la parcela 4.</i> .....	- 38 -
<b>Figura 22:</b> <i>Concentración de fosfatos</i> .....	- 40 -
<b>Figura 23:</b> <i>Comparación de los caudales medios en los 4 ecosistemas de estudio</i> .....	- 41 -
<b>Figura 24:</b> <i>Concentración del PT en los diferentes ecosistemas.</i> .....	- 42 -
<b>Figura 25:</b> <i>Concentración del NT en los suelos de cada ecosistema de estudio</i> .....	- 43 -
<b>Figura 26:</b> <i>Concentración de hierro en los suelos de las 4 parcelas.</i> .....	- 44 -
<b>Figura 27:</b> <i>Niveles de pH presente en los suelos</i> .....	- 44 -
<b>Figura 28:</b> <i>Porcentaje de materia orgánica presente en los suelos</i> .....	- 44 -
<b>Figura 29:</b> <i>Concentración de magnesio en los suelos de los diferentes ecosistemas</i> .....	- 45 -
<b>Figura 30:</b> <i>Concentración de potasio en los suelos de los diferentes ecosistemas</i> .....	- 46 -
<b>Figura 31:</b> <i>Concentración de Zinc en los suelos de los diferentes ecosistemas</i> .....	- 46 -
<b>Figura 32:</b> <i>Relación de PT y NT con respecto a la precipitación, y caudal, en la parcela 1 de vegetación arbustiva de páramo.</i> .....	- 48 -
<b>Figura 33:</b> <i>Comparación de la concentración de los niveles de PT y NT en las 4 parcelas en estudio</i> .....	- 49 -
<b>Figura 34:</b> <i>Relación de PT y NT con respecto a la precipitación, y caudal, en la parcela 3 de vegetación de pino</i> .....	- 50 -
<b>Figura 35:</b> <i>Relación de PT Y NT con respecto a la precipitación, y caudal, en la parcela 4 de humedal.</i> .....	- 51 -

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Coordenadas de la ubicación de las parcelas analizadas .....	- 22 -
<b>Tabla 2:</b> Datos de pH y temperatura del ecosistema de bosque nativo y bosque de pino.....	- 23 -
<b>Tabla 3:</b> Análisis de laboratorio muestras de agua.....	- 31 -
<b>Tabla 4:</b> Análisis de laboratorio muestras de suelo .....	- 32 -
<b>Tabla 5</b> Comparación de la concentración de los niveles de nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) en las 4 diferentes parcelas de estudio .....	- 47 -
<b>Tabla 6:</b> Correlación de Pearson en el ecosistema de vegetación arbustiva de páramo.....	- 47 -
<b>Tabla 7;</b> Correlación de Pearson del ecosistema de vegetación arbustiva de pajonal .....	- 48 -
<b>Tabla 8:</b> Correlación de Pearson ecosistema de vegetación de pino .....	- 49 -
<b>Tabla 9</b> Correlación de Pearson ecosistema del humedal.....	- 50 -

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> <i>Tabla de resultados de laboratorio de los análisis del agua</i> .....	- 58 -
<b>Anexo 2:</b> <i>Análisis de suelos del laboratorio parcela 1</i> .....	- 59 -
<b>Anexo 3:</b> <i>Análisis de suelos del laboratorio parcela 2</i> .....	- 60 -
<b>Anexo 4:</b> <i>Análisis de suelos del laboratorio parcela 3</i> .....	- 61 -
<b>Anexo 5:</b> <i>Análisis de suelos del laboratorio parcela 4</i> .....	- 62 -
<b>Anexo 6:</b> <i>Análisis de nutrientes en el agua(primera muestra 1/12)</i> .....	- 63 -
<b>Anexo 7:</b> <i>Análisis de nutrientes en el agua (última muestra 12/12)</i> .....	- 64 -

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

La subcuenca del río Machángara es un soporte importante para la urbe cuencana en términos de abastecimiento de agua, adicional a los diversos servicios ecosistemáticos que brinda, y a su vez genera una economía dinámica y desarrollo a la región. Las propiedades de su suelo, el relieve del terreno y los cambios altitudinales y climáticos, favorecen a la flora y fauna características de la zona (García, 2019).

El embalse de Labrados retiene alrededor de 6 millones de metros cúbicos de agua, empleada primordialmente en proyectos de: ingeniería, agropecuaria, arquitectura, y urbanismo. Esta obra hidráulica neutraliza los efectos adversos de la escasez de agua y regula los caudales del río para evitar inundaciones en los sectores de la cuenca baja (Granda, 2015).

Los suelos y la vegetación guardan vínculos recíprocos con el medio ambiente dado que, contribuye a normalizar considerablemente los procesos ecosistémicos, debido a la descomposición, absorción de nutrientes, y las reservas de agua (FAO, 2015).

La cubierta vegetal en los diferentes ecosistemas de una cuenca hidrográfica influye en la circulación e infiltración de aguas pluviales. El suelo fértil promueve el crecimiento de las plantas al suministrar nutrientes y, a su vez, sirve como depósito y reserva de agua. La cubierta vegetal previene la degradación y la desertificación del suelo, sostiene el ciclo del agua, cantidad necesaria de nutrientes, estabilizando el suelo y reduciendo la erosión hídrica (Volonté, Gil, & Campo, 2018)

Las escorrentías superficiales a causa de la precipitación favorecen a la contaminación de los diferentes cursos de agua (Chagas & Kraemer, 2018). A través de descargas excesivas de nutrientes desde los suelos hacia ecosistemas acuáticos provocando la eutrofización en estos lugares, además problemas ambientales y eco sistemáticos, (Baquerizo, Acuña, & Solis, 2019).

La investigación pretende buscar alternativas en la toma de decisiones futuras para el manejo y protección de la zona y del recurso hídrico de esta subcuenca de alta montaña, además de enriquecer el conocimiento del funcionamiento hidrológico a partir de la recopilación y posterior análisis de la dinámica de concentración de nutrientes en el sector previamente mencionado.

Dentro de la tesis inicialmente se contempla un estudio basado en recopilación bibliográfica en términos de conceptos, técnicas de recolección y análisis de los nutrientes en escorrentías y suelos de diferentes ecosistemas de la subcuenca del Machángara. Posteriormente se plantea la propuesta de metodología donde es posible delimitar los protocolos de recolección de muestras en función de las recomendaciones de normativas internacionales para garantizar resultados adecuados. Finalmente, la sección de resultados y conclusiones muestran el análisis y posterior interpretación de resultados de la propuesta.

¿Cuáles son las dinámicas de concentración de nutrientes en los suelos y la capacidad para fluir en el agua subsuperficial en escorrentías y suelos de diferentes ecosistemas de la subcuenca del Machángara circundante al embalse de Labrados?

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

Analizar la concentración de nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) de la escorrentía y suelo en ecosistemas de vegetación arbustiva de páramo, con vegetación nativa de páramo de pajonal, plantación forestal de pino, y humedal, circundante al embalse de labrados ubicado en el Cantón Cuenca, provincia del Azuay.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Examinar la concentración de nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT), en los suelos de los cuatro diferentes ecosistemas, mediante la extracción de muestras de suelos y posterior análisis físicos-químicos de laboratorio para obtener base de datos.
- Determinar el caudal de los cuatro efluentes de los diferentes ecosistemas, por el método del flotador y sección transversal, para correlacionarlos con los demás datos obtenidos.
- Examinar los niveles de concentración nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) en la escorrentía de los cuatro diferentes ecosistemas, mediante la toma de muestras de agua y posterior análisis físicos-químicos en el laboratorio para obtener una base de datos.
- Analizar las bases de datos de las concentraciones de nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) en los suelos y su capacidad para fluir en el agua subsuperficial, mediante el estudio de correlaciones para establecer las dinámicas de los parámetros estudiados.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

Esta sección desarrolla las definiciones teóricas y técnicas necesarias en referencia al estudio de la dinámica de comportamiento de la concentración de nutrientes en escorrentías y suelos, en la zona denominada Labrados de la subcuenca del Machángara. Finalmente, diversos métodos de muestro y análisis de la dinámica de concentración son presentados específicamente en temas relacionados a instrumentación, protocolos de recolección y categorización de las dinámicas de concentración de nutrientes.

#### 2.1 Subcuenca hidrográfica

La subcuenca hidrográfica es un área geográfica con ecosistemas acuáticos producidas naturalmente y definidas por una línea divisoria de aguas. Se encuentra formada por un grupo de microcuencas donde sus precipitaciones pluviales mediante escorrentía desembocan a un punto en común que puede ser un lago, mar o simplemente se evaporan o se infiltran. En función de lo mencionado las cuencas hidrográficas se denominan: cuencas exorreicas (trayecto de aguas que desembocan en el mar), endorreicas (circulación de aguas, que desembocan en cuerpos de agua internos sin salida al mar) o arreica (aguas que no desemboca en ningún sitio, simplemente se evaporan o se infiltran). En estas zonas la dinámica hidrológica y los procesos socio-ecológicos se encuentran ligados espacial y temporalmente entre su medio físico y biótico (Helena Cotler et al. 2013). La subcuenca se encuentra delimitada por una superficie de captación y escorrentía de precipitaciones que favorece a una mayor biodiversidad de la flora y fauna (Lozano & Kirochka, 2015).

Las cuencas hidrográficas forman sumideros de CO<sub>2</sub>, asimismo alberga bancos de germoplasma que favorece a la conservación de la biodiversidad y la capacidad que tiene para regular la recarga hídrica. La función hidrológica favorece al drenaje del agua de las precipitaciones, recargando las fuentes de agua superficiales, así como las subterráneas (Vásconez et al. 2019).

#### 2.2 Subcuenca del río Machángara

La subcuenca del río Machángara ha sido ampliamente apreciada por la población al ser un espacio que representa a la ciudad por su belleza natural y paisajística, además, de los variados servicios ecosistémicos que proporciona a la región. La cuenca hidrográfica nace del parque Nacional Cajas, y se encuentra ubicada al noreste de la ciudad de Cuenca, forma un significativo afluente al sistema hídrico del río Paute. Se encuentra sobre los 2500 y 4000 msnm aproximadamente, y con promedios de temperaturas que oscilan entre los 8 °C a 15 °C, estos valores decrecen con la altitud (Ortega, 2012).

Las aguas de la subcuenca del río Machángara son aprovechadas para generación de energía, riego, piscicultura, industria y principalmente para el abastecimiento de agua potable para la

población cuencana (Granda, 2015). Es por ello que, el cuidado de la subcuenca del río Machángara involucra procesos complejos para la conservación y buen uso de los mencionados recursos hídricos.

La subcuenca del Machángara es considerada como un ecosistema estratégico, el cual se debe preservar, proteger y cuidar los ecosistemas presentes en este medio, puesto que cumplen funciones vitales para el medio ambiente (Riera & Chávez, 2011).

### **2.3 Embalse de Labrados**

El embalse es el acopio de agua a causa de un impedimento que el líquido circule libremente en el canal del río, obstruye su cauce total o parcialmente. Las masas de agua quedan obstruidas en un vaso topográfico, en virtud de una serie de sucesos creados naturalmente o por actividades antrópicas. Un embalse se forma generalmente de forma artificial taponando la desembocadura de un valle por intermedio de un dique o presa, proporcionando una laguna artificial. Esta estructura hidráulica ha sido creada con la finalidad de producir energía eléctrica, acumular agua durante la época de lluvias y distribuirla durante los tiempos de sequía, para el riego de sembríos o suministro de agua para la localidad o simplemente actividades de ocio (Córdova, 2015).

El embalse de Labrados se halla ubicado en la zona alta de la subcuenca del río Chulco, tributario del río Machángara, a 40 km de la capital azuaya, con una altitud de 3.400 msnm. Labrados embalsa aproximadamente 6 millones de metros cúbicos de agua, que sirven para la generación de energía eléctrica para las centrales de Saucay y Saymirín que adicionan una potencia de 38,4 MW a la red pública; para el uso de diferentes actividades y consumo de la población cuencana y demás sectores aledaños (Granda, 2015).

### **2.4 Nutrientes**

La materia mineral forma el principal componente de elementos químicos del medio ambiente y estos componentes son denominados nutrientes. Los nutrientes, el suelo, el agua y la energía, establecen componentes fundamentales para el funcionamiento y vida de los ecosistemas. La disponibilidad de los nutrientes, tanto en el suelo como en los ecosistemas acuáticos proporcionan el ambiente idóneo para el crecimiento y desarrollo de la diversidad de organismos que se encargan de realizar los ciclos globales, ambientales o ciclos biogeoquímicos que hace viable la vida (Sarandón & Flores, 2014).

Los nutrientes esenciales se encasillan en dos grupos como son los macronutrientes, que son indispensables en cantidades mayoritarias como: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y Azufre (S). Los micronutrientes son imprescindibles en pequeñas cantidades como: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), cloro (Cl) y molibdeno (Mo) (Sarandón & Flores, 2014).

El funcionamiento y la productividad de los ecosistemas depende de la disponibilidad y cantidad de nutrientes. La concentración de nitrógeno y fósforo determinan el rendimiento y el crecimiento vegetal (Avalos y Pineda 2013)

#### **2.4.1 Ciclo del nitrógeno.**

En la capa viva de la Tierra denominada biosfera los microorganismos presentes en el suelo producen la fijación del nitrógeno, nitrificación, desnitrificación y mineralización. El nitrógeno se fija mediante procesos químicos o biológicos en la biosfera. Para comprender los mecanismos del nitrógeno es necesario considerar diferentes aspectos: el tamaño de la partícula, temperatura, humedad, tipo de suelo, secado, la anaerobiosis y el anegamiento. Es muy relevante el proceso de desnitrificación, puesto que retorna el nitrógeno fijado a la atmósfera mediante procesos de respiración microbiana (Avalos y Pineda 2013).

Tomando en cuenta que todas las formas de vida tienen una relación directa con el nitrógeno, la pérdida de este material puede afectar directamente a los ecosistemas colindantes (Arguello, 2019).

#### **2.4.2 Ciclo del fósforo.**

La existencia de altas concentraciones de fósforo en el agua son un indicativo de contaminación, son productos de actividades agropecuarias demostrando la presencia de nutrientes y materia orgánica (Ruiz, 2014).

El fósforo proviene de depósitos de fosfato natural y de minerales que corresponden al grupo de fosfatos como la apatita. Este es liberado mediante la lixiviación, erosión, meteorización. Las apatitas liberan gradualmente fosfatos que son absorbidos por la biomasa microbiana las plantas para posteriormente incorporarse a la materia orgánica del suelo (Rincón, Ancízar, & Gutiérrez, 2012).

Los residuos de plantas, animales y microorganismos son la principal fuente de compuestos de fósforo, favoreciendo la formación de semillas. El ciclo de fósforo es indispensable para los procesos de mineralización e inmovilización microbiano (Rincón, Ancízar, & Gutiérrez, 2012).

### **2.5 Agua**

#### **2.5.1 Calidad del agua.**

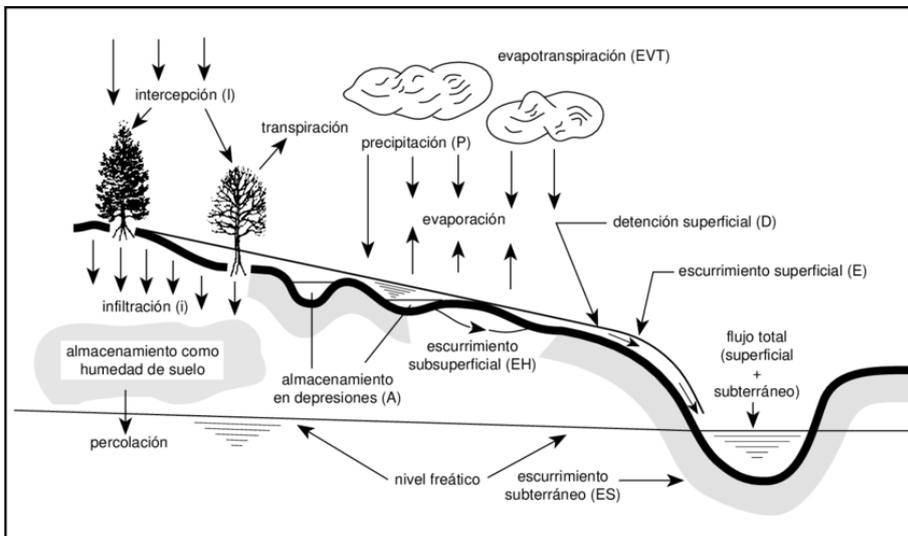
Las características físico, químico y biológicas del agua, describen en términos generales la calidad de la misma, que se evalúan a través del análisis de diversos parámetros (tensión superficial, conductividad, color, turbidez, calor específico, calor latente, contaminación, nutrientes, entre otros), cuyos datos se comparan con valores de referencia que dependen del uso, aprovechamiento del agua y de la conservación de los ecosistemas. Los sistemas acuáticos exteriorizan diversos servicios ecosistémicos, sobresaliendo el abastecimiento de agua potable, recreación y su purificación (Ortega, 2012).

El agua al ser uno de los recursos más importantes en el planeta debe ser cuidado minuciosamente. Durante décadas la principal preocupación fue la cantidad de agua disponible, pero en la actualidad, lo primordial es el estado en que se encuentran estas reservas, la calidad del agua ha generado mayor interés que la cantidad (Abbasi & Abbasi, 2021).

Si bien es cierto que la calidad del agua puede considerarse un término relativo según la utilización de esta, existen normativas parametrizadas basadas en criterios técnicos y científicos. Los métodos usados para la determinación de los parámetros referidos son los establecidos por el Standard Methods para la evaluación del agua y aguas residuales (Clesceri & Greenberg, 2000).

### 2.5.2 Escurrimiento o escorrentía

La escorrentía puede ser definida como agua procedente de la precipitación que circula hasta llegar a la red de drenaje. Se distinguen varios tipos de escorrentías como muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



**Figura 1:** Proceso de escorrentía

**Fuente:** (Vásconez et al. 2019)

## 2.6 Ecosistema

El término ecosistema se originó en 1935 por Tansley, denominado, así como una de las unidades fundamentales de la naturaleza. Se designó como el primer nivel en los sistemas biológicos en la naturaleza. Los ecosistemas son sistemas bióticos y funcionales capaces de mantener la vida incluyendo todas sus variables biológicas (Armenteras et al. 2016).

Un ecosistema está formado por diversos organismos en un área determinada donde interactúan con el ambiente (los seres vivos y el ambiente físico), estos interactúan en tiempo y espacio favoreciendo la interrelación entre materia y energía. Se pueden clasificar según criterios biogeográficos, climáticos, ecológicos, de dinámica natural y antropogénica (Bravo, 2014).

### **2.6.1 Páramo.**

Los páramos en el Ecuador no son homogéneos, la vegetación es diversa como sus suelos, los elementos meteorológicos (temperatura, precipitación, evapotranspiración, y vientos), producen una gran variedad de microclimas y zonas de vida (Aguirre & Torres, 2014).

Los páramos se encuentran ubicados de 2.800 a 4.800 msnm cuyas funciones principales son: producir, regular y almacenar agua, por lo que se los ha denominado como esponjas de agua. Se caracterizan por tener condiciones ambientales extremas, baja presión atmosférica, bajas temperatura (García, 2019).

Características principales de los páramos:

- Geológicas
- Altitudinales
- Climáticas
- Florísticas
- Faunística
- Fisonómicas

### **2.6.2 Importancia del suelo en el páramo.**

Las características propias del suelo del páramo, generalmente son de elevada porosidad, y con altos contenidos de materia orgánica, permiten la captación del agua que proviene de las lluvias, para luego liberarla paulatinamente en tiempos de sequía a manantiales, ríos, riachuelos y lagunas, de este modo protege y regulariza el sistema hídrico en las cuencas hidrográficas (Rojas, 2016).

### **2.6.3 Bosque nativo.**

El ecosistema de bosque nativo, es aquel que conserva su estructura original, donde predominan las especies endémicas del sector, regulan el microclima e índices de humedad.

Son zonas sin influencias antropogénicas, cuya vegetación está formada por especies propias del medio denominada vegetación nativa (García, 2019). Es un ecosistema biodiverso, brinda una serie de beneficios y servicios eco-sistemáticos. De igual forma cumple importantes funciones en la conservación de cuencas hídricas, suelos y protección de fauna (Ortiz, 2015).

### **2.6.4 Bosque de pino.**

Es un ecosistema introducido en el Ecuador desde 1925 por Luciano Andrade Marín, pues la especie del pino (*Pinus patula*), pertenecientes a la familia de las Pinaceae, originario del norte de América. Esta especie exótica es plantada debido a su fácil adaptación y rápido crecimiento en zonas altas y temperaturas relativamente bajas (Herrera, 2011).

Estas plantaciones en nuestros páramos y bosques nativos a la largo de la subcuenca del Machángara tienen impactos ambientales negativos en el equilibrio hídrico. También la alteración

micro climática y edáficas provocan a su vez, cambios importantes en la estructura y diversidad de la vegetación natural y demás seres vivos (Ruiz, 2014).

Estudios demuestran que las plantaciones de pinos en páramos involucran una mayor evapotranspiración y una menor escorrentía, a diferencia de un ecosistema de páramo conservado (García, 2019).

### **2.6.5 Suelo**

El suelo se define de varias maneras, esto obedece al criterio y utilización, formación, ocupación u orígenes; que cubre la mayor parte de la superficie terrestre. En general el suelo es el resultado de la desintegración o modificación física y química de las rocas, compuesto en su mayoría por materia orgánica, minerales, restos de organismos animal o vegetal, y partículas de aguay aire (Cardenas, 2015).

El tipo de suelo de la subcuenca hidrográfica contribuye en la cuantía de agua que percola y se infiltra, además de intervenir en la calidad de las aguas subterráneas que dispone una subcuenca. La planificación en el uso del suelo que se le dé a la subcuenca puede influir en todos los puntos del ciclo hidrológico. Dependiendo si es una cuenca urbana, con mayor cantidad de pavimento y menor cantidad de vegetación, los procesos de infiltración e intercepción pueden variar. Por otro lado, las cuencas agrícolas tienden a contribuir con mayor evapo-transpiración. Además de los factores del ciclo hidrológico que se ven afectados, y consecuentemente la respuesta de la cuenca ante un evento, el riesgo que suponen eventos extremos es directamente relacionados al uso (Vásconez et al. 2019).

### **2.6.6 Propiedades física, química y biológica del suelo.**

El suelo es un recurso natural no renovable compuesto por una variedad de sustancias, organismos, procesos de meteorización, formación, y diferentes condiciones climáticas que determinan las propiedades químicas, físicas y biológica; lo cual nos puede indicar la calidad de este(Zúñiga et al. 2018).

La pérdida de vegetación nativa, la tala de sus bosques y la intervención de actividades humanas ha modificado paulatinamente las propiedades hidrofísicas del suelo. La modificación de las propiedades del suelo ha ocasionado cambios en la evo-transpiración, la regulación y el almacenamiento de agua (Rojas, 2016).

Las propiedades físicas están influenciadas directamente por el tipo de condiciones climáticas y usos de suelo que se encuentran en las zonas y que gracias a estos escenarios los suelos de los páramos tienen propiedades ideales a comparación a otros grupos de suelos.

Las principales características físicas de los suelos (Balmaseda & Ponce, 2019):

- Textura.
- Estructura.

- Permeabilidad.
- Porosidad.
- Drenaje.
- Profundidad efectiva.

Las propiedades químicas de los suelos determinan la fertilidad y disponibilidad de nutrimentos. El suelo en condiciones naturales en los ecosistemas, alcanzan propiedades ideales para su entorno. No obstante, las actividades antrópicas provocan cambios indudablemente en las propiedades de los suelos (Balmaseda & Ponce, 2019).

Las principales características químicas se pueden resumir en:

- Capacidad de intercambio catiónico
- Fertilidad
- pH
- conductividad
- salinidad

Las propiedades biológicas del suelo son extensas, complicadas y dinámicas. Los micro, macro, y meso organismos del suelo cumplen un papel esencial en la desintegración y transformaciones de este, además, contribuyen inmensas cantidades de biomasa al suelo mejorando el resto de las condiciones. El muestreo de los organismos vivos es importante porque son considerados transformadores y reguladores de la biota del suelo (Calderón, Bautista, & Rojas, 2018).

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La siguiente sección desarrolla y estudia la metodología de recolección de muestras de concentración de nutrientes en escorrentías y suelo; para el análisis de datos la investigación contempla datos cuantitativos en términos de concentración de nutrientes. Adicionalmente, se muestran diversas condiciones ambientales y topográficas de las parcelas seleccionadas.

Finalmente, la metodología de trabajo seleccionada analiza un protocolo acorde a las recomendaciones de normativas de calidad, del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN; tanto para el trabajo de campo, sumado a la recogida y verificación de información (INEN, 2013)

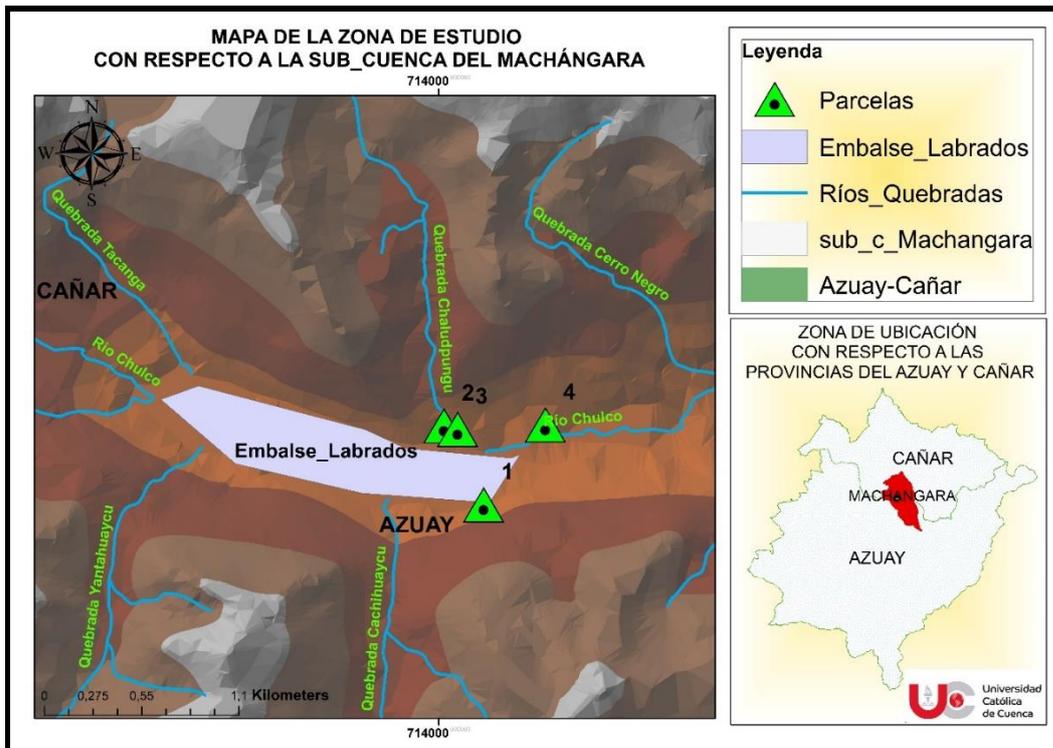
#### 3.1 Área de estudio

El área de recolección de muestras corresponde a la subcuenca del Machángara, localizada en las provincias del Cañar y Azuay, parte sur del Ecuador. Exactamente en Labrados donde las pruebas de concentración han sido analizadas dentro de las estaciones seleccionadas (100 m<sup>2</sup>), definidas por el Proyecto CEPRA-XIII-2019-06. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra la zona de las parcelas dentro del sitio de estudio.



**Figura 2:** Imagen satelital de Labrados

**Fuente:** (Google, 2022)



**Figura 3:** Ubicación geográfica de Labrados

**Fuente:** SIGTIERRAS

### 3.1.1 Geolocalización mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

En la zona de muestreo o parcelas se obtuvo una medición de campo para establecer los puntos geográficos del sitio de estudio. La tabla 1 muestra las coordenadas de las parcelas, basadas en el sistema de localización geográfica (UTM) y su altitud en referencia con el nivel del mar. El equipo seleccionado para fijar los puntos de ubicación se muestra en la figura 4.

**Tabla 1:** Coordenadas de la ubicación de las parcelas analizadas

PARCELAS	COORDENAS UTM			ALTURA
		X	Y	
PUNTO 1	17M	714252	9697827	3506
PUNTO 2	17M	714028	9698276	3514
PUNTO 3	17M	714105	9698256	3460
PUNTO 4	17M	714600	9698281	3393



**Figura 4:** GPS utilizado para el análisis de la investigación

### 3.1.2 Condiciones atmosféricas.

En la subcuenca del Machángara “embalse Labrados”, el promedio de temperatura mensual es de 8.5 °C, teniendo una mínima de 6.2 °C y máxima y 10.6 °C correspondientemente; siendo las épocas más frías en los meses de junio hasta septiembre (Quito, 2015).

Con respecto a las condiciones atmosféricas, diversas mediciones de indicadores ponderados dentro del ICA han sido analizados. La Tabla 2 muestra los datos de pH y temperatura en las parcelas de bosque nativo y bosque de pino (Calle, 2020).

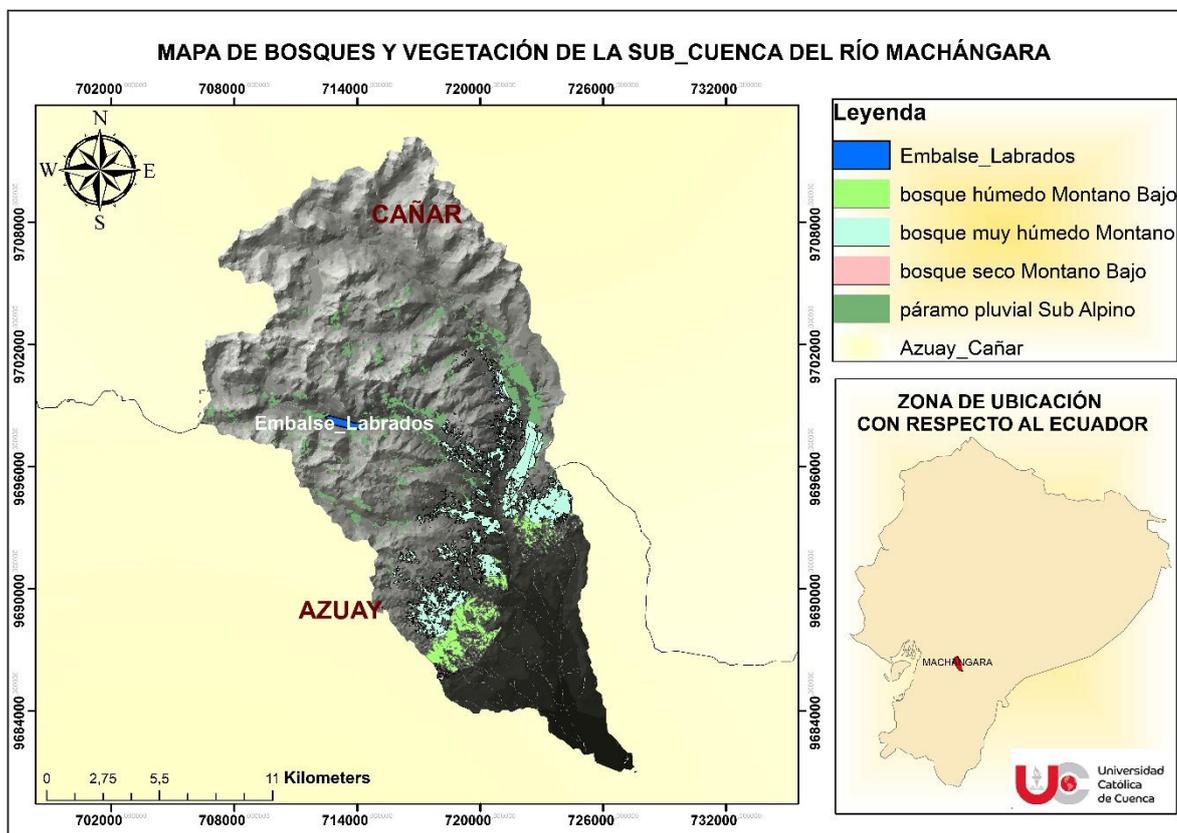
**Tabla 2:** Datos de pH y temperatura del ecosistema de bosque nativo y bosque de pino.

Nativo		Pino	
pH	Temperatura (°C)	pH	Temperatura
4.18	16.3	3.43	13.15
5.97	15.2	3.78	12.6
6.15	15.2	3.42	13.4
5.82	14.7	3.57	13.1
6.05	15.4	3.42	12.7

**Fuente:** (Calle, 2020)

### 3.1.3 Información general de la subcuenca del Machángara.

Es importante mencionar que, dentro del Área Del Bosque Y Vegetación Protectora Machángara Tomebamba, se contemplan 32.544,63 ha, pertenecientes a la subcuenca del Machángara.



**Figura 5:** Mapa de Bosques y Vegetación protectores de la subcuenca del Machángara

**Fuente:** SIGTIERRAS

**Tabla 5:** Información general de la subcuenca del Machángara.

<b>Área de bosque protector</b>	42708.4 Ha
<b>Área de subcuenca</b>	32544.63 Ha
<b>Área de bosque protector dentro de la subcuenca</b>	25225.07 Ha
<b>Altitud</b>	2900 a 3700 msnm
Ecosistemas: Bosque siempreverde montano alto, humedal, páramo, herbáceo, páramo de almohadillas y páramo arbustivo.	
Sitio de recarga hídrica.	

**Fuente:** (ELECAUSTRO 2014)

Es preciso mencionar la capacidad de reserva de la subcuenca del río Machángara que constituye un soporte vital para la población cuencana; se estima que embalsa aproximadamente seis millones de metros cúbicos de agua, mismos que son aprovechados para diversas actividades como: consumo humano, riego y generación eléctrica, todo esto gracias a la gran capacidad de captación de agua de las cuencas (Granda, 2015).

### 3.2 Análisis de parámetros in situ de la calidad del agua

Las mediciones in situ de parámetros de calidad de agua como: la temperatura, pH, conductividad entre otros parámetros, requieren ser tomadas inmediatamente en las parcelas de estudio.

#### 3.2.1 Medición de parámetro mediante multiparamétrico.

Un multiparamétrico hace referencia a un equipo de medición de campo utilizado ampliamente cuando se realiza monitoreo de las propiedades del agua. Para la investigación propuesta el equipo ha sido diseñado para brindar simplicidad al análisis ambiental (FAO, 2021)

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5** muestra al equipo utilizado para realizar las mediciones, mismo que se encuentra disponible en (Hanna Instruments, 2020).



**Figura 5:** Multiparamétrico utilizado para la investigación.

**Fuente:** Autor

#### 3.2.2 Emplazamiento del pluviómetro.

Para esta investigación fue necesario la instalación de pluviómetros para recoger agua de lluvia de la zona de estudio, para dichos datos relacionarlos con los demás resultados. Para la implementación en campo de los dispositivos, se seleccionaron cuatro coordenadas ubicadas en las esquinas de la parcela de 100 m<sup>2</sup> de superficie. La ubicación de los puntos se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.6**.



**Figura 6:** Ubicación de los pluviómetros en las parcelas seleccionadas.

Finalmente, el dispositivo construido para la recolección de las muestras se presenta en la figura 7, mismas que proporcionaron la información necesaria en términos de precipitación en cada uno de los ecosistemas estudiados.



**Figura 7:** Equipo de captación de agua de lluvia.

### **3.3 Protocolo de muestreo**

Con respecto al protocolo de muestreo (INEN 2169,2013), éste ha sido constituido a partir de las especificaciones de la norma técnica ecuatoriana. La normativa hace referencia al cuidado de la recolección de muestras en términos de sanidad, fiabilidad de las muestras, análisis de concentraciones, muestreo de agua estancada y agua corriente, entre otros (INEN, 2013)

Es importante considerar la siguiente información:

- Identificación de la muestra.
- Fecha y hora de muestreo.
- Identificación del sitio de muestreo.
- Tipo de análisis a efectuar.

### **3.3.1 Trabajo de campo.**

Para la colecta y recopilación de datos en escorrentía que se realizó en los cuatro ecosistemas en estudio: bosque arbustivo de páramo, bosque de pajonal, bosque de pino y humedal; para esto se consideró recopilar la información en la época de sequía (julio, agosto, y septiembre) se procedió a tomar semanalmente durante toda esta temporada de verano, que corresponde a 12 muestras in situ; de caudales, precipitación y parámetros de calidad de agua (pH, conductividad, y temperatura). Simultáneamente también se recolectaron 12 muestras de agua que fueron trasladadas al Laboratorio de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) de la Universidad Católica de Cuenca, donde se registraron datos de nitrógeno total (NT), nitritos, fosforo total (PT), y fosfatos

Además, se tomó una sola muestra de suelo de cada uno de los cuatro ecosistemas, en el mes de agosto de 2021, que se trasladaron al CCITT, para ser enviadas inmediatamente al laboratorio ANAVANLAB, en la ciudad de Quito.

## **3.4 Recolección y preparación de las muestras de laboratorio**

### **3.4.1 Toma de muestras de agua en el efluente de cada sitio de estudio.**

Para recopilación en los ecosistemas establecidos anteriormente, se consideró diversos factores; tales como:

- Profundidad
- Ancho De La Lámina De La Fuente De Agua
- Caudal Del Rio

Para tomar las muestras de agua se debe tomar en consideración:

- Ingresar al río, procurando no remover el fondo.
- Sumergiendo y cerrándolo correctamente el frasco, con el fin de no introducir oxígeno para evitar que los parámetros se alteren hasta conseguir que la muestra llegue al laboratorio.
- Finalmente se etiqueta y almacena en un contenedor para su traslado.

La figura 8 se observa la toma de muestras de agua en una de las parcelas seleccionadas.



**Figura 8:** Recolección de las muestras de agua



**Figura 9:** Frasco para la recolección de las muestras de agua

Para los análisis del laboratorio: de la concentración de fósforo total, fosfatos, nitrógeno total, y nitratos, se procedió mediante el método de Espectrofotometría UV, el cual consiste en medir la intensidad de luminosidad cuando un rayo de luz pasa a través de un medio o solución, para determinar la concentración de las sustancias químicas, viene dada por la ley de Beer-Lambert.

Paralelamente con el comportamiento del nitrógeno, es necesario realizar una serie de procedimientos sistemáticos a fin de garantizar una lectura correcta y confiable. El procedimiento responde a las recomendaciones del fabricante.

#### **3.4.1 Toma de muestras de suelos de los 4 ecosistemas.**

De igual manera el estudio contempla la recolección de muestras de suelo basado en la técnica de muestra simple (Mendoza y Espinoza 2017). este procedimiento recomienda obtener una sola extracción de muestra. Esta técnica es ampliamente utilizada en investigaciones de similares

características, específicamente en suelos homogéneos como se muestra en la figura 10. Con respecto a la localización de muestreo, los análisis han sido realizados en las cuatro parcelas seleccionadas: vegetación arbustiva de páramo, vegetación nativa de páramo de pajonal, plantación forestal de pino, y humedal. Las estaciones de recolección de cada parcela han sido seleccionadas cuidadosamente de tal manera que sea posible una fácil extracción de la muestra de suelo.



**Figura 10:** Extracción de las muestras de suelos.

El protocolo de toma de muestras de suelo ha sido elaborado acorde a las recomendaciones de la norma INEN 687, mismos que se establecen en el código de práctica para la investigación del sitio, para garantizar que los resultados de las características del suelo no se alteren

Adicionalmente, para el análisis de laboratorio, los reactivos químicos de análisis de concentración de nitrógeno y fósforo han sido manipulados de acuerdo con el método de reducción de cadmio y el método de análisis por ácido isobárico, respectivamente. La figura 11 se visualiza las muestras de suelos.



**Figura 11:** Muestras de suelos.

### **3.5 Medición de caudales medios mediante el método del flotador y sección transversal**

Para la medición de los caudales se ha elegido el método del flotador por ser muy práctico y sencillo para calcular el caudal medio del río que cruza una sección transversal de dicho cauce como se divisa en la figura 12 (Valencia et al. 2014). Para la medición de los caudales se tomaron en consideración los siguientes procedimientos:

- Seleccionar un tramo del río uniforme y recto, que no pasea obstáculos en el flujo del agua.
- Seleccionar dos puntos, A (inicio) y B (fin).
- Medir el ancho del río.
- Determinar secciones transversales y medir la profundidad.
- Tomar el tiempo de recorrido del flotador desde el punto A al B.



**Figura 12:** Medición de los caudales medios en los diferentes ecosistemas

**Fuente:** Autor

### 3.6 Concentración de nutrientes

Con respecto a la concentración de nutrientes, diferentes muestras han sido analizadas en agua y en el suelo. Para ello, diversos indicadores de calidad han sido considerados de acuerdo con los parámetros de los laboratorios donde se han realizado los análisis de las muestras seleccionadas.

#### 3.6.1 Concentración de nutrientes en agua.

La concentración de nutrientes en agua ha sido realizada en el laboratorio de calidad de agua Hydrolab del Centro de Investigación Innovación y Transferencia de Tecnología (CIITT) de la Universidad Católica de Cuenca, donde los indicadores de los análisis hacen referencia principalmente a nitrógeno, nitratos, fosforo, entre otros. La Tabla 3 presenta los análisis, así como el método de referencia y unidades de medida.

**Tabla 3:** Análisis de laboratorio muestras de agua

Análisis	Método de referencia	Unidad
Nitrógeno total	4500-N Espectrofotometría	mg/L
Nitratos	4500-NO3 Espectrofotometría	mg/L
Fósforo total	4500-P Espectrofotometría	mg/L
Fosfatos	4500-P Espectrofotometría	mg/L

**Fuente:** (Hach Company, 2000)

### 3.6.2 Concentración de nutrientes en el suelo.

El análisis de la concentración de nutrientes en el suelo ha sido elaborado en el laboratorio Anavanlab (especializados en análisis ambientales), los indicadores de los análisis hacen referencia a parámetros como: fósforo, hierro, magnesio, entre otros, así como se observa en la tabla 4.

**Tabla 4:** Análisis de laboratorio muestras de suelo

Parámetro	Método analítico	Unidad
Fósforo total	5M 4500 P B-C	mg/kg
Hierro	AAA-PE-S011 / EPA 3051/7061 A	mg/kg
Magnesio	EPA 3051/7000A	mg/kg
Materia orgánica	Volumetría	%
Nitrógeno total	SM 4500-N C	%
pH	AAA-PE-S014 / EPA 9045 B	Unid pH
Potasio	EPA 7000A	mg/kg
Zinc	AAA-PE S011 / EPA 3051 / 7061 A	mg/kg

**Fuente:** ANAVANLAB (ANEXO 2)

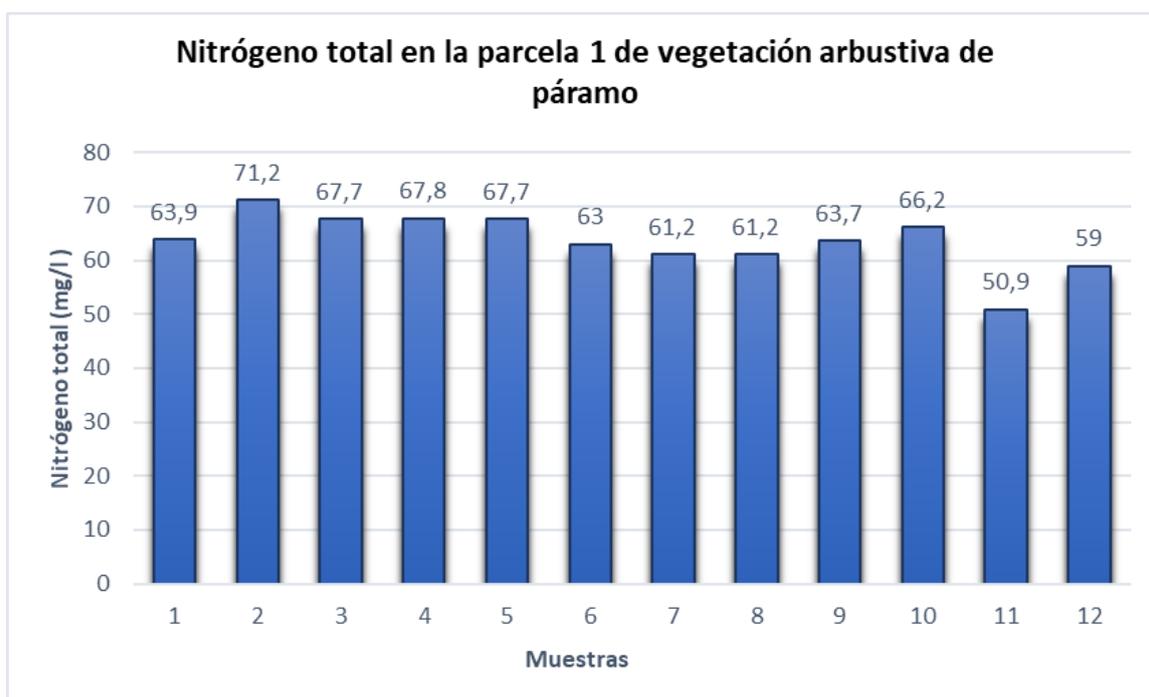
## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sección presentada muestra los resultados de la investigación en términos de concentración de nitrógeno total (NT), concentración de fósforo total (FT) y demás nutrientes, así como el comportamiento del caudal y las dinámicas de concentración de nutrientes. En donde los datos obtenidos se analizaron en las cuatro parcelas de los diferentes ecosistemas.

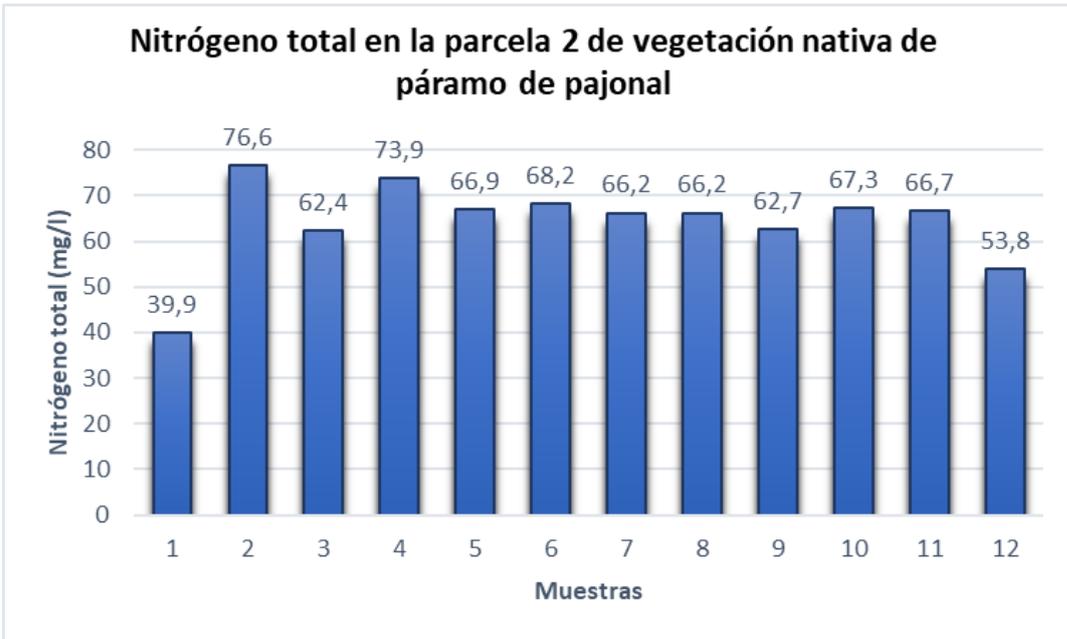
#### 4.1 Concentración de nitrógeno total (NT) en las parcelas seleccionadas

La figura 13 muestra el comportamiento de la concentración de nitrógeno de la parcela número uno de vegetación arbustiva de páramo, es posible observar que en la muestra número 11 y 12, existe un decaimiento de la concentración nitrógeno en la zona, mientras que las 10 primeras muestras oscilan entre 63,9 a 71,2  $mg/l$ .



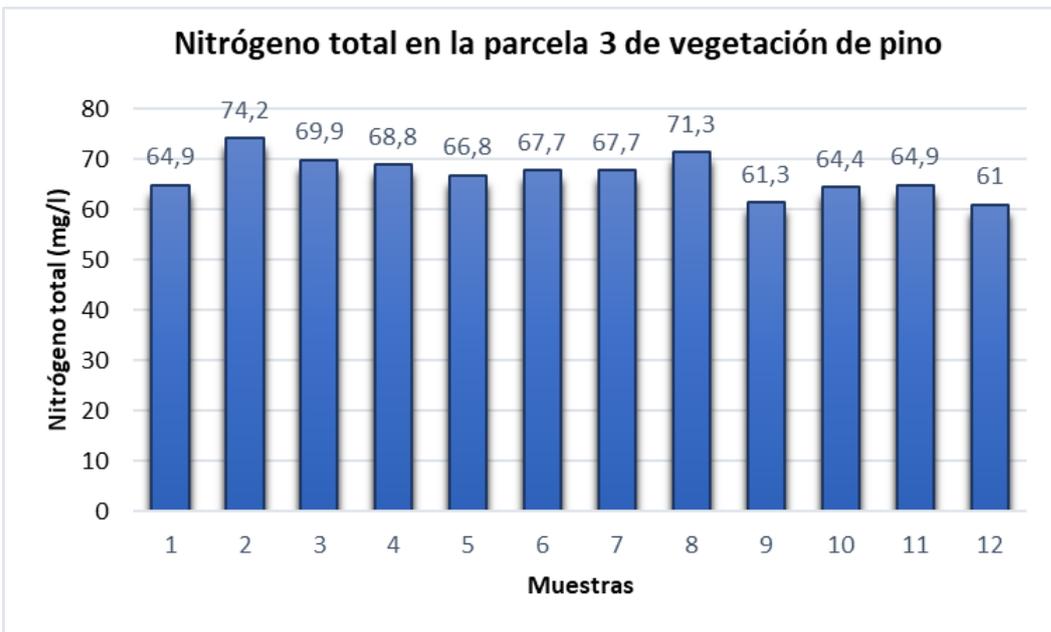
**Figura 13:** Concentración de NT de la parcela 1.

Por otro lado, la figura 14 muestra el comportamiento de la concentración de NT de la parcela número dos, de vegetación nativa de páramo de pajonal, es posible observar un comportamiento estable que varían entre los 62 y 76  $mg/l$ . Adicionalmente es importante mencionar que en la primera muestra existe niveles de concentración de 39,9  $mg/l$ , bastante baja a comparación de las siguientes tomas.



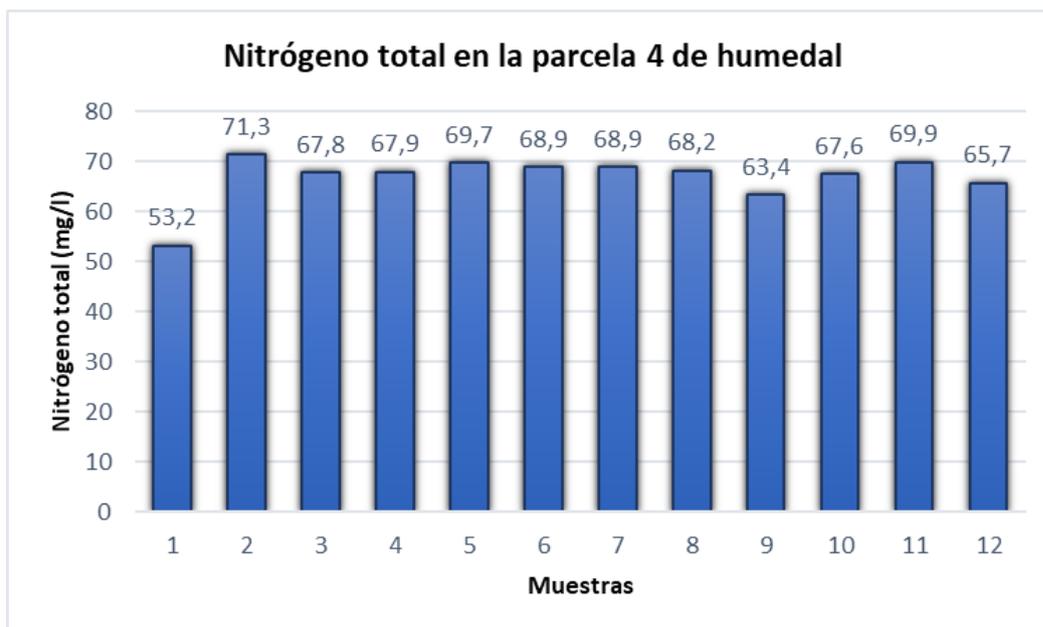
**Figura 14:** Concentración de NT de la parcela 2.

La figura 15 describe el comportamiento de la parcela número tres de vegetación de pino, donde es posible visualizar que la concentración de NT tiene un comportamiento similar al de las parcelas anteriores relativamente estable que oscila entre los 61 y 74  $mg/l$ .



**Figura 15:** Concentración de NT de la parcela 3.

Finalmente, la figura 16 muestra el comportamiento de la concentración de NT en la parcela número cuatro, que pertenece al humedal; es importante mencionar que, a diferencia de los otros ecosistemas estudiados, esta parcela muestra un comportamiento más estable que los ecosistemas anteriores con concentraciones que oscila entre los 63 y 71  $mg/l$ .



**Figura 16:** Concentración de NT de la parcela 4.

Todos los resultados que se obtuvieron de NT en los cuatro ecosistemas superan los límites máximos permisibles a descargas en cuerpos de agua dulce, Del Anexo 1, Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente. Donde la norma determina que el rango máximo permisible es de 15 mg/l, superando así el límite en 4 veces de lo establecido en la mayoría de muestras.

Según Rivas et al. (2009) que realizó un estudio de la concentración de nitrógeno total en los ríos tributarios al sistema lago de Maracaibo, Venezuela, determinó que el promedio de nitrógeno total que drenan al lago fue 1,20 mg/l. Mientras nuestro estudio alcanzó niveles de concentraciones promedios de 65mg/l.

Además, Parra (2021), menciona que el nitrógeno es un nutriente fundamental para el crecimiento de plantas acuáticas y algas, pero no todas sus formas son asimilables por las mismas, especialmente el nitrógeno vinculado con materia orgánica (MO). Por tal motivo su exceso puede producir en las aguas un proceso de eutrofización.

Como indica también Siervi (2015), las concentraciones de nitrógeno en las aguas aumentan simultáneamente con el aumento de las escorrentías superficiales, debido a la característica de alta solubilidad que pueden llegar a tener los compuestos ricos en nitrógeno, razón por la cual en estos terrenos analizados con alto índice de precipitación la concentración de este elemento se mantienen constante a lo largo de todos los períodos de medición (época seca), a excepción de las primeras muestras, donde posiblemente hubo un decaimiento importante en el flujo de caudal en las zonas, produciendo un descenso abrupto de nitrógeno. Adicionalmente, el mismo autor menciona que hay una pequeña relación directamente proporcional del carbono orgánico (presente en la materia orgánica del suelo) con el nitrógeno, otra razón fundamental por la que este mineral tiene valores

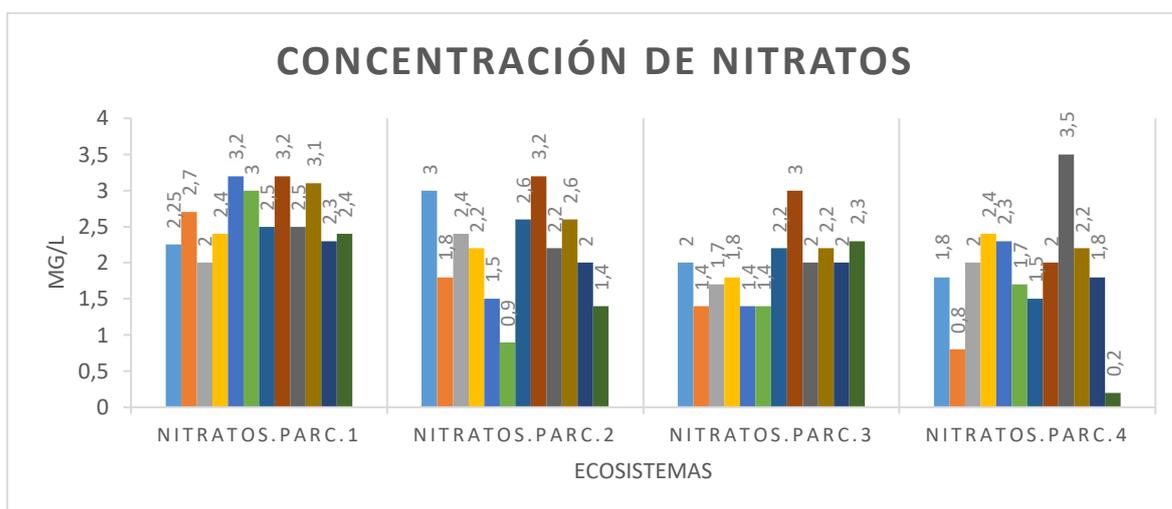
constantes de concentración en las parcelas ya que si se ve la figura 27 los porcentajes de materia orgánica rondan entre el 30 y 35%.

#### 4.2 Concentración de nitratos en los cuatros ecosistemas diferentes

En la figura número 17 se muestran los resultados obtenidos en muestras de agua de los niveles de nitratos. Con promedios de:

- Ecosistema arbustivo de páramo de 2,6 mg/l
- Ecosistema pajonal de 2,2 mg/l
- Ecosistema pino de 2 mg/l
- Ecosistema humedal de 1,9 mg/l

Pudiéndose observar niveles de concentración dentro de los límites máximos permisibles que determina En Cuerpos De Agua Dulce, Del Anexo 1, Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente, que únicamente requieren tratamiento convencional.

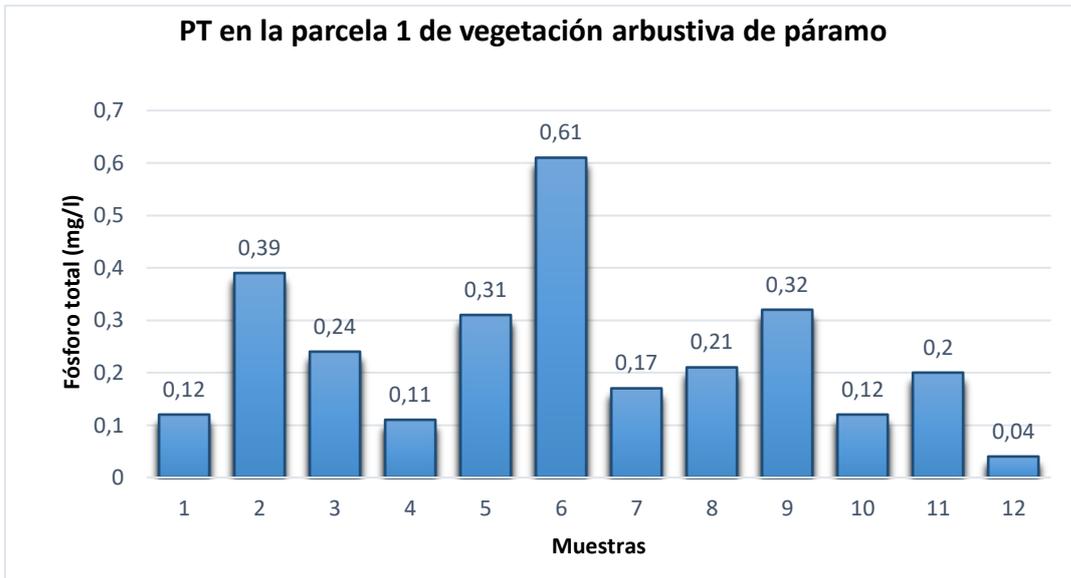


**Figura 17:** Concentración de nitratos en los diferentes ecosistemas

De acuerdo a Fernández (2006) en un estudio recopilatorio de niveles de concentración de nitrato en agua, obteniendo datos desde lo más bajo 0,20mg/l, hasta niveles realmente alarmantes de 22,23 mg/l. Además, menciona que la OMS en la Norma Internacional para Calidad del Agua Potable, 1972, ha detectado que los nitratos son perjudiciales para los niños, pudiendo provocar la enfermedad conocida como metahemoglobinemia. Esto a consecuencia del desarrollo agropecuario, industrial y poblacional.

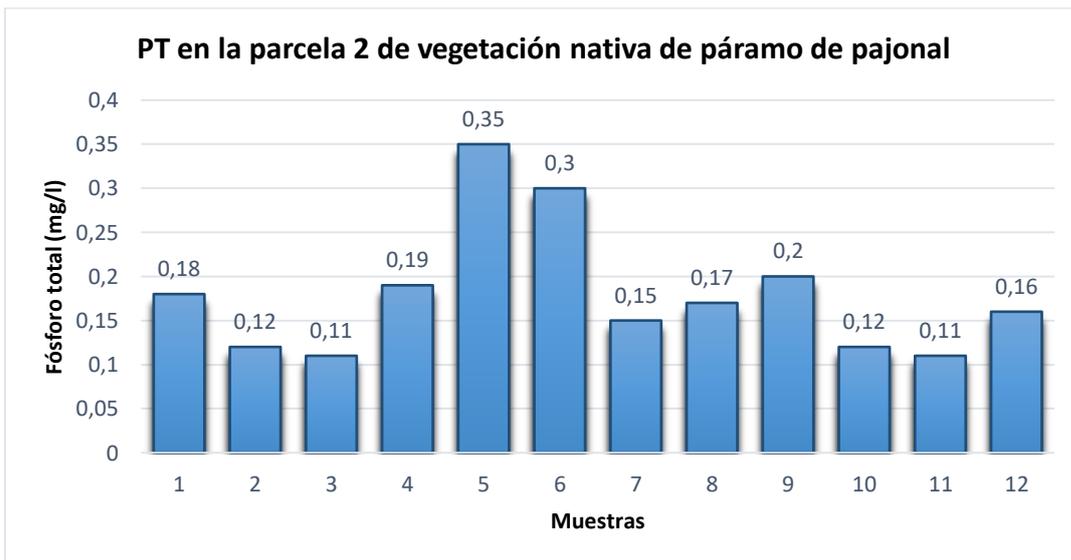
#### 4.3 Concentración de fósforo total (PT) en las cuatro diferentes parcelas.

Con respecto a la concentración de PT en los ecosistemas analizados, es posible observar dinámicas que varían su comportamiento independientemente de la toma de muestras. La figura 18 detalla el comportamiento de la parcela número uno, donde es posible visualizar una tendencia de crecimiento seguido de una disminución de la concentración de PT que coincide con el decremento de las precipitaciones, indicando que existe una tendencia decreciente entre los resultados a partir de la muestra número siete.



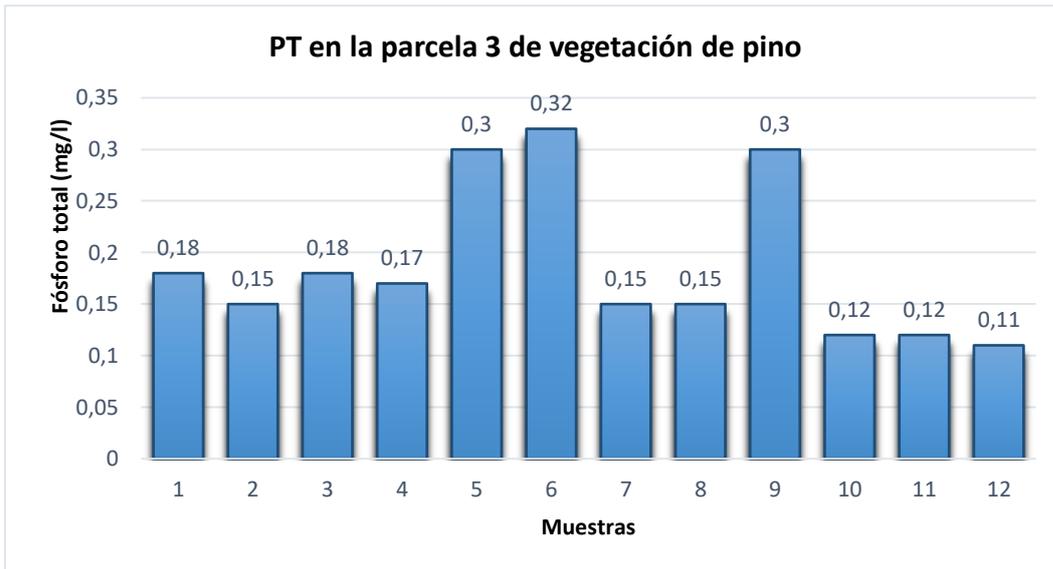
**Figura 18:** Concentración de PT de la parcela 1

Por otro lado, el comportamiento de la concentración de fósforo en el ecosistema 2 se muestra en la figura 19 donde es posible observar variaciones drásticas en este parámetro. Es importante mencionar que, a diferencia de la parcela número uno, la concentración de fósforo se incrementa considerablemente en la muestra número cuatro, cinco, y seis, seguido de un decremento de concentración desde la muestra número siete y manteniéndose así hasta la muestra doce.



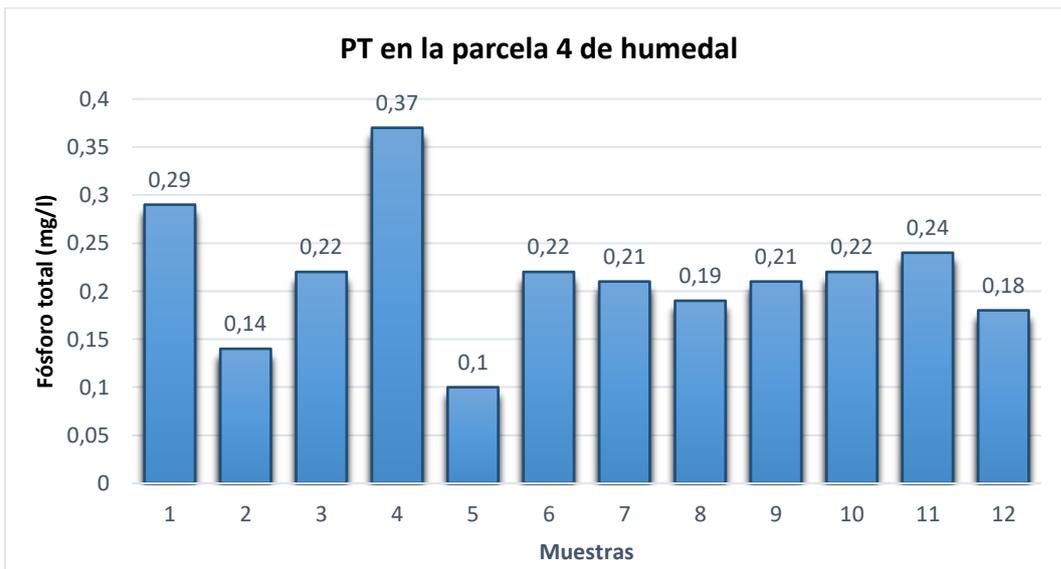
**Figura 19:** Concentración de PT de la parcela 2

La figura 20 muestra el comportamiento de la concentración de fósforo en la parcela número tres, si bien el comportamiento es parecido al de la parcela número dos, existe una variación de concentración en las primeras muestras, donde es posible visualizar un incremento de fósforo, al igual que las otras muestras, existe un decremento de la concentración de fósforo paulatinamente.



**Figura 20:** Concentración de PT de la parcela 3.

Finalmente, el comportamiento de la parcela número cuatro se muestra en la figura 21, en las primeras 5 muestras tiene un comportamiento de concentración bastante inestable donde en la muestra número cuatro alcanza una concentración de 0,37 mg/l, siendo la más alta de este parámetro en estas doce muestras, mientras que en la muestra número cinco disminuye drásticamente a 0,1 mg/l, de concentración. A partir de la muestra número seis la dinámica de concentración se incrementa y disminuye entre 0 y 0,3 mg/l.



**Figura 21:** Concentración de PT de la parcela 4.

Los datos de los resultados que se obtuvieron de PT en los cuatro ecosistemas es de promedio de 0,20 mg/l, que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles a Descargas En Cuerpo De Agua Dulce, Del Anexo 1, Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente, que únicamente requieren tratamiento convencional. Donde la norma determina que el rango máximo permisible es de 10 mg/l.

En contraste a lo que menciona De Siervi (2015), la disminución de fósforo producida en ciertos puntos de las muestras puede estar altamente relacionado con una erosión progresiva del suelo, un aumento en la escorrentía superficial produciendo un transporte del fósforo en sus formas particuladas y disueltas, sin embargo se puede descartar la primera opción puesto que si hubiese una erosión progresiva del suelo los niveles en cada muestra decrecerían más, pero como se ve en tomas subsecuentes los niveles aumentan, por lo que se puede decir que en los ecosistemas analizados tienen un aumento de precipitaciones lo que provoca un crecimiento en las escorrentías superficiales que funcionan como mecanismo de transporte del fósforo. Por otro lado, el mismo autor logró concluir que la retención de fósforo está altamente influenciado con el tamaño de la partícula, a medida que esta disminuye la retención se vuelve mucho más fácil, y es por ello que en contraste con las muestra cada una tiene diferentes niveles de concentración, por ejemplo la parcela 1 debe tener partículas de composición del suelo mucho más finas que la parcela 4; ya que el primer caso retienen mayor cantidad de este mineral mientras que el según es el que menos concentración presenta de las 4 muestras.

Además, Rivas et al. (2009) realizó un estudio en diferentes subcuencas hidrográficas de la concentración de fósforo total en los ríos tributarios al sistema lago de Maracaibo, Venezuela, determinó que el promedio de PT que drenan al lago fue 0,84 mg/l. La expansión de las fronteras agrícolas ha provocado tala de árboles, erosión, y afectando a diversas variables, y produciendo un aumento de los nutrientes en su caso en particular.

#### **4.4 Concentración de fosfatos en los cuatros ecosistemas**

En la figura número 17 se muestran los resultados obtenidos en muestras de agua de los niveles de nitratos. Con promedios de:

- Ecosistema arbustivo de páramo de 0,24 mg/l
- Ecosistema pajonal de 0,13 mg/l
- Ecosistema pino de 0,11 mg/l
- Ecosistema humedal de 0,18 mg/l

Según Criterios Ecológicos de Calidad del Aguas CE-CCA-001/89, no deberán exceder de 0,05mg/L en escorrentías o lagos, ni de 0,025 mg/L, y no más de 0,1 mg/L para el agua de consumo humano (SEDUE 1989). mientras que para la USEPA (2002) los fosfatos no deben exceder de 0,1 mg/L.

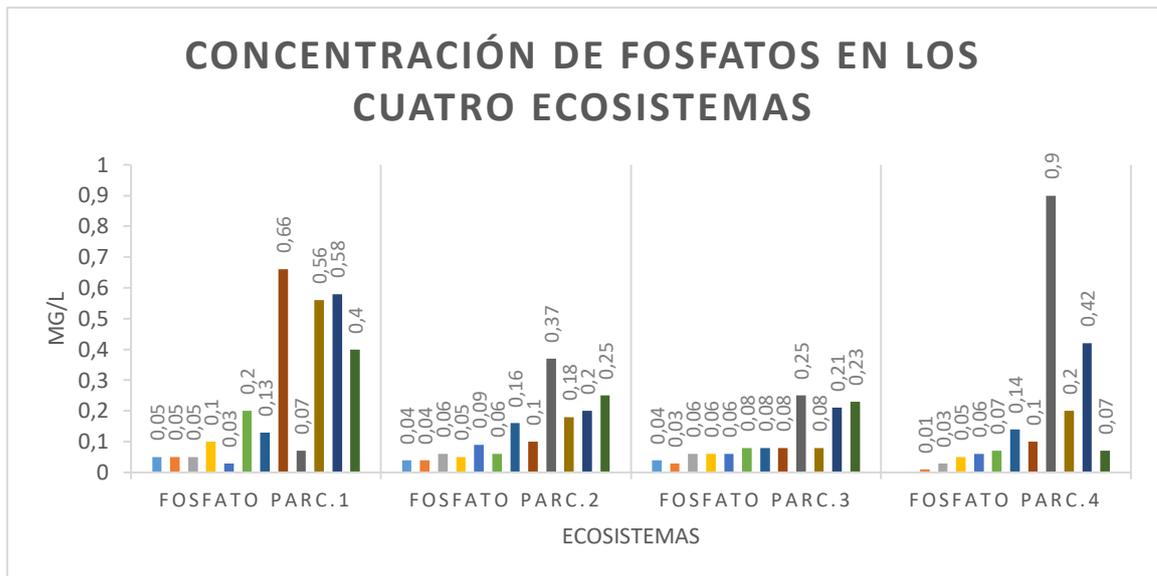


Figura 22: Concentración de fosfatos

Según, Maza (2017) donde realizó un estudio de concentración de fosfatos en la cuenca del río Dudas y Mazar, como resultado obtuvo una concentración de fosfatos que variaba entre de 0,014 mg/l a 0,462 mg/l para la cuenca del río Dudas, y para la cuenca de Mazar una concentración que oscilaba entre 0,094 mg/l a 0,782 mg/l. Concluyendo que en su investigación las actividades antropogénicas están afectando la calidad del agua en las cuencas de estudio.

#### 4.5 Caudal en los 4 ecosistemas.

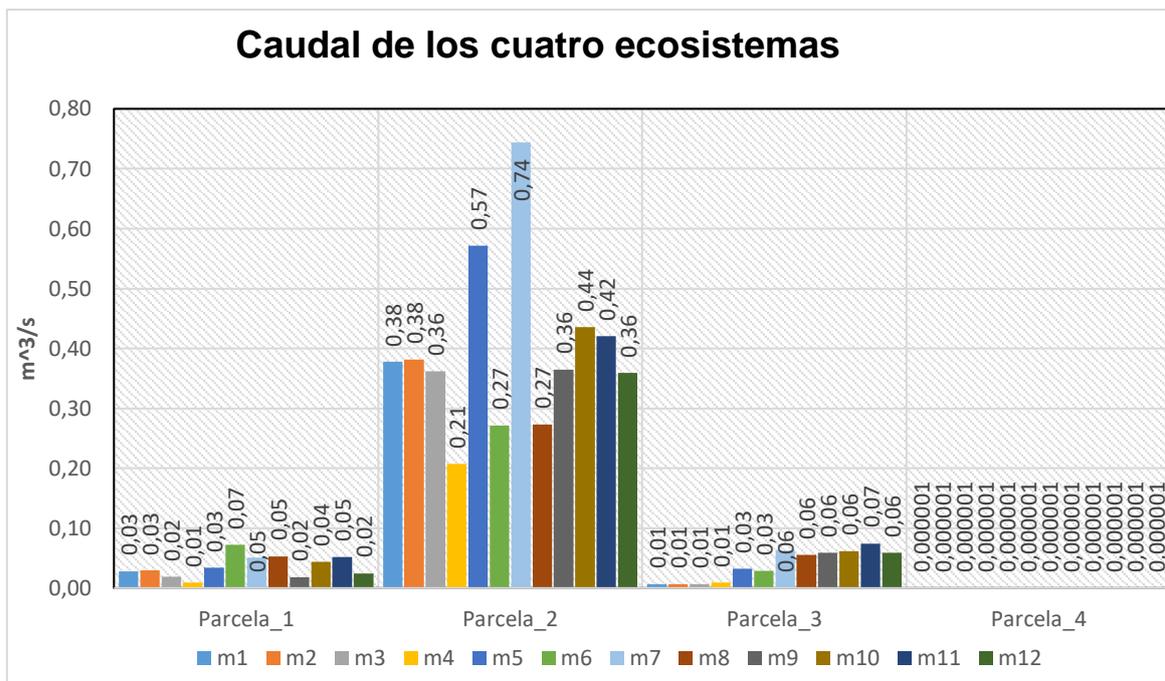
Analizando de manera general el comportamiento de los caudales medios en los cuatro ecosistemas mediante el método del flotador y sección transversal. En la figura 23 podemos visualizar el comportamiento en los diferentes ecosistemas, indicando que en todas las muestras tomadas existen crecidas y estiaje de los caudales, debido a factores meteorológicos de la zona, además se va a visualizar diferencias bastantes abruptas de caudales de un ecosistema a otro, y esto se debe claramente a la topografía del sector.

Con respecto al caudal de la parcela número uno, se identificó que presentan caudales específicos entre  $0,01$  y  $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$  siendo así el caudal más bajo y el más alto de las doce muestras tomadas, correspondiente a la toma cuatro y seis del estudio.

Por otro lado, se muestra el comportamiento del caudal en la parcela número dos, donde sus variaciones oscilan entre  $0,2$  y  $0,74 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo el último, el pico más alto de las muestras correspondiente a la toma seis.

La parcela número tres, tiene caudales que oscilan desde  $0,01$  y  $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Finalmente, el caudal medio en la parcela número cuatro, fue nulo debido a las condiciones topográficas del ecosistema analizado.



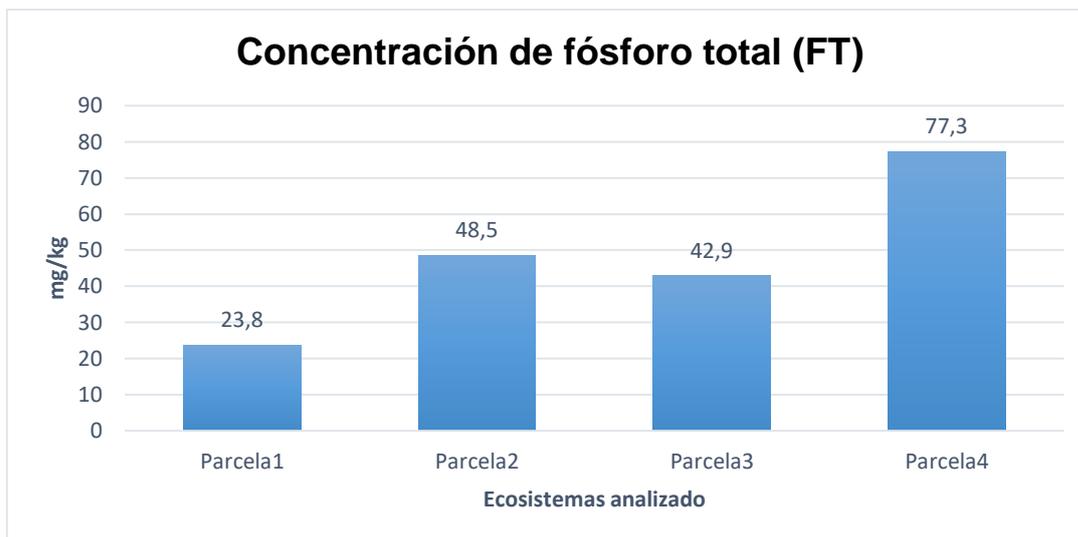
**Figura 23:** Comparación de los caudales medios en los 4 ecosistemas de estudio

**Fuente:** Autor

#### 4.6 Concentración de macronutrientes y micronutrientes presentes en el suelo de cada ecosistema.

A continuación, en las figuras de la 24 a la 31 se puede observar la concentración de diferentes nutrientes en cada una de las parcelas; para comenzar en la figura 23, es importante mencionar que el alto contenido de este macronutriente desplaza o disminuye concentraciones de otros nutrientes en el suelo como es el caso del zinc que claramente se visualiza en la figura número 31.

Distinto a lo que sucede en la parcela 1, que contiene la concentración más pequeña de fósforo de forma que la vegetación presente puede tener problemas relacionados con la pigmentación y enrollamiento de las hojas así como un crecimiento lento y retraso en la maduración, siendo un factor alarmante ya que es la sección del suelo donde se encuentra flora nativa del sector, pero cabe recalcar que en las tres primeras parcelas son los puntos de mayor altura donde la vegetación necesita de otros elementos vitales como el zinc ya que este micronutriente ayuda al tejido foliar de las plantas para lograr resistir las temperaturas muy bajas propias de estas zonas. Adicionalmente, se puede atribuir esta baja concentración de fósforo a las altas interacciones que pueden existir con el aluminio formando hidróxidos y la materia orgánica (características propias de los páramos), lo que disminuyendo su disponibilidad (Fernández, 2007).



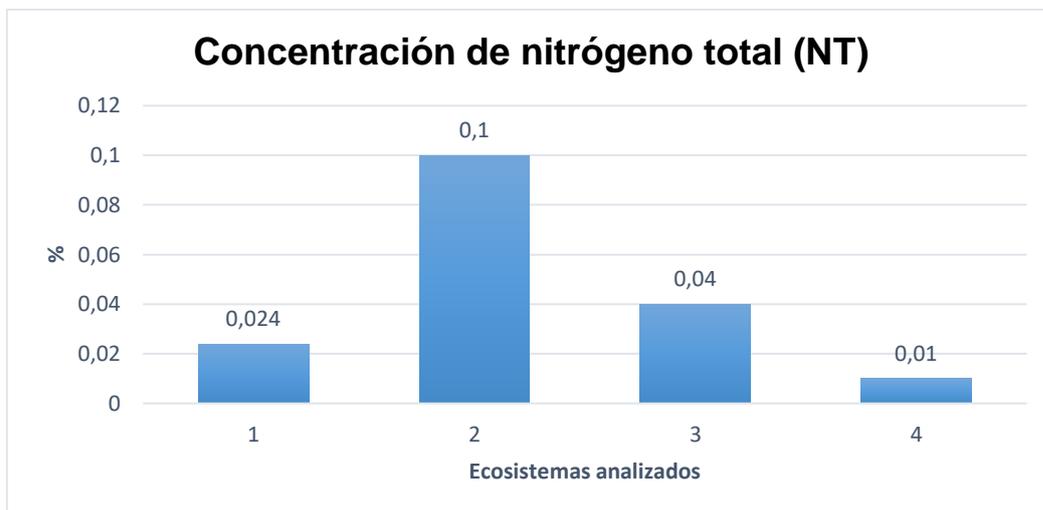
**Figura 24:** Concentración del PT en los diferentes ecosistemas.

**Fuente:** Autor

La concentración de nitrógeno total como se observa en la figura número 25, van desde  $0,01 \text{ mg/kg}$  de concentración siendo el nivel más bajo, que pertenece a la parcela número cuatro, la cual puede que la baja concentración de este macronutriente pueda ocasionar un crecimiento pobre a las plantas y con hojas más pequeñas y pálidas. Por otro lado, el nivel más alto de concentración es de  $0,1 \text{ mg/kg}$  que corresponde a la parcela número dos, la cual es beneficioso para las plantas ya que ayuda a un crecimiento apropiado de las mismas y el principal colaborador a la molécula de proteínas, ácidos nucleicos y clorofila.

De acuerdo con Briceño (2016), los suelos de páramo analizados poseen un alto contenido de materia orgánica, y son relativamente pobres en nitrógeno con valores que fluctúan entre 0,1 y 2,50 %. Los estudios realizados en el páramo El Granizo al igual que en su investigación resaltan la prominencia de los niveles de nitrógeno en suelos sometidos a cultivos convencionales con valores de N total cercanos al 0,86 % y para suelos inalterados los niveles cercanos al 2%. No obstante, la disponibilidad de este elemento en los suelos de páramo es pobre, particularmente por la baja mineralización de la materia orgánica nativa del suelo. Además, se establece una correlación directa entre elementos como el fósforo y el potasio.

Además, Rojas (2015), además, que debido a la alta acidez de los suelos se presenta una baja disponibilidad de calcio que influye en el desarrollo del sistema radicular, de igual forma, argumenta que el 90% de las plantaciones con *Pinus Patula* analizadas, se presentan deficiencias de nitrógeno y potasio.

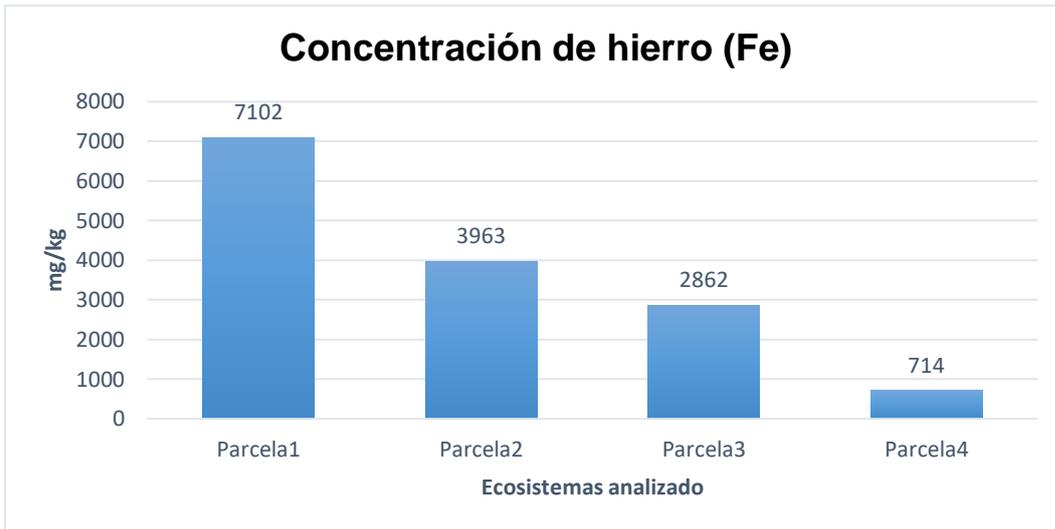


**Figura 25:** Concentración del NT en los suelos de cada ecosistema de estudio.

**Fuente:** Autor

En la figura 26 se puede observar la presencia de hierro en cada una de las parcelas analizadas, es imprescindible notar que el ecosistema 1 es el que presenta mayor concentración de este elemento, la misma que depende de 2 aspectos principales que son la cantidad de materia orgánica y el pH del suelo; como se puede ver en la figura 26 los niveles de pH en las 4 parcelas están alrededor del mismo valor incluso en la parcela 1 el nivel es un punto mayor aproximadamente, por lo tanto este factor no es determinante del valor bajo de hierro en la parcela. Sin embargo, en términos de materia orgánica este ecosistema si presenta valores más bajos, eso sumado a otras causas como las bajas temperaturas, aumento de CO<sub>2</sub> en el suelo entre otras, pueden ser los motivos principales de la deficiencia de hierro (FAO 2015).

De acuerdo con Valero (2000), la oxidación del hierro se debe a una mayor aireación del suelo. Así, los suelos que se encuentran encharcados o muy húmedos durante largos períodos de tiempo tienden a ser verdosos, pues el encharcamiento impide su aireación lo que el hierro no podría oxidarse, acumulándose en estado ferroso, también el exceso de calcio en el medio impide que otros elementos, tales como el hierro, puedan ser absorbidos por las plantas. Además, el Fe en el suelo puede estar retenido por el fósforo, formando fosfatos de hierro, lo cual repercute tanto en la dinámica sedimentaria de estos depósitos como en las comunidades microbianas



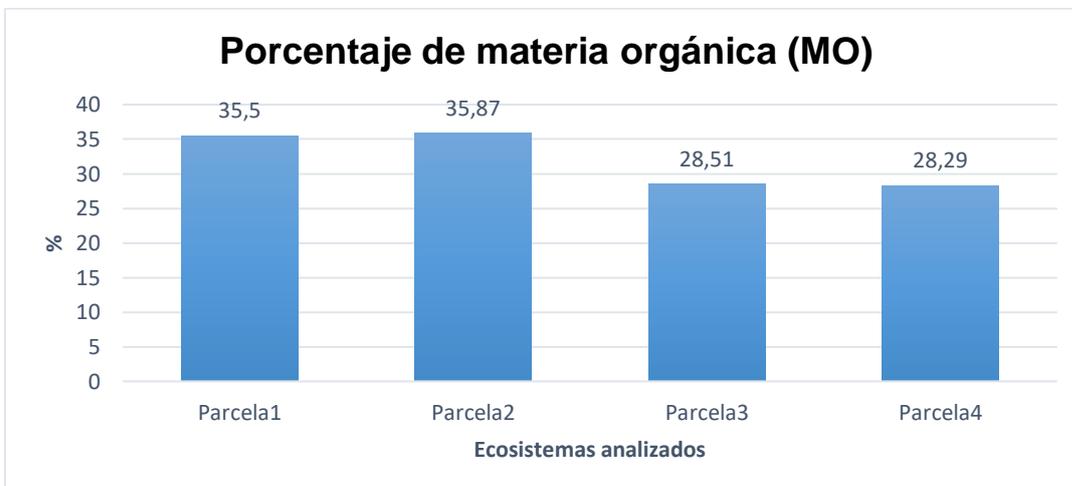
**Figura 26:** Concentración de hierro en los suelos de las 4 parcelas.

Fuente: Autor



**Figura 27:** Niveles de pH presente en los suelos

Fuente: Auto



**Figura 28:** Porcentaje de materia orgánica presente en los suelos

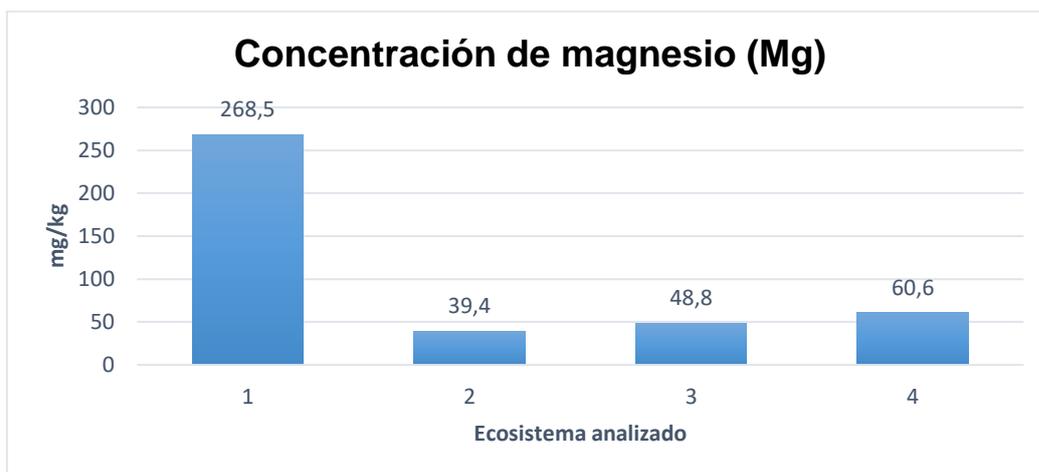
Fuente: Autor

La materia orgánica (MO) a través de los procesos de descomposición y mineralización que dispersan nutrientes al suelo, permite reciclar cantidades importantes de diferentes nutrientes, principalmente NT Y PT, además, incita a la actividad biológica, mejorando la estructura del mismo(Echeverri, 2018).

Dado a que en estas zonas los niveles de lluvias son bastante elevados, las partículas del suelo se pueden dispersar por fenómenos de escorrentía. Pudiendo estos sedimentos terminar en los efluentes, lo que induciría al incremento de concentraciones, en los cuerpos de agua. Según (Echeverri, 2018), desde un 67- 99% de estos nutrientes corresponden a estas partículas arrastradas.

Es fundamental mencionar que la MO es el componente esencial del sistema edáfico, puesto que tiene una relación directa entre los procesos físico-químicos del ecosistema mencionado; un ecosistema rico en materia orgánica proporciona las condiciones ideales para actividades agrícolas y similares (Calle, 2020).

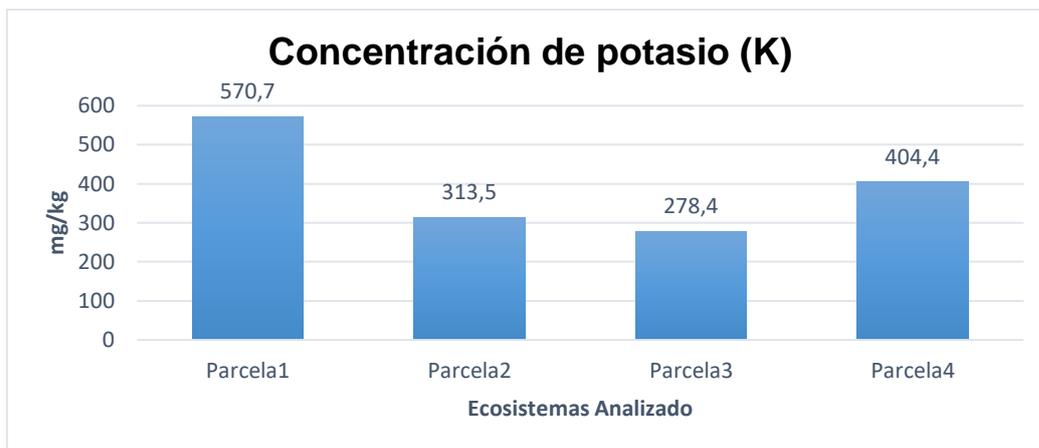
Otro elemento crucial en la presencia del suelo es la concentración de magnesio, como se aprecia en la figura 29 el ecosistema uno presenta un índice bastante de magnesio a comparación de las otras parcelas esto puede atribuir a la alta presencia de magnesio en este terreno como residuos animales y compostas (Román et al. 2015)



**Figura 29:** Concentración de magnesio en los suelos de los diferentes ecosistemas

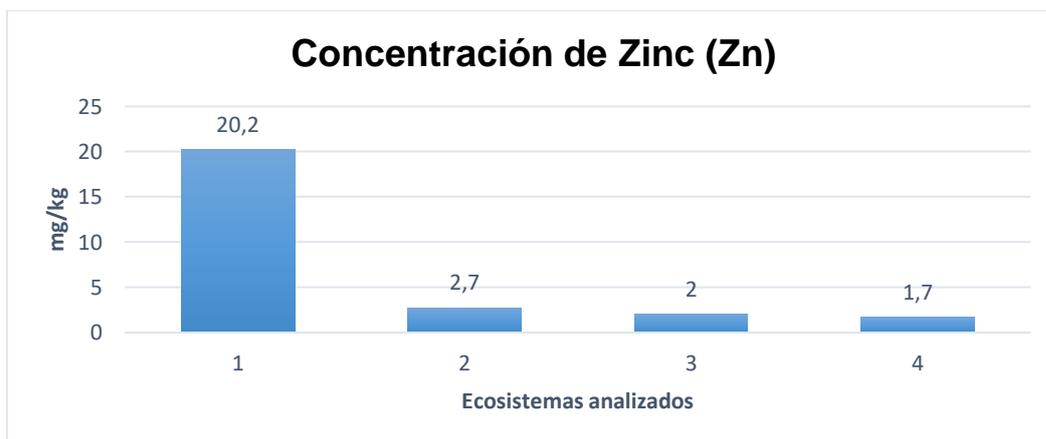
**Fuente:** Autor

Por otro lado, otro nutriente que juega papel importante en la calidad del suelo y que determina el desarrollo de la vida vegetal es el potasio (K); como se puede observar las parcelas 1 y 4 presenta el mayor índice de concentración de K; la disminución de este componente en los otros dos ecosistemas. Las concentraciones excesivas de potasio pueden causar oposición o deficiencias de otros nutrientes como por ejemplo del calcio y magnesio (Agrovitra, 2020).



**Figura 30:** Concentración de potasio en los suelos de los diferentes ecosistemas

Fuente: Autor



**Figura 31:** Concentración de Zinc en los suelos de los diferentes ecosistemas

Fuente: Autor

Finalmente, en cuanto a la presencia de zinc (Zn), se puede ver que las parcelas 2,3 y 4 presentan niveles similares de este elemento, mientras que el ecosistema 1 tiene un alto valor en el contenido de zinc; esta diferencia puede radicar debido a los valores de pH de los ecosistemas estudiados, por lo mencionado según (Osorio 2012), cuando el suelo posee un pH próximo a la neutralidad ( $\text{pH} \geq 6.5$ ), la cantidad de iones  $\text{OH}^-$  causa la precipitación de compuestos insolubles de Fe, Zn entre otros. Como resultado estos micronutrientes se tornan no-disponibles para su absorción por las raíces de la flora. Además, MO del suelo aumenta la disponibilidad del Zn al establecer complejos orgánicos (Intagri, 2015).

En relación del pH con el Zinc mencionando que el 95% de la variabilidad del zinc particulado puede ser explicada por el pH de la sedimentación del suelo, siendo un factor limitante para la concentración de este elemento; sin embargo, el pH del suelo se considera un factor delimitante en la actividad microbiana de los ecosistemas (Ramos & Zuñiga, 2008), pudiendo ser uno de los principales indicadores de calidad del suelo y agua de las parcelas seleccionadas.

El zinc es un nutriente vital para el desarrollo de las plantas, pero es tóxico este elemento cuando se halla en exceso. También es relevante mencionar que el exceso de este nutriente es capaz de relevar e inhibir la función de fundamentales elementos, como el Fe y Mg (Flores, 2017).

#### 4.7 Dinámicas de concentración de nutrientes en los suelos y la capacidad para fluir en el agua subsuperficial.

Las cuatro parcelas estudiadas se visualizan en las figuras 31 a la 34, donde se observa la dinámica de concentración de nitrógeno total y fósforo total, con relación a la precipitación y el caudal de cada ecosistema. Adicionalmente en la tabla número 10 visualizamos la comparación de los promedios y sus intervalos de la concentración de los niveles de nitrógeno total y fósforo total en las 4 parcelas en estudio.

**Tabla 5** Comparación de la concentración de los niveles de nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) en las 4 diferentes parcelas de estudio

Comparación de la concentración de los niveles de nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) en las 4 diferentes parcelas de estudio						
Zona	NT(mg/l)			PT(mg/l)		
	Mín	Max	Prom	Mín	Max	Prom
Parc.1_Vegetación arbustiva de páramo	50,9	71,2	63,62	0,04	0,61	0,23
Parc.2_ Páramo de pajonal	39,9	76,6	64,23	0,11	0,35	0,18
Parc.3_Plantación forestal de pino	61	74,2	66,91	0,11	0,32	0,19
Parc.4_Humedal	53,2	71,3	66,87	0,1	0,37	0,22

Fuente: autor

El promedio de concentración de nitrógeno total en las aguas superficiales correspondiente a la parcela número uno fue de 63,84 (mg/l). Manteniéndose estable durante casi todo el período de muestreo como se visualiza en la figura número 32.

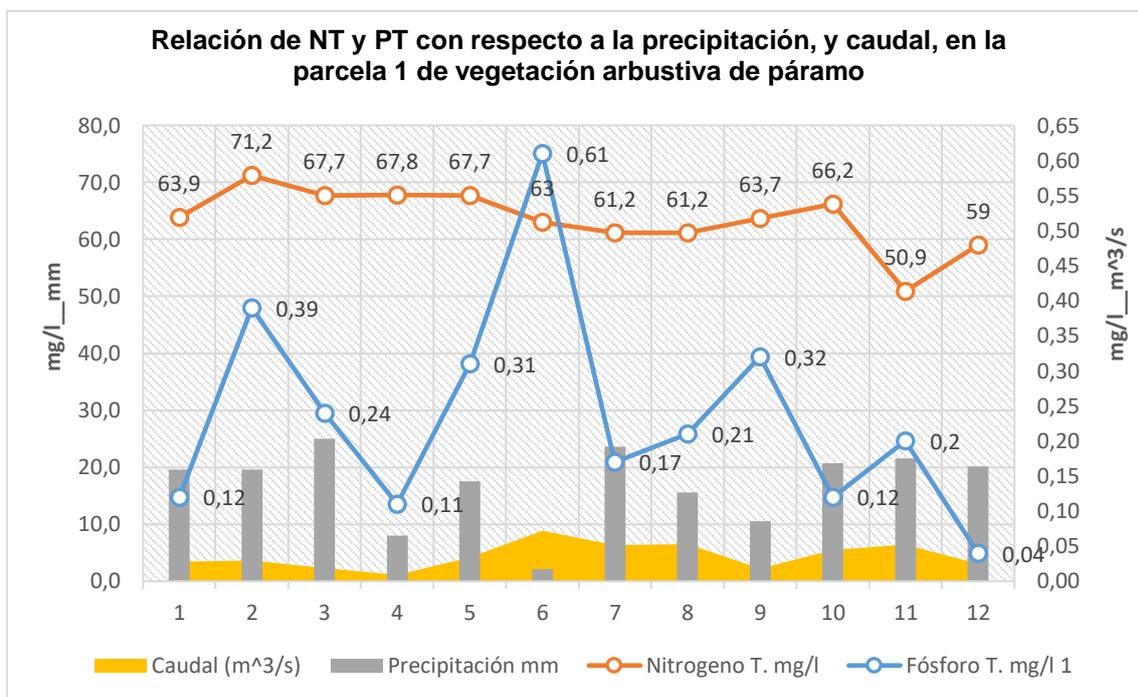
Inclusive el coeficiente de correlación de Pearson con respecto al caudal es de -0,445, cuyo dato es obtenido con la relación de los caudales y NT, que indica que es una correlación negativa moderada y a su vez contribuye a lo que se dice anteriormente como se visualiza en la tabla 9.

Con respecto al promedio de la concentración de fósforo total fue de 0,23 (mg/l), pero a diferencia del nitrógeno este elemento tuvo mayores variaciones en sus niveles y además el coeficiente de Pearson con respecto al caudal es de -0,45 una correlación positiva moderada, cuyo dato es obtenido con la relación de los caudales medios y PT. Todo lo contrario con lo que pasa

**Tabla 6:** Correlación de Pearson en el ecosistema de vegetación arbustiva de páramo

	Fósforo T. mg/l	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nitrógeno T. mg/l
Fósforo T. mg/l	1		
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,45556787	1	
Nitrógeno T. mg/l	0,21981945	-0,444554383	1

con las variables del nitrógeno, estas son directamente proporcionales y se dice que al aumentar los caudales aumenta también la concentración de fósforo total como se observa en la figura número 31.

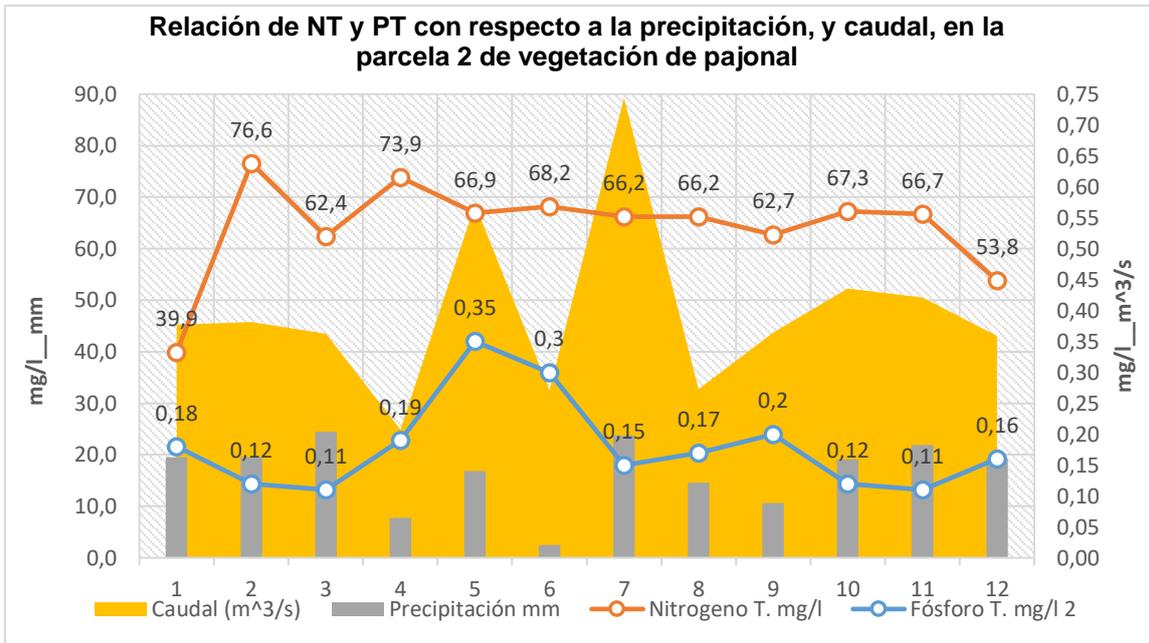


**Figura 32:** Relación de PT y NT con respecto a la precipitación, y caudal, en la parcela 1 de vegetación arbustiva de páramo.

El promedio de concentración de NT Y PT en las aguas superficiales correspondiente a la parcela número dos fue de 64,23 (mg/l) y 0,18 (mg/l). En este ecosistema la relación que hay entre estas variables es bastante débil por el motivo que el coeficiente de correlación de Pearson del nitrógeno total con respecto al caudal es de 0,03 como se observa en la tabla 7. De igual forma pasa con el fósforo total el coeficiente de correlación de Pearson con respecto al caudal es de 0,02. Por consiguiente, en ambos casos no se pueden hablar de una relación de estas variables y sus niveles de concentración se mantienen a pesar de lluvias y crecidas de caudales como se visualiza en la figura número 33.

**Tabla 7;** Correlación de Pearson del ecosistema de vegetación arbustiva de pajonal

	Fósforo T. mg/l 2	Caudal (m³/s)	Nitrógeno T. mg/l
Fósforo T. mg/l 2	1		
Caudal (m³/s)	0,02621417	1	
Nitrógeno T. mg/l	0,01966193	0,03112862	1



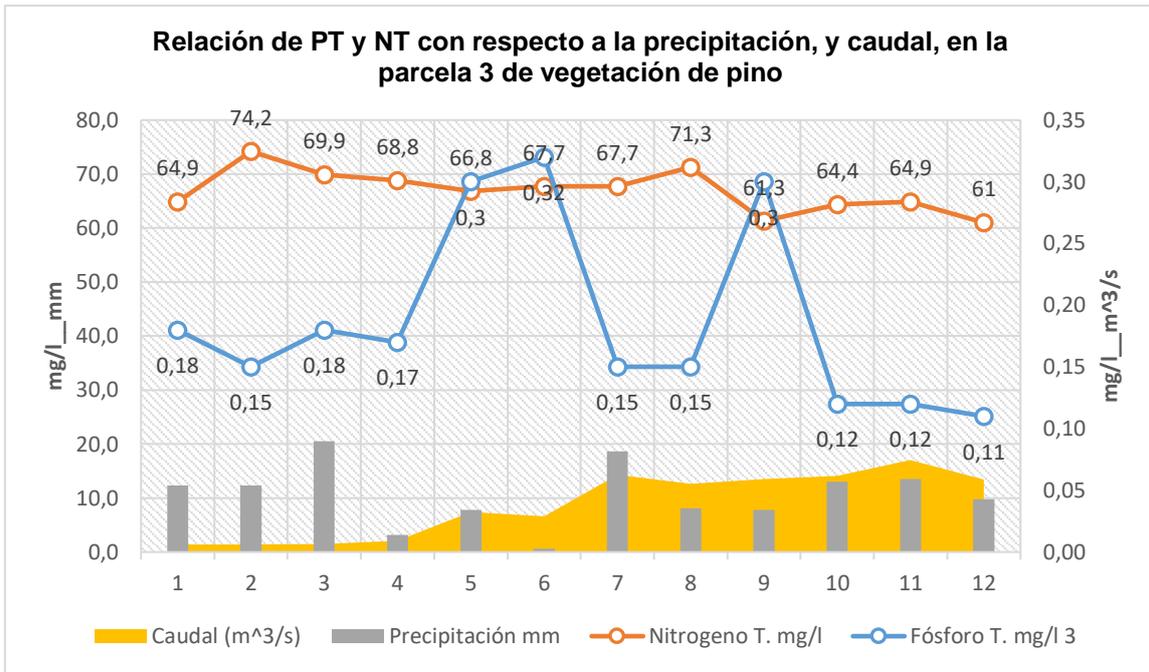
**Figura 33:** Comparación de la concentración de los niveles de PT y NT en las 4 parcelas en estudio.

**Fuente:** Autor

El promedio de concentración de NT Y PT en las aguas superficiales correspondiente a la parcela número tres fue de 66,91 (mg/l) y 0,19(mg/l). En este ecosistema la relación que hay entre estas variables es moderada negativa por tal razón existe una relación bastante marcada como sucede en la parcela número uno. Igualmente, el coeficiente de correlación de Pearson del nitrógeno total con respecto al caudal es de -0,53 como se observa en la tabla número 8. Por su parte el fósforo total tiene un coeficiente de correlación de Pearson con respecto al caudal es de 0,21, que indica una relación negativa bastante débil. Ambas relaciones se visualizan en la figura número 33 donde se observa los niveles de concentración bastante variables y adicionalmente es el único ecosistema donde ambas relaciones son inversamente proporcional.

**Tabla 8:** Correlación de Pearson ecosistema de vegetación de pino

	Fósforo T. mg/l 3	Caudal (m³/s)	Nitrógeno T. mg/l
Fósforo T. mg/l 3	1	-	-
Caudal (m³/s)	0,20648331	1	-
Nitrógeno T. mg/l	0,08774934	0,53314884	1

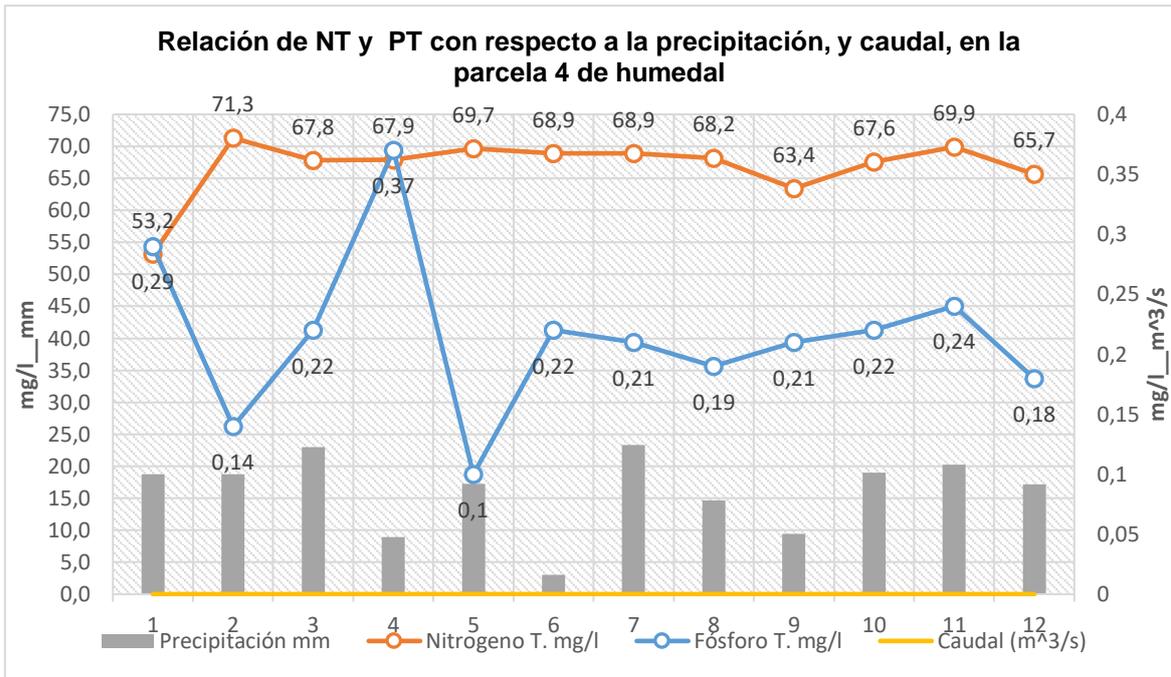


**Figura 34:** Relación de PT y NT con respecto a la precipitación, y caudal, en la parcela 3 de vegetación de pino

El promedio de concentración de NT y PT en las aguas superficiales correspondiente a la parcela número tres fue de 66,87(mg/l) y 0,22(mg/l). Se puede observar en la figura 35 que los niveles de concentración de ambos elementos se mantienen y no hay muchas eventualidades, salvo en las primeras muestras. Por motivos de la topografía del sector el caudal es nulo, pero la relación se la realizó con los datos de precipitación obteniendo el NT con respecto a las precipitaciones un valor de 0,002 y en el caso del PT de 0,25.

**Tabla 9** Correlación de Pearson ecosistema del humedal

	Fósforo T. mg/l	Precipitación mm	Nitrógeno T. mg/l
Fósforo T. mg/l	1		
Precipitación mm	0,25279967	1	
Nitrógeno T. mg/l	0,39606046	0,00280904	1



**Figura 35:** Relación de PT Y NT con respecto a la precipitación, y caudal, en la parcela 4 de humedal.

Niveles altos de NT Y PT podría ser perjudicial para los cuerpos de agua.

La subcuenca de Machángara en el sector Labrados tiene una alteración media, por el motivo que hay alteraciones en cultivos, y demás actividades pecuarias y agrícolas. Pero también se rescata lugares que aun la mano del hombre no interviene.

La principal fuente de contaminación de nitrógeno y fósforo la constituyen según (Rincón y Gutiérrez 2012) la materia orgánica del suelo que a su vez va a los causes por escorrentía superficial.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES.

Los niveles de concentración de NT en los suelos, en la parcela uno de vegetación arbustiva de páramo es de 0,024%, para la parcela dos de vegetación nativa de pajonal es de 0,1% siendo en nivel más alto de los cuatro ecosistemas, en la parcela tres de vegetación de pino es de 0,04%, y por último en la cuarta parcela del humedal es de 0,01% que corresponde al nivel más bajo en estudio.

Los niveles de concentración de PT en los suelos en la parcela uno de vegetación arbustiva de paramo es de 23,8 mg/kg que corresponde al nivel más bajo, para la parcela dos de vegetación nativa de pajonal es de 48,5 mg/kg, en la parcela tres de vegetación de pino es de 42,9 mg/kg, y la cuarta parcela del humedal es de 77,3 mg/kg, siendo en nivel más alto de los cuatro ecosistemas.

La concentración de NT en los 4 ecosistemas tiende a mantenerse constante durante la mayor parte del período de análisis con un promedio de 65,4 mg/l; sin embargo, a mediados del mes de agosto existe una disminución considerable de este parámetro.

Los niveles de concentración de PT en aguas de escorrentías en la parcela uno de vegetación arbustiva de paramo es de 0,23mg/l, que corresponde al nivel más alto, para la parcela dos de vegetación nativa de pajonal es de 0,18mg/l, en la parcela tres de vegetación de pino es de 0.18 mg/l, y la cuarta parcela del humedal es de 0,21mg/l.

Los niveles de caudales en el ecosistema arbustiva de paramos es de  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  , y el segundo ecosistema de vegetación de pajonal es de  $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$  , en el tercer ecosistema de vegetación de pino es de  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  , y en el cuarto ecosistema es nulo debido específicamente a la topografía de la zona.

Los coeficientes de correlación de Pearson que se obtuvieron son relativamente bajas con resultados que fluctúan entre -0,02 hasta -0,53 en correlaciones inversas y en relaciones directas oscilan 0,02 hasta 0,45.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. RECOMENDACIONES**

Para futuros trabajos relacionados se recomienda realizar una toma más exhaustiva de muestras reduciendo los períodos de muestreo para que los resultados no se vean modificados de manera significativa por variaciones abruptas que puedan llegar a existir en alguno de los parámetros.

Además, también se recomienda verificar de manera más minuciosa el uso de suelo cuencas arriba por las diferentes actividades, provocando procesos de deforestación, erosión y contaminación, alterando los niveles de nutrientes en los cuerpos de aguas que llegan a estos embalses.

Realizar estudios además en otras estaciones del año donde cambian las dinámicas de concentraciones de estos nutrientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, T., & Abbasi, S. (2021). *Water Quality Indices*. Elsevier.
- Agrovitra. 2020. "La Gran Importancia Del Potasio En Las Plantas." 1–2.
- Aguirre, N., & Torres, J. (2014). Guía para la restauración Ecológica en los páramos del Antisana. *Fondo para la protección del agua*.
- Araneda, R. (2014). *Estudio comparativo del régimen hidrológico de tres microcuencas de alta montaña con diferente cobertura vegetal*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Arguello, D. (2019). *El rol de la gobernanza en la gestión integrada de cuencas y vínculos urbano-rurales para la provisión de agua*. Quito: Flacso Ecuador.
- Armenteras, D., González, T., Vergara, L., Luque, F., Rodríguez, N., & Bonilla, M. (2016). *Revisión del concepto de ecosistema como "unidad de la naturaleza" 80 años después de su formulación*. *Revista Científica de Ecología y Medioambiente*, 83-89.
- Avalos, Helena Cotler, and Raul Pineda. 2013. "Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y Perspectivas Para Su Manejo y Gestión." P. 37 in *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. México D.F.
- Balmaseda, P., & Ponce, D. (2019). Características de los suelos del centro de producción y prácticas río verde. *Journal of Science and Research*, 18-26.
- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solis, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar: Revista Científica*.
- Bravo, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*. Cuenca: Abya Yala.
- Briceño. 2016. "Caracterización Físico-Química Y Microbiológica De Suelos Paramunos Del P.N.N. Sumapaz Sometidos Al Cultivo Convencional Y Orgánico De Papa Post-Descanso De Actividad Agrícola." UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.
- Calderón, C., Bautista, G., & Rojas, S. (2018). *Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta*. Orinoquia.
- Calle, J. (2020). *Estudio comparativo de la comunidad bacteriana cultivable del bosque nativo y bosque de pino dentro de la microcuenca del Machángara*. Cuenca: Universidad Católica de Cuenca.
- Camacho, A., & Ariosa, L. (2000). *Diccionario de términos ambientales*. La Habana: NOVIB.
- Cárdenas, J. (2014). *Guía para realizar el monitoreo de la precipitación: midiendo la cantidad de precipitación*. Globe Program Perú.
- Cárdenas, M. (2015). *Evaluación de la calidad de los suelo de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna monjas bajo, cantón cayambe*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Chagas, C., & Kraemer, F. (2018). *Escurrimiento, erosión del suelo y contaminación de los recursos hídricos superficiales por sedimentos asociados a la actividad agropecuaria*

- extensiva: algunos elementos para su análisis*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.
- Clesceri, L., & Greenberg, A. (2000). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association.
- Córdova, J. (2015). *Diseño de embalse teniendo en consideración los impactos ambientales*. Piura: Universidad de Piura.
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R., & Rios, E. (2015). Cuencas hidrográficas: Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. *Cuencas hidrográficas*, 30-37.
- Elguero, J., & Román, P. (2019). *Que sabemos de la tabla periódica*. Madrid: Los libros de la Catarata.
- Echeverri, Janeth Echeverri. 2018. "Dinámica Del Fósforo En Suelo-Planta En Regiones Tropicales." Universidad Nacional de Colombia.
- Emilia, Laura, Cerón Rincón, Fabio Ancízar, and Aristizábal Gutiérrez. 2012. "Dinámica Del Ciclo Del Nitrógeno y Fósforo En Suelos Nitrogen and Phosphorus Cycles Dynamics in Soils." 285–95.
- FAO .Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (2018). *El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de américa latina*.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. (2015). *Suelos y biodiversidad: Los suelos albergan una cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta*. ONU.
- FAO.Organizacion de las Naicones Unidas para la alimentación y la agricultura. (2021). *Manual para un sistema de monitoreo ambiental participativo para mejorar la capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades pesqueras y acuícolas en Chile*. Santiago de Chile: EULA-Chile.
- Fernández, M. (2007). *Fósforo: amigo o enemigo*. La Habana: ICIDCA.
- Flores, Julio César Amezcua Romero y Miguel Lara. 2017. "Universidad Católica de Cuenca." 8.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *La Fauna silvestre en un clima cambiante*. FAO.
- Galarza, D. (2016). *Galarza, D. (2016). Evaluación meteorológica de la cuenca del río Machángara. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- García, M. (2019). *Estudio comparativo entre vegetación de páramo conservado e intervenido por plantación de pino*. Cotopaxi-Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Garmin. (2013). *GPSMAP®64/64x series Manual de usuario*.
- Google. (2022). Google Earth Pro.
- Granda, C. (2015). *Consejo de cuenta del río Machángara*. Cuenca: Elecaastro.
- Hanna Instruments. (2020). *Medidor de pH, temperatura, TDS HI 991300*. Bogotá: Hanna Instruments.
- Intagri. 2015. "La Importancia Del Zinc En Las Plantas y Su Dinámica En El Suelo."

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Agua, calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo*. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de normalización. (2013). *Mecánica de suelos: Toma de muestras inalteradas*. Quito.
- Johns, T., & Eyzaguirre, P. (2002). *Nutrición y medio ambiente*. En *Nutrición: La Base para el Desarrollo*.
- Llambi, L., Soto, A., Borja, P., Ochoa, B., Celleri, R., & Bievre, B. (2012). *Páramos andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos. Los suelos del páramo*.
- Lozano, R., & Kirochka, E. (2015). *Evaluación Físico-Química y Microbiológica de la calidad del agua de los ríos machángara y monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Lucca, Forencia. 2020. "Pérdidas de Fósforo Por Escorrentía Desde El Suelo , Fertilizante y Estiércol : Cuantificación y Distribución En El Tiempo Florencia De Lucca Agrelo Maestría En Ciencias Agrarias Opción Ciencias Del Suelo Setiembre 2020." Universidad de la república de Uruguay.
- Maza, Johana. 2017. "Cuantificación de La Variabilidad Espacial y Temporal de Iones de Fosfato En Dos Cuencas Andinas Altas Del Sur Del Ecuador." UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA. CUENCA ECUADOR.
- Ministerio del ambiente. (2005). *Extensión de protección de bosques de la cuenca alta del río Machángara, provincia del Azuay*. Quito.
- Ministerio del ambiente. (2017). *Texto unificado de legislación secundaria de medioambiente. Decreto número 3516*. Quito.
- Ortega, H. (2012). *Elaboración de mapas tipo atlas para la subcuenca del río Machángara*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ortiz, M. (2015). *Plan de manejo de Bosque Nativo*.
- Osorio, N. W. 2012. "Laboratorio de Suelos PH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES El Concepto Del PH Medición Del PH Del Suelo Suelos Ácidos y Aluminio." 1(4):4-7.
- Oxford Diccionarios. (2005). *Diccionario de ciencias de la tierra*. Complutense.
- Parra, Daniela Fernanda Montesdeoca. 2021. "Uso De Diatomeas Epilíticas Como Bioindicadoras De Calidad De Agua De La Cuenca Media-Baja Del Río Yanuncay En Época Seca." UNIVERSIDAD CÁTOLICA DE CUENCA.
- Quito, N. (2015). *Predicción De Caudales En La Cuenca Del Machángara*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ramos, E., & Zuñiga, D. (2008). *Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio*. Lima: Departamento Académico de Biología.
- Riera, V., & Chávez, L. (2011). *Estudio arqueológico de las cuencas media y baja del río Machángara*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Rincón, E., Ancizar, F., & Gutiérrez, A. (2012). *Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils, 285-295*.

- Rivas, Zulay, José Sánchez, Federico Troncone, Rómulo Márquez, Hilda Ledo De Medina, Marinela Colina, and Elizabeth Gutiérrez. 2009. "Nitrógeno y Fósforo Totales de Los Ríos Tributarios Al Sistema Lago de Maracaibo, Venezuela." *Interciencia* 34(5):308–14.
- Rodríguez, O. (2010). *Conservación de suelos y agua: una premisa del desarrollo sustentable*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- Rojas, J. (2016). *Impacto del cambio del uso de suelo sobre la calidad del agua del río Machángara*. Cuenca.
- Rojas. 2015. "Fertilidad de Suelos En Plantaciones Forestales Del Trópico Colombiano."
- Román, Pilar, María M, and Alberto Pantoja. 2015. *Manual de Compostaje Del Agricultor*. Santiago de Chile.
- Ruiz, J. (2014). *Impacto de la forestación con Pino sobre la diversidad vegetal y los suelos en el páramo de Mucubaji*. Sierra Nevada: Universidad Los Andes.
- Sarandón, S., & Flores, C. (2014). Agroecología: bases técnicas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. *The New Political Sociology of Science*.
- SEDUE. 1989. "Acuerdo Por El Que Se Establecen Los Criterios Ecologicos De Calidad Del Agua Cc-001 / 89." *Diario Oficial de La Federación* 1–18.
- Valencia, Alejandro González, Juan David, and Ramírez Soto. 2014. *Manual Piragüero*. MEDELLÍN, COLOMBIA.
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas hidrográficas*. Cuenca: Abya Yala.
- Volonté, A., Gil, V., & Campo, A. (2018). Estudio de la vegetación y sus efectos en la dinámica fluvial en cuencas serranas, Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*.
- Zuñiga, F., Huertas, J., Guerrero, G., Doner, J., Sarasty, J., & Burbano, H. (2018). Propiedades morfológicas de los suelos asociadas a los ecosistemas de páramo. *Revista Tierra Latinoamericana*.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Tabla de resultados de laboratorio de los análisis del agua.

DATOS DE LABORATORIO SOBRE LOS ANÁLISIS DEL AGUA																	
MUESTRAS	Unidad	PARCELA 1				PARCELA 2				PARCELA 3				PARCELA 4			
		Nitrogeno T.	Nitritos	Fósforo T.	Fosfato	Nitrogeno T.	Nitritos	Fósforo T.	Fosfato	Nitrogeno T.	Nitritos	Fósforo T.	Fosfato	Nitrogeno T.	Nitritos	Fósforo T.	Fosfato
1	mg/ L	63,9	2,25	0,12	0,05	39,9	3	0,18	0,04	64,9	2	0,18	0,04	53,2	0	0,29	0
2	mg/ L	71,2	2,7	0,39	0,05	76,6	1,8	0,2	0,04	74,2	1,4	0,15	0,03	71,3	0,8	0,14	0,01
3	mg/ L	67,7	2	0,24	0,05	62,4	2,4	0,11	0,06	69,9	1,7	0,18	0,06	67,8	2	0,22	0,03
4	mg/ L	67,8	2,4	0,11	0,1	73,9	2,2	0,19	0,05	68,8	1,8	0,17	0,06	67,9	2,4	0,37	0,05
5	mg/ L	67,7	3,2	0,31	0,03	66,9	1,5	0,35	0,09	66,8	1,4	0,3	0,06	69,7	2,3	0,1	0,06
6	mg/ L	63	3	0,61	0,2	68,2	0,9	0,3	0,06	67,7	1,4	0,32	0,08	68,9	1,7	0,22	0,07
7	mg/ L	0	2,5	0,17	0,13	0	2,6	0,15	0,16	0	2,2	0,15	0,08	0	1,5	0,21	0,14
8	mg/ L	61,2	3,2	0,21	0,66	66,2	3,2	0,17	0,1	71,3	3	0,15	0,08	68,2	0	0,19	0,1
9	mg/ L	63,7	2,5	0,32	0,07	62,7	2,2	0,2	0,37	61,3	2	0,3	0,25	63,4	3,5	0,21	0,9
10	mg/ L	66,2	3,1	0	0,56	67,3	2,6	0	0,18	64,4	2,2	0	0,08	67,6	2,2	0	0,2
11	mg/ L	50,9	2,3	0	0,58	66,7	2	0	0,2	64,9	2	0	0,21	69,9	1,8	0	0,42
12	mg/ L	59	2,4	0,04	0,4	53,8	1,4	0	0,25	61	2,3	0	0,23	65,7	0,2	0	0,07

## Anexo 2: Análisis de suelos del laboratorio parcela 1



### ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matría: La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.  
Contactos: 3550852 / 5343303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec



Muestra AANalab No: 26927

Página 1 de 1

#### INFORME DE RESULTADOS N° 26927

1.- DATOS GENERALES			
CLIENTE:	Universidad Católica de Cuenca	TELÉFONO:	07- 2830571
DIRECCIÓN:	Av. de las Américas y Humboldt	ATENCIÓN A:	Ing. Quinde

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	03/08/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PUNTO 1 VEGETACION NATIVA		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	06/08/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	06/08/2021 al 18/08/2021

#### Norma de Comparación: TULSMA, AM997, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	**INCERTIDUMBRE + % U
(*)	Fósforo Total	SM 4500 P B-C	mg/kg	23,8	NA		NA
1	Hierro	AAA-PE-5011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	7102,0	NA		20
(*)	Magnesio	EPA 3051/7000A	mg/kg	268,5	NA		NA
(*)	Materia Orgánica	Volumetría	%	35,50	NA		NA
(*)	Nitrógeno total	SM 4500-N C	%	0,024	NA		NA
1	pH	AAA-PE-5014/ EPA 9045 B	unid pH	6,9	6,0-8,0	CUMPLE	1
(*)	Potasio	EPA 7000A	mg/kg	570,7	NA		NA
1	Zinc	AAA-PE-5011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	20,2	60,0	CUMPLE	20

NOTAS:		
AA (Acreditaciones):	*Referencias fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1. Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE. El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-0201 / AAA-PI-0201		
2. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
3. Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en la central Avenida 9 de Octubre y Miguil/Guamba esquina, El Cajas		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-0201 / AAA-PI-0201		

Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:
Resultado fuera del rango de acreditación: Zinc > 4 mg/L.	Loda, Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 18 de agosto de 2021
Digitally signed by ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVARO Date: 2021.08.18 22:51:25 +0200 Reason: Anavallab Location: -	

MC0703-07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

### Anexo 3: Análisis de suelos del laboratorio parcela 2

## ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanlab.com.ec



Muestra AAA Lab No: 26928

Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS N° 26928

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	Universidad Católica de Cuenca	TELÉFONO:	07- 2830571
DIRECCIÓN:	Av. de las Américas y Humboldt	ATENCIÓN A:	Ing. Quinde

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	03/08/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PUNTO 2 RAJONAL		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	06/08/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	06/08/2021 al 17/08/2021

Norma de Comparación: TULSMA, AM097, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

#### 3. RESULTADOS:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	**INCERTIDUMBRE + % U
(*)	Fósforo Total	SM 4500 P B-C	mg/kg	48,5	NA		NA
1	Hierro	AAA-PE-5011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	3963,0	NA		20
(*)	Magnesio	EPA 3051/7000A	mg/kg	39,4	NA		NA
(*)	Materia Orgánica	Volumétrica	%	35,87	NA		NA
(*)	Nitrógeno total	SM 4500-N C	%	< 0,1	NA		NA
1	pH	AAA-PE-5014/ EPA 9045 B	unid pH	5,1	6,0-8,0	NO CUMPLE	1
(*)	Potasio	EPA 7000A	mg/kg	313,5	NA		NA
1	Zinc	AAA-PE-5011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	2,7	60,0	CUMPLE	30

#### NOTAS:

AA (Acreditaciones):	*Integraciones fuera del alcance de acreditación SNI	**Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con 95% nivel de confianza (k=2).
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SNI realizados en Matriz Quito		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SNI.		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-003 / AAA-PI-001		
2: Ensayos subcontratados. Si el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado, ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SNI realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamba esquina, El Cajas		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-003 / AAA-PI-001		
Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.		

#### I. OBSERVACIONES

INFORME APROBADO  
Y AUTORIZADO POR:  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 17 de agosto de 2021

C0703-07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

## Anexo 4: Análisis de suelos del laboratorio parcela 3

### ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanlab.com.ec



Muestra AAALab No: 26929

Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS Nº 26929			
<b>1.- DATOS GENERALES</b>			
CLIENTE:	Universidad Católica de Cuenca	TELÉFONO:	07- 2830571
DIRECCIÓN:	Av. de las Américas y Humboldt	ATENCIÓN A:	Ing. Quinde

<b>2. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	03/08/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PUNTO 3 PINO		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	06/08/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	06/08/2021 al 17/08/2021

Norma de Comparación: TULSMA, AM097, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

<b>3. RESULTADOS:</b>							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	** INCERTIDUMBRE + % U
(*)	Fósforo Total	SM 4500 P B-C	mg/kg	42,9	NA		NA
1	Hierro	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	2862,0	NA		20
(*)	Magnesio	EPA 3051/7000A	mg/kg	48,8	NA		NA
(*)	Materia Orgánica	Volumetría	%	28,51	NA		NA
(*)	Nitrógeno total	SM 4500-N C	%	0,040	NA		NA
1	pH	AAA-PE-S014/ EPA 9045 B	unid pH	4,8	6,0-8,0	NO CUMPLE	1
(*)	Potasio	EPA 7000A	mg/kg	278,4	NA		NA
1	Zinc	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	2,0	60,0	CUMPLE	30

#### NOTAS:

<b>AA (Acreditaciones):</b>	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con $k=2$ , nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PH-0001 / AAA-PH-0001		
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Caca		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PH-0001 / AAA-PH-0001		

Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.

<b>4. OBSERVACIONES</b>	<p><b>INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 17 de agosto de 2021</p> 
-------------------------	--

## Anexo 5: Análisis de suelos del laboratorio parcela 4

### ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanlab.com.ec



Muestra AAALab No: 26930

Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS N° 26930							
<b>1.- DATOS GENERALES</b>							
CLIENTE:	Universidad Católica de Cuenca			TELÉFONO:	07- 2830571		
DIRECCIÓN:	Av. de las Américas y Humboldt			ATENCIÓN A:	Ing. Quinde		
<b>2. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	03/08/2021			
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PUNTO 4 HUMEDAL		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE			
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	06/08/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	06/08/2021 al 17/08/2021			
Norma de Comparación: TUSMA, AM097, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO							
<b>3. RESULTADOS:</b>							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	** INCERTIDUMBRE + % U
(*)	Fósforo Total	SM 4500 P B-C	mg/kg	77,3	NA		NA
1	Hierro	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	714,0	NA		20
(*)	Magnesio	EPA 3051/7000A	mg/kg	60,6	NA		NA
(*)	Materia Orgánica	Volumetrica	%	28,29	NA		NA
(*)	Nitrógeno total	SM 4500-N C	%	0,010	NA		NA
1	pH	AAA-PE-S01A/ EPA 9045 B	unidad pH	5,2	6,0-8,0	NO CUMPLE	1
(*)	Potasio	EPA 7000A	mg/kg	404,4	NA		NA
1	Zinc	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	1,7	60,0	CUMPLE	30
<b>NOTAS:</b>							
AA (Acreditaciones):		*Integraciones fuera del alcance de acreditación SME			**Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con $k=2$ , nivel de confianza 95,00%		
2. Ensayos dentro del alcance de acreditación del SME realizados en Matriz Quito							
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SME.				El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-0201 / AAA-PI-0201			
3. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.							
3. Ensayos dentro del alcance de acreditación del SME realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Lombardi esquina, El Cajas							
El presente informe solo afecta a la muestra analizada.				Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-0201 / AAA-PI-1000			
Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.							
<b>4. OBSERVACIONES</b>					<b>INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 17 de agosto de 2021		

IC0703-07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

**Anexo 6:** Análisis de nutrientes en el agua(primera muestra 1/12)

 Universidad Católica de Cuenca		<b>CIITT- LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA- HYDROLAB</b> <b>HACIENDA MIRACIELOS-RICAURTE</b>	
<b>CODIGO:</b> UCC-LCAR-FDS	<b>ELABORADO:</b> Ing. María Eugenia Quintero Msc.	<b>ELABORADO Y REVISADO:</b> Ing. Carlos Matovelle B. Msc.	<b>Nº INFORME:</b> IN-CAR-013
<b>CODIGO MUESTRA:</b>	CAR001-CAR004	<b>FECHA DE EMISION DEL INFORME:</b>	7/7/2021
<b>PROYECTO:</b>	Calidad del agua en diferentes usos de suelo	<b>SOLICITANTE:</b>	Ricardo Posigua
<b>UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:</b>	Ingeniería Ambiental	<b>RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:</b>	Ricardo Posigua
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Natural	<b>MODO DE CONSERVACIÓN:</b>	Refrigeración
<b>FECHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS:</b>	1/7/2021	<b>HORA DE RECOLECCION:</b>	
<b>FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:</b>	1/7/2021	<b>HORA DE RECEPCION:</b>	15:00
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYOS</b>	2/7/2021	<b>FECHA DE FIN DE ENSAYOS:</b>	2/7/2021

Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA			
			Muestra	Resultados 21-050	Valores máximos permisibles	Límite de cuantificación
Nitrogeno Total	Método 4500-N Literal: C Técnica: Espectrofotometría	mg/L	M1	63,9	No aplica	No aplica
		mg/L	M2	39,3		
		mg/L	M3	64,9		
		mg/L	M4	53,2		
Nitratos	Método 4500-NO3 Literal: E. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	M1-R1	3	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	M1-R2	1,5		
		mg/L	M2-R1	3		
		mg/L	M2-R2	3		
		mg/L	M3-R1	2		
		mg/L	M3-R2	2,1		
		mg/L	M4-R1	-5,2		
		mg/L	M4-R2	-2,8		
Fosforo Total	Método 4500-P Literal: J Técnica: Espectrofotometría	mg/L	M1	0,12	No aplica	0,06-3,5 mg/L
		mg/L	M2	0,18		
		mg/L	M3	0,18		

		mg/L	M4	0,29		
Fosfatos	Método 4500-P Literal: E Técnica: Espectrofotometría	mg/L	M1-R1	0,06	No aplica	No aplica
		mg/L	M1-R2	0,04		
		mg/L	M2-R1	0,04		
		mg/L	M2-R2	0,03		
		mg/L	M3-R1	0,03		
		mg/L	M3-R2	0,04		
		mg/L	M4-R1	-0,02		
		mg/L	M4-R2	-0,02		

<b>NOTAS:</b>	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con Libro VI Anexo 1: Tabla 3 Criterio de calidad admisible para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, frías o calidas y en aguas marinas y de estuario
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	

Observaciones:

 Coordinador de Laboratorio	 Técnico Responsable
---	---

## Anexo 7: Análisis de nutrientes en el agua (última muestra 12/12)

		<b>CIITT- LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA- HYDROLAB</b> <b>HACIENDA MIRACIELOS-RICAURTE</b>	
<b>CODIGO:</b> UCC-LCAR-F06	<b>ELABORADO:</b> Ing. Maria Eugenia Quinteros Msc.	<b>ELABORADO Y REVISADO:</b> Ing. Carlos Matovelle B. Msc.	<b>Nº INFORME:</b> IN-CAR-030
<b>CODIGO MUESTRA:</b>	CAR001-CAR004	<b>FECHA DE EMISION DEL INFORME:</b>	28/9/2021
<b>PROYECTO:</b>	Calidad del agua en diferentes usos de suelo	<b>SOLICITANTE:</b>	Ricardo Posilgua
<b>UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:</b>	Ingeniería Ambiental	<b>RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:</b>	Ricardo Posilgua
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Natural	<b>MODO DE CONSERVACIÓN:</b>	Refrigeración
<b>FECHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS:</b>	27/9/2021	<b>HORA DE RECOLECCION:</b>	
<b>FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:</b>	27/9/2021	<b>HORA DE RECEPCION:</b>	12:00
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYOS</b>	27/9/2021	<b>FECHA DE FIN DE ENSAYOS:</b>	27/9/2021

Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA			
			Muestra	Resultados 21-050	Valores máximos permisibles	Limite de cuantificación
Nitrogeno Total	Método 4500-N Literal: C. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	M1	59	No aplica	No aplica
		mg/L	M2	53,8		
		mg/L	M3	61		
		mg/L	M4	65,7		
Nitratos	Método 4500-NO3 Literal: E. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	M1-R1	2	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	M1-R2	2,8		
		mg/L	M2-R1	1,1		
		mg/L	M2-R2	1,7		
		mg/L	M3-R1	1,8		
		mg/L	M3-R2	2,8		
		mg/L	M4-R1	0		
Fosforo Total	Método 4500-P Literal: J. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	M1	0,004	No aplica	0,06-3,5 mg/L
		mg/L	M2	0		
		mg/L	M3	0		
Fosfatos	Método 4500-P Literal: E. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	M4	0	No aplica	No aplica
		mg/L	M1-R1	0,35		
		mg/L	M1-R2	0,45		
		mg/L	M2-R1	0,15		
		mg/L	M2-R2	0,34		
		mg/L	M3-R1	0,23		
		mg/L	M3-R2	0,69		
		mg/L	M4-R1	0,11		
mg/L	M4-R2	0,02				

<b>NOTAS:</b>	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con Libro VI Anexo 1: Tabla 3 Criterio de calidad admisible para la preservacion de flora y fauna en aguas dulces, frias o calidas y en aguas marinas y de estuario
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	

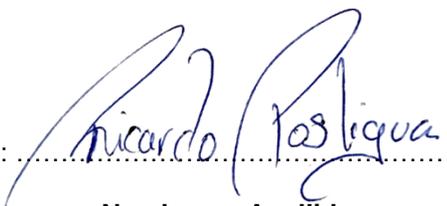
**Observaciones:**

 Coordinador de Laboratorio	 Técnico Responsable
---	---

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

**PASCUAL RICARDO POSLIGUA ORTIZ** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1720925088**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN ESCORRENTÍAS Y SUELOS DE DIFERENTES ECOSISTEMAS DE LA SUBCUENCA DEL MACHÁNGARA CIRCUNDANTE AL EMBALSE DE LABRADOS**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **19 de septiembre de 2022**

F: .....

**Nombres y Apellidos**

**C.I. 1720925088**

