



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“INFLUENCIA DE LA ACIDEZ DEL SUELO EN LA CAPACIDAD  
DE INTERCAMBIO CATIONICO (BASES+CIC) DE LA  
MICROCUENCA DEL RÍO ATILLO Y OZOGOCHÉ, DEL  
PARQUE NACIONAL SANGAY”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORES:** GISSELA ISABEL VENLASAGA PISCO

GABRIEL JOSSUE FLORES MIRANDA

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

Riobamba – Ecuador

2021

**© 2021, Gissela Isabel Venlasaga Pisco & Gabriel Jossue Flores Miranda**

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

Nosotros, GISSELA ISABEL VENLASAGA PISCO & GABRIEL JOSSUE FLORES MIRANDA, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 06 de diciembre de 2021



.....  
**Gissela Isabel Venlasaga Pisco**  
**220013237-7**



.....  
**Gabriel Jossue Flores Miranda**  
**060235857-4**

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación, “**INFLUENCIA DE LA ACIDEZ DEL SUELO EN LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (BASES+CIC) DE LA MICROCUENCIA DEL RÍO ATILLO Y OZOGOCHÉ, DEL PARQUE NACIONAL SANGAY**”, realizado por los señores: **GISSELA ISABEL VENLASAGA PISCO y GABRIEL JOSSUE FLORES MIRANDA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo Msc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO Firmado digitalmente por CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO Fecha: 2021.12.13 14:15:55 -05'00'	2021-12-06
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos Msc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>ANDRES AGUSTIN BELTRAN DAVALOS</b>	2021-12-06
Dr. Fausto Manolo Yulema Garcés Ph.D. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 <b>FAUSTO Yulema</b> Firmado digitalmente por FAUSTO Yulema Fecha: 2021.12.14 08:57:52 -05'00'	2021-12-06

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios por ser el pilar fundamental que guía mi vida y mis acciones, sin el no hubiera cumplido este objetivo de vida . A mis padres Juan Carlos Flores y Mónica Miranda, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes incluido este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final siempre me motivaron para alcanzar mis sueños y anhelos. Con su bendición que siempre me protegió a lo largo de este periodo de mi vida, lo logré y este proyecto es para ustedes. Finalmente, a mi compañera de tesis, que siempre ha sido una luchadora a lo largo de su vida estudiantil y mucho más dentro de la elaboración de este proyecto.

***Gabriel***

Este trabajo de tesis está dedicado a mi princesa guerrera Carmen Pisco quien siempre me ha amado incondicionalmente y cuyos buenos ejemplos me han enseñado a trabajar duro por las cosas que aspiro lograr, así mismo a Roberth Vásquez quien ha sido mi fuente constante de apoyo y aliento durante los desafíos de la vida académica universitaria, también les dedico a Lenin Venlasaga, Jhocelyn Venlasaga, Jordy Venlasaga y Jeremy Vásquez quienes han sido motivación para no rendirme en los estudios.

***Gissela***

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios por darnos valor, fe, fuerzas y jamás permitarnos perder la esperanza de que este arduo trabajo se haga una realidad, agradecemos porque ha sido la luz y la guía en nuestro camino profesional porque sin su apoyo incondicional y sus bendiciones jamás hubiésemos podido caminar tan lejos, quedándole infinitamente agradecidos por su amor único e incondicional.

Agradecemos a nuestras familias, principalmente a nuestros padres Juan Carlos Flores, Mónica Miranda, Carmen Pisco, Roberth Vásquez, por todo el sacrificio que han hecho para poder llegar hasta donde hoy hemos llegado convirtiéndose en nuestro mayor ejemplo a seguir siendo un pilar fundamental en nuestras vidas ya que han depositado en nosotros todo ese cariño y amor, agradecemos su infinita paciencia con nosotros y su infinito aliento que nos han brindado todo este trayecto de nuestras vidas siendo nuestro mayor orgullo.

Agradecemos al Ing. Andrés Beltrán por su guía en nuestra tesis y por ser nuestro tutor en este proyecto hoy cumplido, agradecemos de igual manera al Ing. Freddy Armijos, Técnico de Investigación del GIDAC por transmitirnos su conocimiento y enseñanzas de campo y laboratorio al realizar nuestra tesis de grado, por su guía, coordinación y asesoría para poder hacer de este proceso un exitoso trabajo en el Parque Nacional Sangay, esperando contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Así como también a la ESPOCH por ser el vínculo entre profesores y estudiantes, la cual nos forjó como Ingenieros y por último al grupo GIDAC-ESPOCH quienes han sabido apoyar a nuestra tesis de modo investigativo, con el uso de los laboratorios, así como también con la gestión para llegar a poder hacer nuestra investigación en las microcuencas de Atillo y Ozogoché.

Finalmente agradecemos a nuestros amigos Cristófer Cedeño, Cristina Gutiérrez, Evelyn Jiménez y Josephe Masson por el apoyo incondicional en nuestra vida académica, por ser unas personas incondicionales, sus consejos y sobre todo las experiencias y las anécdotas de vida que nos dejan, su amistad siempre fue muy primordial para nosotros.

*Gissela & Gabriel*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Bases teóricas.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1. Naturaleza de la acidez del suelo.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2. Clasificación de la acidez.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.2.1. Acidez activa.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.2.2. Acidez intercambiable.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.2.3. Acidez residual.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.3. Propiedades físicas del suelo.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.4. Propiedades químicas de los suelos.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.5. Importancia de la Capacidad de Intercambio Catiónico en la agricultura.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.5.1. Las plantas absorben nutrientes.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1.5.2. Recuperación de suelos ácidos y alcalinos.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.5.3. Retención de nutrientes.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.6. Macronutrientes y micronutrientes.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.6.1. Macronutrientes.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.6.2. Micronutrientes.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Bases conceptuales.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.1. Capacidad de intercambio catiónico.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2. Suelo de páramo.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.3. pH.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.4. Color.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.5. Textura.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.6. Materia Orgánica.....</b>	<b>17</b>

1.3.	Bases legales .....	18
------	---------------------	----

## CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	22
2.1.	Área de estudio.....	22
2.2.	Ubicación geográfica.....	23
2.3.	Tipo y diseño de investigación.....	23
2.4.	Hipótesis .....	24
2.4.1.	<i>Hipótesis nula</i> .....	24
2.4.2.	<i>Hipótesis alternativa</i> .....	24
2.4.3.	<i>Variables</i> .....	24
2.5.	Población .....	24
2.6.	Muestra.....	24
2.6.1.	<i>Tamaño de muestra</i> .....	24
2.6.2.	<i>Número de unidades muestrales</i> .....	25
2.6.3.	<i>Diseño experimental</i> .....	26
2.6.4.	<i>Selección de los puntos de muestreo</i> .....	26
2.6.5.	<i>Muestreo</i> .....	29
2.7.	Materiales, Equipos y Reactivos .....	30
2.7.1.	<i>Materiales</i> .....	30
2.7.2.	<i>Equipos</i> .....	30
2.7.3.	<i>Reactivos</i> .....	30
2.8.	Codificación de muestras.....	31
2.9.	Toma de muestra en campo .....	31
2.10.	Análisis de Laboratorio .....	33
2.10.1.	<i>Parámetros Físicos</i> .....	33
2.10.1.1.	<i>Identificación de textura en suelo</i> .....	33
2.10.1.2.	<i>Color</i> .....	34
2.10.2.	<i>Parámetros Químicos</i> .....	34
2.10.2.1.	<i>Medición de pH en el suelo y conductividad</i> .....	34
2.10.2.2.	<i>Medición de los cationes intercambiables Na, K, Ca y Mg.</i> .....	35

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADO, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS</b> .....	37
<b>3.1.</b>	<b>Análisis Descriptivo</b> .....	37
<b>3.1.1.</b>	<i>Potencial Hidrogeno (pH)</i> .....	37
<b>3.1.2.</b>	<i>Conductividad Eléctrica (CE)</i> .....	38
<b>3.1.3.</b>	<i>Color</i> .....	40
<b>3.1.4.</b>	<i>Textura</i> .....	40
<b>3.1.5.</b>	<i>Materia orgánica</i> .....	41
<b>3.1.6.</b>	<i>Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)</i> .....	43
<b>3.2.</b>	<b>Zonas de conservación y explotación agrícola y ganadera</b> .....	44
<b>3.2.1.</b>	<i>Importancia de la producción del forraje</i> .....	45
<b>3.2.2.</b>	<i>Importancia del CIC</i> .....	45
<b>3.3.</b>	<b>Análisis de Correlación</b> .....	47
<b>3.3.1.</b>	<i>Hidronio</i> .....	47
<b>3.3.2.</b>	<i>CIC</i> .....	48
<b>3.3.3.</b>	<i>Correlaciones</i> .....	51
<b>3.3.3.1.</b>	<i>Análisis de correlación, sin datos anómalos</i> .....	52
<b>3.3.3.2.</b>	<i>Correlación entre CE y CIC</i> .....	54
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	55
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	56
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Macronutrientes primarios.....	13
<b>Tabla 2-1:</b>	Macronutrientes secundarios .....	14
<b>Tabla 3-1:</b>	Micronutrientes primarios .....	15
<b>Tabla 1-2:</b>	Muestras Totales .....	25
<b>Tabla 2-2:</b>	Área de las Zonas de Estudio .....	25
<b>Tabla 3-2:</b>	Coordenadas de los Puntos de Muestreo .....	26
<b>Tabla 4-2:</b>	Clasificación de la textura del suelo .....	33
<b>Tabla 1-3:</b>	Interpretación de Porcentaje (%) de Materia Orgánica. ....	42
<b>Tabla 2-3:</b>	Correlación del Ion Hidronio, Atillo y Ozogoche.....	48
<b>Tabla 3-3:</b>	Correlación del CIC, Atillo y Ozogoche .....	50
<b>Tabla 4-3:</b>	Prueba de Diferencias mínimas significativas de Fisher, Atillo y Ozogoche.....	50
<b>Tabla 5-3:</b>	Valores eliminados de la base datos para el Ion Hidronio .....	51
<b>Tabla 6-3:</b>	Valores eliminados de la base datos para el CIC .....	52
<b>Tabla 7-3:</b>	Correlación Final.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b>	Diagrama simplificado de los grupos carboxílicos e hidroxilos.....	5
<b>Figura 2-1.</b>	Intercambio catiónico de iones $H^+$ por iones $K^+$ .....	6
<b>Figura 3-1.</b>	Los diferentes tipos de acide del suelo .....	7
<b>Figura 4-1.</b>	Capacidad de intercambio catiónico con materiales coloidales .....	10
<b>Figura 5-1.</b>	La capacidad de intercambio catiónico en un medio de crecimiento .....	11
<b>Figura 6-1.</b>	En el proceso de mineralización de la materia orgánica .....	18
<b>Figura 7-1.</b>	Composición del suelo .....	18
<b>Figura 1-2.</b>	GPS .....	31
<b>Figura 2-2.</b>	Perforación con el barreno y toma de muestras de suelo .....	32
<b>Figura 3-2.</b>	Medida correcta para la toma de muestras.....	32
<b>Figura 4-2.</b>	Textura por método del tacto.....	33
<b>Figura 5-2.</b>	Medición de pH.....	35
<b>Figura 6-2.</b>	Medición de CIC .....	35

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2.</b> Mapa del Área de Estudio (Cebadas/Achullapas).....	22
<b>Gráfico 2-2.</b> Puntos de Muestreo en Atillo .....	29
<b>Gráfico 3-2.</b> Puntos de Muestreo en Ozogoche.....	29
<b>Gráfico 1-3.</b> Resultados de pH, zona Atillo y Ozogoche .....	37
<b>Gráfico 2-3.</b> Resultados de CE, zona Atillo y Ozogoche .....	39
<b>Gráfico 3-3.</b> Resultados de Textura, zona Atillo y Ozogoche.....	40
<b>Gráfico 4-3.</b> Diferencia porcentual de Materia Orgánica, Atillo y Ozogoche .....	41
<b>Gráfico 5-3.</b> Resultados de individuales de Ca/Mg/K/Na .....	43
<b>Gráfico 6-3.</b> Resultados de CIC, zona Atillo y Ozogoche .....	44
<b>Gráfico 7-3.</b> Normalidad de datos completos, Ion Hidronio .....	47
<b>Gráfico 8-3.</b> Normalidad sin datos Anómalos, Ion Hidronio .....	47
<b>Gráfico 9-3.</b> Normalidad de datos completos, CIC.....	49
<b>Gráfico 10-3.</b> Normalidad sin datos Anómalos, CIC .....	49
<b>Gráfico 11-3.</b> Primera Correlación, entre CIC vs Ion Hidronio .....	51
<b>Gráfico 12-3.</b> Correlación sin datos anómalos, entre CIC vs Ion Hidronio.....	52
<b>Gráfico 13-3.</b> Correlación Final.....	53
<b>Gráfico 14-3.</b> Primera correlación, entre CE vs CIC .....	54
<b>Gráfico 15-3.</b> Correlación sin datos anómalos, entre CE vs CIC .....	54

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS ATILLO

**ANEXO B:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS OZOGOCHÉ

**ANEXO C:** ANÁLISIS EN LABORATORIO

**ANEXO D:** PROGRAMACIÓN PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICA ANOVA

**ANEXO E:** PROGRAMACIÓN PARA LAS CORRELACIONES

**ANEXO F:** INDEPENDENCIA SEGÚN EL GRÁFICO DE RESIDUOS  
ESTANDARIZADOS DEL IÓN HIDRONIO

**ANEXO G:** INDEPENDENCIA SEGÚN EL GRÁFICO DE RESIDUOS  
ESTANDARIZADOS DE LA CIC

**ANEXO H:** UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

**ANEXO I:** IDENTIFICACIÓN DE ESTRATOS – ZONA PERIGRACIAL ATILLO

**ANEXO J:** IDENTIFICACIÓN DE ESTRATOS – ZONA PERIGRACIAL OZOGOCHÉ

**ANEXO K:** UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO - ATILLO

**ANEXO L:** UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO - OZOGOCHÉ

**ANEXO M:** CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO - ATILLO

**ANEXO N:** CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO - OZOGOCHÉ

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AAS</b>	Espectroscopía de Absorción Atómica
<b>C</b>	Carbono
<b>Ca</b>	Calcio
<b>CE</b>	Conductividad Eléctrica
<b>CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub></b>	Acetato de Amonio
<b>CIC</b>	Capacidad de Intercambio Catiónico
<b>CICE</b>	Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva
<b>Fe</b>	Hierro
<b>H</b>	Hidrógeno
<b>INIAP</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
<b>K</b>	Potasio
<b>Mg</b>	Magnesio
<b>MO</b>	Materia Orgánica
<b>Na</b>	Sodio
<b>PDOT</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la variabilidad de la Capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los suelos de las microcuencas del río Atillo y Ozogche, aplicando el método del acetato de amonio. En la que se contempló dos fases, la primera fase de campo, donde se extrajeron 50 muestras, 25 de Atillo y 25 de Ozogche, por cada punto se tomaron dos muestras a profundidad de 0-30 cm y de 30-60 cm en tres tipos de estratos como Cultivo, Herbazal de páramo y Herbazal inundable, la segunda fase fue la de laboratorio, en la que se determinaron los cationes intercambiables como el Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Sodio ( $\text{Na}^{+}$ ) y Potasio ( $\text{K}^{+}$ ) la determinación se llevó a cabo mediante la espectroscopía de absorción atómica, en el que se pesó 5 g de suelo por muestra, se agregó 25 ml de acetato de amonio 1M, se agitó y se dejó reposar por 24 horas, posteriormente se filtró al vacío, una vez preparada la muestra se aforó en balones volumétrico de 100 ml, finalmente se procesó en el espectrofotómetro. También se realizó la medición de pH por el método del potenciómetro para la obtención de la acidez activa. Para el análisis estadístico se utilizó la técnica de análisis de varianza ANOVA de varios factores dando como resultado que la acidez activa del suelo no influye sobre la CIC, concluyendo que no existe correlación entre el ion hidronio en función del CIC, conjuntamente no se muestra diferencias significativas en los resultados obtenidos de acuerdo con las profundidades en los distintos estratos por tales razones se recomienda analizar otro tipo de correlación de cationes ácidos como el Aluminio ( $\text{Al}^{3+}$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^{+}$ ) en relación al CIC, además estudiar otros parámetros que puedan alterar el complejo de intercambio catiónico en los páramos andinos.

**Palabras clave:** < CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CIC)>, <PERFIL DEL SUELO>, <CATIONES INTERCAMBIABLES>, <ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA (AAS)>, <SUELOS> <MICROCUENCAS>, <ANOVA(SOFTWARE)>, <ACETATO DE AMONIO>.

LEONARDO  
FABIO  
MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO  
FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,  
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,  
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,  
serialNumber=0000621485,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.11.29 16:44:59 -05'00'



2177-DBRA-UTP-2021

## SUMMARY

The aim of the current research was to determine the variability of the cationic exchange capacity (CEC) in the soils of Atillo and Ozogoche river micro-basins, applying the ammonium acetate method which consisted on two stages, the first stage had to do with the extraction of 50 samples, 25 from Atillo and 25 from Ozogoche, for each point two samples were taken from 0 to 30 cm and from 30 to 60 cm in depth with three types of strata such as Crops, Paramo grassland and Floodplain grassland. The second stage was the laboratory one, in which exchangeable cations such as Calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnesium ( $\text{Mg}^{++}$ ), Sodium ( $\text{Na}^{+}$ ) and Potassium ( $\text{K}^{+}$ ) were determined, this was carried out by means of atomic absorption spectroscopy in which 5g of soil was weighed per sample, 25ml of 1M ammonium acetate was added, stirred and left for 24 hours, then it was vacuum filtered and once the sample was prepared, it was filled into 100 ml volumetric balloons, finally it was processed in the spectrophotometer. In addition, pH measurement was carried out through the potentiometer method to obtain active acidity. For the statistical analysis, the factorial analysis of variance ANOVA was used and the results were that the active acidity of the soil does not influence the CEC. It was concluded that there is no any correlation between the hydronium and the CEC, in addition there are no significant differences in the results obtained according to the depths in the different strata. Thus, it is recommended to analyze another type of acid cation correlation such as: Aluminum ( $\text{Al}^{3+}$ ) and ammonium ( $\text{NH}_4^{+}$ ) related to the CEC, and study other parameters which may alter the cation exchange in the Andean paramo.

**Keywords:** <CATIONIC-EXCHANGE CAPACITY (CEC)>, <SOIL PROFILE>, <INTERCHANGEABLE CATIONS>, <ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY (AAS)>, <SOILS> <MICROBASINS>, <ANOVA (SOFTWARE)>, <AMMONIUM ACETATE>.



Firmado electrónicamente por:  
PAUL ROLANDO  
ARMAS PESANTEZ

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la superficie de los suelos ácidos es de aproximadamente del 58,04%, el 33,84% de este es provocado por acumulación de aluminio e hidrógeno en suelos arcillosos y de material orgánico, estos suelos se presentan mayormente en la Amazonía y en suelo de origen volcánico de la cordillera Andina sitios donde por su alto relieve su humedad incrementa, debido a las altas precipitaciones por lo tanto en estos suelos casi siempre sus bases intercambiables se lixivian. Inclusive el uso de altas cantidades de fertilizantes para los cultivos, causa aceleración en la acidificación del suelo (Alvarado, 1999, p. 13).

A esto se le añade que en los páramos a partir de los 3 200 m.s.n.m. la vegetación natural está en un equilibrio morfodinámico frágil, en las zonas de Atillo y Ozogoché las prácticas agrícolas como el arado antes de la siembra, y la quema de paja para la ganadería son prácticas comunes que perturban este equilibrio causando desaparición de la vegetación protectora lo que causa un irreversible cambio en su morfología original ocasionando la erosión acelerada en estas áreas, cuando esto ocurre se interrumpe la interacción entre el agua y la materia orgánica porque entre poca humedad menor será la descomposición del material orgánico (Camacho, 2013, p. 87).

Por estas razones se analiza la capacidad de intercambio catiónico, puesto que es una propiedad química de gran importancia dentro de los suelos agrícolas, siendo este un gran indicador de fertilidad del suelo, debido a que los suelos de páramos son muy fértiles por la naturaleza de su origen volcánico aunque esto varía de acuerdo a la altitud, presentando así gran cantidad de materia orgánica y arcillas las cuales se encuentran cargadas negativamente, reteniendo a los cationes sea de naturaleza ácida o básica por la fuerza electrostática, evitando así que se pierdan con facilidad debido a la lixiviación (Sadeghian, 2016b, p. 3).

Por otra parte, en la determinación de los valores reales del CIC en los suelos hay cierta incertidumbre debido a que existe una gran variabilidad en los valores finales, ya que estos pueden cambiar dependiendo del método que se utiliza (Flores, 1971, p. 1). En este sentido, la finalidad de este trabajo es contribuir con el principal indicador de fertilidad de suelo el cual es la determinación del CIC en relación con el catión ácido hidrónico empleando el método del acetato de amonio.

## **PROBLEMA**

La acidez de los suelos en el páramo andino ecuatoriano ha sido afectada por las altas concentraciones de hidrógeno y aluminio, esto ha provocado una ineficiente producción de cultivos, sumándole a incorrectos procesos de fertilización que degradan el suelo, convirtiéndose en un gran problema ambiental, además las condiciones meteorológicas como la humedad elevada en los sistemas de estudio provoca sistemas edáficos sensibles en la capa superficial del suelo asociado con el cambio climático.

Esto ha conllevado a un avance acelerado en la frontera agrícola debido que cada vez los suelos se van empobreciendo, prácticas como la agregación de materia orgánica o la incorporación de residuos de cosechas anteriores son utilizados con poca frecuencia por el contrario acciones de quema de la paja de páramo o secar los herbazales inundables para nuevos cultivos son comunes en las microcuencas de Atillo y Ozogoche.

Por tal razón se ha visto la necesidad de generar una investigación que contribuya a una mejor y tecnificada agricultura dentro de las zonas de estudio, de esta manera se analizara la Bases y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) que tienen los diferentes suelos, para que contribuyan al cuidado y preservación del Parque Nacional Sangay.

¿De qué manera afecta la acidez en los suelos de las microcuencas del río Atillo y Ozogoche en la Capacidad de Intercambio Catiónico?

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Ya hace diversos años se ha discutido el valor socioeconómico de los páramos andinos, ya sea por su endemismo, paisaje, regulación hídrica, entre otros servicios ecosistémicos (Vega y Martínez, 2000; citado de Suárez et al., 2016, p. 1). A pesar de que el conocimiento de la dinámica del CIC en los ecosistemas altoandinos es aún limitado los pocos estudios realizados estiman que el páramo tiene una relación tanto con el pH, como también con la conductividad eléctrica. El análisis de los suelos del páramo representa un papel importante en la determinación de su comportamiento, en especial después de ser explotado de manera antrópica, el cuál podría ser empleado para la recuperación de los suelos del páramo y de la evaluación de indicadores de calidad de suelos altoandinos (Podwojewsk y Poulenard, 2000; citado de Suárez et al., 2016, p. 1).

La acidez del suelo ha sido causada principalmente por el inapropiado uso de técnicas agrícolas, al laboreo excesivo, remoción de nutrientes por plantas, la falta de enmiendas, cultivos de coberturas y otras actividades antrópicas en la agricultura lo que ha causado la disminución de los nutrientes esenciales para el desarrollo de la vegetación, afectando así la calidad del suelo aumentando la acidez, de esta manera los suelos se vuelven infértiles teniendo como consecuencia

el aumento de la frontera agrícola en los páramos andinos. Por estas razones es importante conocer la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) para mejorar la fertilidad del suelo.

La Capacidad de Intercambio Catiónico en regiones altoandinas por su costo científico y ecológico concierne una posibilidad de interés para el agricultor, así como organismos de control, que por medio de la evaluación de los cationes en suelos de las microcuencas tanto de Atillo como de Ozogoche pretende gestionar la utilización sostenible de los suelos productivos, de los actores primordiales que usufructúan este espacio geográfico, de los cuales es dependiente su aprovechamiento beneficioso y conservación.

Por todo lo mencionado se realizó la presente investigación con la finalidad de que la información proveniente de este estudio permita realizar importantes aportes al Plan de Manejo Ambiental del Parque Nacional Sangay, así como al establecimiento de políticas públicas para la conservación y protección del ecosistema y al establecimiento de zonas de amortiguamiento de los sistemas lacustres Atillo y Ozogoche que asegurará la delimitación entre la zona productiva del sector aledaño al parque, además de que ayudará a registrar un precedente para posteriores trabajos de investigación .

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar la variabilidad de la CIC en los suelos de las microcuencas del río Atillo y Ozogoche, del Parque Nacional Sangay

### **Objetivos Específicos**

- Identificar los diferentes estratos de los valles de las microcuencas del río Atillo y Ozogoche
- Evaluar la variabilidad de la CIC en dos profundidades de los suelos de las microcuencas de estudio
- Valorar la incidencia de los iones Hidronio  $H^+$  en la Capacidad de intercambio catiónico
- Proponer zonas de conservación y explotación agrícola y ganadera en función de la CIC

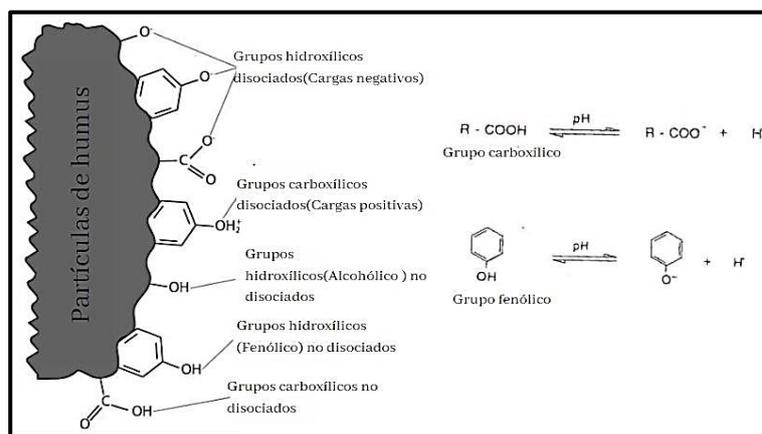
# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Bases teóricas

#### 1.1.1. Naturaleza de la acidez del suelo

La acidez del suelo en los páramos andinos puede verse influenciada debido a la naturaleza del material parental en interacción con el clima y los organismos, sin embargo puede ser gestionado para mejorar la productividad (Gurmesa, 2020, p. 78)., en consecuencia, son un problema para la producción de cultivos porque inhibe el crecimiento microbiano disminuyendo su diversidad (Wan et al., 2020, p. 7)., de esta forma reduce la estabilidad de los sistemas agrícolas (Cruz-Macías et al., 2020, p. 476). Su magnitud se intensifica debido a cuatro razones esenciales. El primero es cuando la materia orgánica que se produce por el tipo de vegetación del páramo, junto a los minerales se descomponen con el tiempo, así van produciendo iones hidronio ( $H^+$ ) debido a que contiene grupos fenólicos y carboxílicos, convirtiendo así el suelo en material ácido (León, Bonifaz y Gutiérrez, 2021, p. 84).

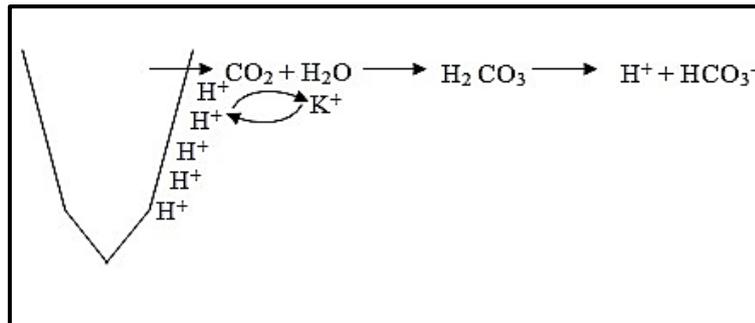


**Figura 1-1.** Diagrama simplificado de los grupos carboxílicos e hidroxilos

Fuente: Brady e Weil, 1996, citados por (Igo, 2014, p. 14).

Por otra parte, al descomponerse la materia orgánica se forman dióxidos de carbono ( $CO_2$ ) que al mezclarse con el agua del suelo produce ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) el cual es un ácido débil que se descompone parcialmente formando así bicarbonatos e iones hidronio ( $H^+$ ) (Barceló et al., 2020, p. 114). Los bicarbonatos se combinan con las bases calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ) y potasio ( $K^+$ ), estos compuestos se lixivian del perfil del suelo generando acidez. A esto se le puede añadir según

Cruz-Macías et al. donde mencionan que la disminución de la actividad microbiana afecta a la mineralización del suelo provocando incremento en la acidez (2020, p. 749).



**Figura 2-1.** Intercambio catiónico de iones  $H^+$  por iones  $K^+$

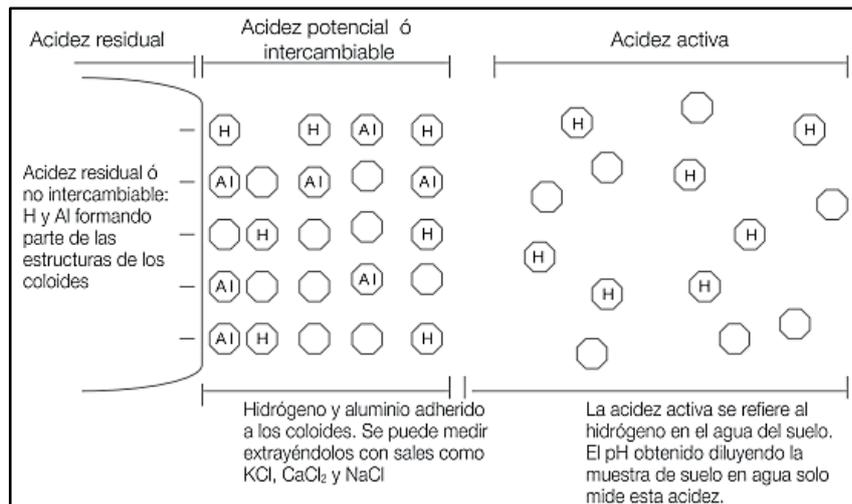
Fuente: (Agroforestería, 2011).

Debido al crecimiento de la frontera agrícola, el segundo modo en que el suelo se vuelve ácido es mediante la irrigación esto se realiza con la finalidad ayudar a la producción de los cultivos, pero en exceso hace que los principales nutrientes como el potasio, magnesio, calcio reciban demasiada agua, y se eliminen del suelo (Varma, Meena y Kumar, 2017, p. 1558). Estos elementos son de vital importancia debido a que evita que el suelo sea ácido, por lo que al lixivarse el nivel del pH del suelo disminuye (Sadeghian, 2016a, p. 3).

La tercera razón es la recolección de cultivos que influyen en la acidez, a causa de que los cultivos absorben materiales similares a la cal (cationes) para su nutrición y libera  $H^+$  para mantener el equilibrio (León, Bonifaz y Gutiérrez, 2021, p. 84), al cosechar los cultivos disminuye el rendimiento de la tierra, perdiendo así los elementos básicos necesarios para equilibrar la acidez. Finalmente, la cuarta razón es la precipitación anual de las zonas de estudio debido a que la altitud oscila entre los 3395 – 3788 m.s.n.m. las precipitaciones pluviales son muy elevadas, por lo que se lixivian las bases intercambiables de la superficie del suelo en grandes cantidades.

### **1.1.2. Clasificación de la acidez**

El suelo ácido se caracteriza universalmente por las mediciones de los iones hidronio ( $H^+$ ), expresada como pH. Existen muchos factores que lo hacen ácido. A su vez, la acidez afecta a muchos procesos en relación con el crecimiento de la vegetación, por lo tanto, los suelos ácidos se denominan suelos problemáticos, a continuación, se explicarán los distintos tipos de acidez del suelo.



**Figura 3-1.** Los diferentes tipos de acidez del suelo

Fuente: (Toledo, 2016, p. 111).

#### 1.1.2.1. Acidez activa

Según Toledo (2016, p. 24), define que la acidez activa es la presencia de los iones de hidrógeno ( $H^+$ ) que están libremente en la solución del suelo. Donde en el complejo de intercambio catiónico del suelo el grupo de iones de hidrógeno están en equilibrio con los iones intercambiables. Sin embargo, la cantidad de iones ( $H^+$ ) en la acidez activa es muy pequeña en comparación con la cantidad a la acidez de intercambio y acidez residual. A su vez como agrega Vinay et al., que la acidez activa ayuda a comprender el impacto de la fertilización sobre la disponibilidad de nutrientes que a su vez afectará a los cultivos agrícolas, al primer cultivo, así como al cultivo subsecuente (2018, p. 25).

#### 1.1.2.2. Acidez intercambiable

Según Toledo (2016, p. 24), determina que los iones intercambiables son el hidrógeno ( $H^+$ ) y el aluminio ( $Al^{3+}$ ) que se encuentran en grandes cantidades debido a que son absorbidos en los coloides del suelo provocando así mayor acidez, estos pueden ser desplazados por las bases intercambiables o viceversa (Bhargavareddy y Subramanian, 2016, p. 56). En cambio, en suelos moderadamente ácidos su cantidad de iones de hidrógeno y aluminio es menor. Según Llambí et al. (2012, p. 232), afirman que en la mayoría de suelos de paramos el aluminio es una fuente principal influyente en la acidez.

### *1.1.2.3. Acidez residual*

La acidez residual es cuando se neutraliza la acidez activa e intercambiable donde los iones de hidroxil-aluminio con los átomos de aluminio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e hidrogeno ( $\text{H}^+$ ) están ligados a los minerales del suelo, es decir están unidos en formas no intercambiables por la materia orgánica y la arcilla de silicato (Toledo, 2016).

### *1.1.3. Propiedades físicas del suelo*

Las propiedades del suelo son fundamentales porque forman la base esencial de varios procesos químicos y biológicos, además define el movimiento del aire y agua, las condiciones que afectan el desarrollo de vegetación, los procesos de crecimiento y la erosión (Jat et al., 2018, p. 122-123). El suelo está formado de materia orgánica y de partículas minerales primarias como arena, limo y arcilla. El porcentaje de cada uno de ellos indica la textura, siendo una propiedad muy influyente en los procesos del ciclo del agua y los nutrientes, estas partículas primarias se combinan para formar agregados de distintos tamaños determinando así la estructura (Berlejung, 2017, p. 2). La estructura también dicta la acumulación de carbono orgánico, la capacidad de infiltración, flujo de nutrientes (Jat et al., 2018, p. 122-123). La mayoría de las propiedades físicas de los suelos está estrechamente relacionada con el contenido de materia orgánica (Peerzada y Chauhan, 2018, p. 12).

El tipo de suelo tiene un impacto significativo en la capacidad de retención de agua y las tasas de infiltración (Lozano et al., 2020, p. 61). Las tasas de infiltración del suelo se pueden reducir mejorando las estructuras del suelo (Úbeda Rivera y Delgado Dallatorre, 2018, p. 892). La textura del suelo y el contenido de arcilla también controlan la capacidad de retención de agua del suelo, lo que puede ayudar plantas en el suministro de agua durante más tiempo en comparación con otros suelos. La materia orgánica tiene una gran influencia en los atributos físicos del suelo y por lo tanto controla su tasa de infiltración y capacidad de retención de agua. Como señala Farooqi et al., sostiene que todos estos factores del suelo juntos son responsables del desarrollo de un sistema integrado basado en la heterogeneidad de las características físicas del suelo y el control de las propiedades relacionadas con el agua del suelo (2020, p. 85).

Los poros son variedades de espacios vacíos, el cual se pueden clasificar en macroporos que permiten el flujo de aire/agua a través del suelo y microporos que retienen el agua/aire ideal para el desarrollo de la vegetación (Wang, Lai y Zhang, 2017, p. 29-30). Además, la densidad aparente es un indicador de suelos compactados o de porosidad de suelo, definiéndose como la masa de suelo seco dividida por el volumen. La medición de la densidad aparente puede realizarse a través de múltiples enfoques dependiendo del contexto del suelo, con diversos grados de complejidad y precisión (Berlejung, 2017, p. 2). El color del suelo varía con el material parental, cuánto tiempo se ha estado formando el suelo y el medio ambiente su importancia radica en que da referencia del

tipo de horizonte, la clase de suelo, también el contenido de minerales y nutrientes. El color se puede determinar con la tabla de Munsell (Brown, 2019, p. 15). Finalmente se determina que las arcillas, el color y las texturas del suelo está relacionado con la Capacidad de Intercambio Catiónico.

#### ***1.1.4. Propiedades químicas de los suelos***

Las propiedades químicas del suelo pueden verse influenciadas por la inclusión de forrajes y ciertos cultivos, específicamente desde la perspectiva de la captura de nutrientes y la fertilidad (Wick et al., 2017, p. 127). Además, se puede conocer la calidad, los cambios químicos o tipos de reacciones que alteran la composición del suelo (Calderón, Bautista y Rojas, 2018, p. 155)., estas propiedades químicas están estrechamente relacionadas con la interacción de macronutrientes y micronutrientes, la disponibilidad y calidad de agua para la vegetación. Dentro de esta propiedad están principalmente la Capacidad de Intercambio Catiónico, el pH, la saturación de bases, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N y, K extraíbles. De acuerdo con Callaham y Stanturf destacan que de todas las propiedades químicas del suelo, el contenido de materia orgánica es posiblemente la más importante, además que la cantidad influye prácticamente todas las interacciones físicas, químicas y biológicas que ocurren en suelo (2021, p. 45).

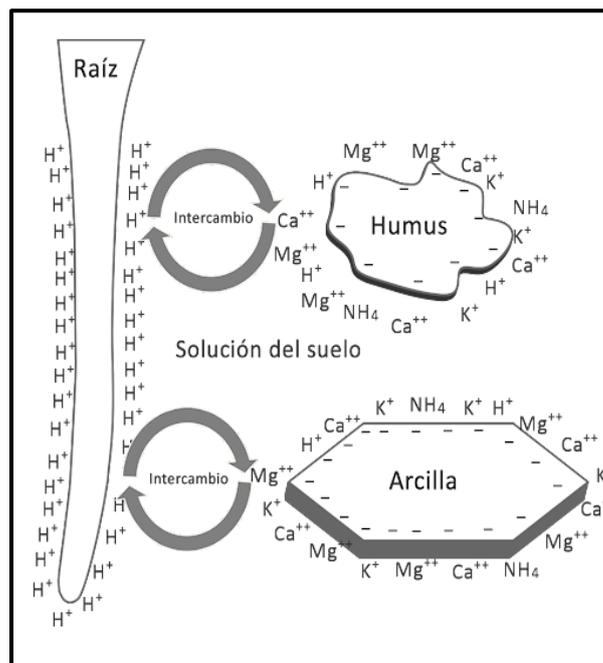
Por otro lado, el pH del suelo es un indicador de cuán ácido, neutro o alcalino es un suelo, según la concentración de iones de hidrógeno. Un rango de pH de 6.0 a 7.0 favorece el crecimiento de la mayoría de los cultivos, aunque algunos cultivos tienen requisitos específicos de suelo ácido o alcalino para ser productivos (Toledo, 2016, p. 35-36). Comprender el pH del suelo ayudará a comprender las influencias de la química y la biología del suelo y cómo se afectan la disponibilidad de nutrientes y el carbono orgánico del suelo, inclusive tiene un efecto significativo sobre la actividad de las comunidades microbianas y sobre los procesos biogeoquímicos en los que participan (de Melo et al., 2018, p. 194). Otra propiedad importante es la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC) este se refiere a las cargas negativas que se encuentran en la superficie del suelo en particular para adsorber e intercambiar iones químicos cargados positivamente como calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) (Jat et al., 2018, p. 126). Estas cargas negativas son proporcionadas por partículas de arcilla y humus (materia orgánica descompuesta) por lo que a medida que aumenta el contenido de arcilla y materia orgánica del suelo, también aumentará la CIC (de Melo et al., 2018, p. 200). La CIC varía de 1,00 a 100 con suelos arenosos que tienen los valores más bajos, mientras que las arcillas tendrán los valores más altos (Toledo, 2016, p. 22). Los suelos con una CIC alta a menudo tienen altas concentraciones de calcio intercambiable (de Melo et al., 2018, p. 201). Finalmente, la saturación de base se relaciona con cationes ácidos y básicos, a fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo, se calcula como el porcentaje de CIC ocupado por cationes base ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y

Na<sup>+</sup>) (Guevara, 2017, p. 17). La saturación de bases está estrechamente relacionada con el pH; a medida que aumenta la saturación de bases, aumenta el pH (Cruz-Macías et al., 2020, p. 476).

### 1.1.5. Importancia de la Capacidad de Intercambio Catiónico en la agricultura

La capacidad de intercambio catiónico del suelo indica su capacidad para retener nutrientes, es un parámetro importante en la fertilidad del suelo, en la corrección de la acidez y basicidad del suelo (Toledo, 2016, p. 22), en particular es la capacidad para retener los cationes debido a su movilidad en el suelo. Las raíces de las plantas, cuando entran en contacto con partículas coloidales, adsorben cationes intercambiables directamente por intercambio o también por el contacto entre los pelos de la raíz y el complejo coloidal (Guevara, 2017, p. 16). Por estas razones se dice que el CIC es un reflejo relativo de la fertilidad potencial de un suelo (Yunan, Xianliang y Xiaochen, 2018, p. 1).

Usualmente la materia orgánica proporciona más sitios de intercambio que la arcilla (Guevara, 2017, p. 20). Muchas actividades agrícolas como la labranza excesiva destruyen la materia orgánica disminuyendo así el intercambio en el suelo, caso contrario, aumentando la materia orgánica y la rotación de cultivos de cobertura la CIC del suelo aumentará. Por ende, en el ámbito de la agricultura la CIC tiene una gran importancia.

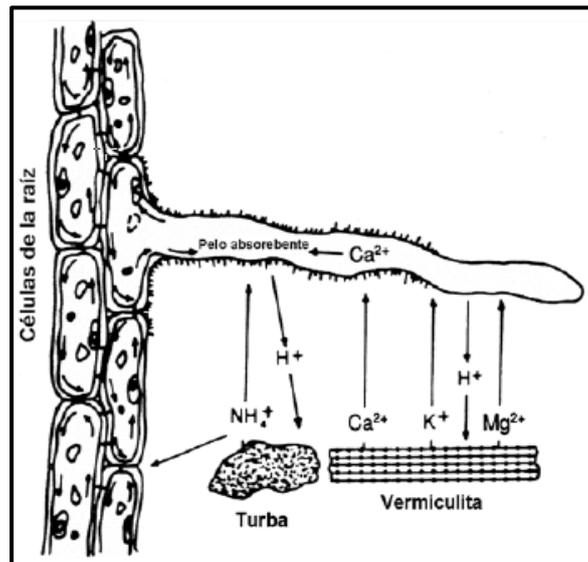


**Figura 4-1.** Capacidad de intercambio catiónico con materiales coloidales

Fuente: (Payeras, 2021).

### 1.1.5.1. Las plantas absorben nutrientes

El desarrollo de las plantas depende en gran medida de la combinación y concentración de nutrientes minerales disponible en el suelo. El componente líquido del suelo contiene sales y nutrientes en disolución se denomina solución del suelo. Los nutrientes están fácilmente disponibles a través del proceso de intercambio catiónico para las plantas debido a que encuentran en la fase de solución y fase intercambiable (Valagro, 2004; citado de Toledo, 2016, p. 20). Los nutrientes de la solución del suelo son adsorbidos por el pelo de la raíz reemplazando el ion hidrógeno originalmente presente en la superficie de la raíz a través del proceso de intercambio de cationes una vez que los nutrientes se adsorben en la superficie de la raíz, se introducen en las plantas (Vera, 2020, p. 11).



**Figura 5-1.** La capacidad de intercambio catiónico en un medio de crecimiento

Fuente: (Landis, Viveros y Oeste, 1990, p. 49).

En la fase intercambiable los nutrientes son utilizados por dos formas. Primero los nutrientes se adsorben en la superficie de la raíz de la planta mediante el intercambio del hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) presente en la raíz cuando entra en la solución del suelo desde la fase intercambiable, y segundo los nutrientes de la fase intercambiable también son utilizados directamente por la planta sin traerlos a la solución del suelo. Cuando la superficie de la raíz entra en contacto cercano con el coloide del suelo, puede tener lugar un intercambio directo entre el hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en la superficie de la raíz y el catión de nutrientes en la superficie coloidal y los nutrientes son utilizados por la planta después de este intercambio.

### *1.1.5.2. Recuperación de suelos ácidos y alcalinos*

Debido al fenómeno de intercambio catiónico del suelo se puede corregir, mejorar y recuperar suelos tanto ácidos y alcalinos mediante la aplicación de una enmienda agrícola adecuada (Pezo y Garcia, 2018, p. 20). En suelos ácidos, se aplica carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) conocido como cal agrícola o calcita para su recuperación. Según el Instituto Internacional de nutrición vegetal (IPNI) explica el modo de neutralización de acidez y absorción del carbonato de calcio en plantas donde el catión calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) de la cal reemplaza al hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) adsorbido en el coloide del suelo y los coloides del suelo se saturan con calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) aumentando el pH del suelo y liberando dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ , el calcio es absorbido por la vegetación (2008a, p. 6). Por otro lado, los suelos alcalinos, que contienen un alto porcentaje de Sodio ( $\text{Na}^+$ ), se pueden recuperar mediante la adición de Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) en forma de Yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). El Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) reemplaza al Sodio ( $\text{Na}^+$ ) a través del proceso de intercambio catiónico y el suelo alcalino se recupera de esta manera (IPNI, 2008c, p. 5).

### *1.1.5.3. Retención de nutrientes*

La capacidad de retención de nutrientes es de particular importancia debido a que al aplicar algún fertilizante los nutrientes son retenidos por el coloide del suelo después de la adsorción por el proceso de intercambio catiónico y así se evita la pérdida de nutrientes por lixiviación (Bueno y Fernández, 2019, p. 9,12). Como, por ejemplo, cuando se aplica cloruro de potasio (KCl) en el suelo, el primer efecto es que se disuelve con la humedad del suelo, el ion potasio ( $\text{K}^+$ ) se enlazan con las cargas negativas de la materia orgánica y acillas en el sitio de intercambio, de esta manera, el potasio se retiene en el suelo para su posterior utilización para la planta, por lo contrario, el cloruro se pierde del suelo superficial por lixiviación (IPNI, 2008b, p. 6). Del mismo modo, los otros cationes de nutrientes como calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), etc. también se retienen en el suelo después de su aplicación a través del proceso de intercambio catiónico.

### *1.1.6. Macronutrientes y micronutrientes*

Las plantas requieren nutrientes para un crecimiento esencial especialmente el N el cual es el elemento que más limita en la producción de forrajes (Cabalceta, 1999, p. 239). Todos los nutrientes deben estar en forma asimilable por las plantas y en concentraciones que permitan un crecimiento óptimo. Se sabe que dieciséis nutrientes son esenciales para el crecimiento (Infoagro, 2017, p. 1), como el carbono, hidrogeno, y otros elementos de fertilización . Una deficiencia en cualquiera de los 16 nutrientes esenciales reducirá el crecimiento y la producción, aunque los otros pueden estar

disponibles en abundancia. A continuación, se dará a conocer los micronutrientes y macronutrientes del suelo

### 1.1.6.1. Macronutrientes

Los macronutrientes son elementos que las plantas necesitan en cantidades relativamente grandes para las funciones biológicas como el crecimiento, la fotosíntesis y la respiración. Existe una gran demanda de estos macronutrientes durante el crecimiento y para evitar cualquier factor limitante en el desarrollo es importante que el suministro de nutrientes en cantidades suficientes esté presente para que la planta los pueda absorber. Citando a León, Bonifaz y Gutiérrez, (2021, p. 269). los nutrientes se dividen en dos grupos, en primarios (móviles) y secundarios(inmóviles) que a continuación se detallará.

**Tabla 1-1:** Macronutrientes primarios

<b>Macronutrientes</b>	<b>Función</b>
<b>Nitrógeno (N)</b>	Nitrógeno es fundamental en la producción de las plantas forrajeras e influye en la calidad de pastos, es esencial para proporcionar un color verde saludable y ayuda en el proceso de creación de alimento para la planta a través de la fotosíntesis aumentando el número de hojas y el área foliar. Cuando una planta tiene deficiencia de nitrógeno, puede comenzar a ponerse amarilla porque no puede producir suficiente clorofila
<b>Fósforo (P)</b>	El fósforo acelera y mejora el desarrollo del pasto y es importante para incrementar la producción, estimulando el desarrollo de las raíces, aumentando la fuerza del tallo durante la fotosíntesis, aunque el fosforo es requerido en menor cantidad en comparación con los macroelementos primarios, También ayuda a las plantas a sobrevivir a los climas duros y a los factores de estrés ambiental. La deficiencia de fósforo en sus plantas es un color verde increíblemente oscuro (que también puede aparecer púrpura), junto con un crecimiento atrofiado y marchitamiento.
<b>Potasio (K)</b>	El potasio tiene distintas funciones durante la fotosíntesis, permite que la planta respire a través de pequeños orificios llamados estomas, lo que ayuda a la planta en la producción de ATP y regula la disponibilidad de agua en una planta, activando la mayoría de las enzimas relacionadas con el crecimiento de la planta y da valor nutritivo s los animales que la consumen. Además, es el nutriente que en más cantidad absorbe el pasto. Si la planta tiene deficiencia de potasio, las hojas de una planta pueden sufrir clorosis, lo que produce un color amarillento o quemaduras alrededor de los bordes de las hojas.

**Fuente:** Nadeem et al., 2018, p. 8-11; Cabalceta, 1999, p. 240-242.

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores, G.2021.

**Tabla 2-1:** Macronutrientes secundarios

<b>Macronutrientes</b>	<b>Función</b>
<b>Calcio (Ca)</b>	El calcio contribuye al crecimiento y desarrollo de las paredes celulares para resistir las enfermedades. También es útil en el metabolismo celular y en la absorción de nitratos. Además, el calcio activa las enzimas en toda la planta y ayuda a coordinar las funciones de diferentes células, incluidos las estomas. Usualmente el contenido de calcio aumenta conforme madura el pasto. Cuando una planta experimenta una deficiencia de calcio, verá signos reveladores muy similares a las deficiencias mencionadas anteriormente, que incluyen quemaduras, coloración amarillenta y retraso en el crecimiento.
<b>Magnesio (Mg)</b>	El magnesio es uno de los macronutrientes secundarios más importantes que se encuentran en las plantas, extiende la vida de las células vegetales mientras equilibra los niveles de calcio y potasio para el correcto funcionamiento de las estomas. Además, es el componente básico en la creación de clorofila contribuyendo a la coloración verde de las plantas. Sin él, las plantas tendrían dificultades para mantener sus niveles de energía durante la fotosíntesis. Una deficiencia de magnesio en los pastizales hará que las hojas se pongan amarillas alrededor de los bordes de una hoja, antes de volverse marrones, una señal de que la planta se está secando y eventualmente se curvará, conjuntamente causa tetania en los animales de pastoreo.
<b>Azufre (S)</b>	El azufre se puede encontrar dentro de los aminoácidos de una planta. Los aminoácidos son fundamentales para el metabolismo de las plantas, lo que conduce a un mejor rendimiento de los forrajes. El azufre también participa en la degradación enzimática y el metabolismo del nitrógeno. En particular, las reacciones enzimáticas en la producción de moléculas de clorofila dependen en gran medida de este macronutriente. La falta de azufre hace que las hojas se debiliten.

**Fuente:** Nadeem et al., 2018, p. 11-13; Cabalceta, 1999, p. 242-243.

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores, G.2021.

### 1.1.6.2. Micronutrientes

Los micronutrientes son esencialmente minerales traza que se pueden encontrar mezclados con el suelo. A pesar de encontrarse en pequeñas cantidades estos desempeñan un papel similar a los macronutrientes en algunos aspectos, por otro lado, en grandes cantidades pueden ser perjudicial para los forrajes y la mayoría de los micronutrientes son desproporcionadamente necesarios entre sí. Según Schmidt, Jensen y Husted (2016, p. 622), mencionan que la deficiencia de los micronutrientes dificulta la fotosíntesis además la planta pierde vigor, a continuación se detallará las funciones de los micronutrientes esenciales en los forrajes.

**Tabla 3-1:** Micronutrientes primarios

<b>Micronutrientes</b>	<b>Función</b>
<b>Hierro</b>	Necesario para la formación de clorofila en las plantas, Cuando una planta sintetiza clorofila, utiliza hierro para crear un aminoácido llamado $\delta$ -aminolevulínico, que eventualmente se convierte en protoclorofilida y finalmente en clorofila.
<b>Manganeso</b>	Regula la distribución de carbohidratos en toda la planta. También mejora la producción de almidones y juega un papel en la síntesis de ácidos grasos. Sin manganeso, las plantas simplemente dejan de crecer y terminan muriendo de hambre sin nada que regule la producción de carbohidratos y almidones. Además, ayuda al hierro en la formación de la clorofila.
<b>Zinc</b>	Este elemento es responsable del desarrollo de las plantas, como precursor de enzimas y proteínas. Además, interviene en la capacidad de una planta para responder al clima frío, participa en el metabolismo de los carbohidratos y la producción de clorofila, y es necesario para la creación de proteínas de unión al ADN.
<b>Boro</b>	El boro es necesario para mantener la estructura de las paredes celulares, necesaria para una división celular adecuada. También es responsable de regular las hormonas de una planta y la distribución de azúcares creados durante la fotosíntesis
<b>Cobre</b>	Es esencial en el metabolismo y la descomposición del nitrógeno y los carbohidratos, mientras que actúa como catalizador en la fotosíntesis debido a su conductividad y ayuda a crear la enzima que descompone los polifenoles.
<b>Cloruro</b>	El cloruro sirve para equilibrar los iones de potasio y ayuda en la señalización relacionada con la apertura y el cierre de las estomas. Además, es necesario para la fotosíntesis y el crecimiento de las raíces.
<b>Molibdeno</b>	es necesario para que las plantas utilicen el nitrógeno y absorber el potasio. Sin el molibdeno, las plantas no pueden transformar el nitrógeno de los nitratos en aminoácidos.
<b>Níquel</b>	Es un pequeño componente de una enzima que ayuda a las plantas a convertir el nitrógeno en amoníaco. Previene la acumulación de urea en las plantas y ayuda a prevenir la toxicidad y las enfermedades.
<b>Sodio</b>	Ayuda en el metabolismo y la síntesis de clorofila. En algunas plantas, se puede utilizar como un reemplazo parcial del potasio y ayuda a abrir y cerrar las estomas, lo que ayuda a regular el equilibrio hídrico interno.

**Fuente:** Nadeem et al., 2018, p. 13-16.

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores, G.2021.

## 1.2. Bases conceptuales

### 1.2.1. Capacidad de intercambio catiónico

La CIC es una medida de la capacidad de los suelos para retener e intercambiar nutrientes cargados positivamente como potasio ( $K^+$ ), calcio ( $Ca^{++}$ ), magnesio ( $Mg^{++}$ ) y hidrógeno ( $H^+$ ) tienen cargas positivas. Por lo tanto, estos cationes son atraídos por las cargas eléctricas negativas asociadas con partículas del tamaño de arcilla y materia orgánica del suelo y no se mueven a través del perfil del suelo (Rosales et al., 2017, p. 172).

Estos sitios son la principal fuente de todos los cationes disponibles para la absorción de las plantas. Los cationes no se sujetan firmemente a estas superficies. Más bien, están reabasteciendo continuamente la solución del suelo a medida que los cationes se eliminan por absorción de la planta. La naturaleza y el contenido de bases intercambiables en el suelo tienen una influencia importante en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En suelos fértiles normales, las bases intercambiables totales ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ ) constituyen alrededor del 80-90 por ciento de la CIC total. De todas las bases intercambiables, el calcio es el catión dominante (Ketterings, Reid y Rao, 2016, p. 1-2).

### ***1.2.2. Suelo de páramo***

El páramo andino se destaca por su alto almacenamiento de carbono en el suelo y su contribución a los servicios ecosistémicos. Sin embargo, la capacidad del páramo para mantener altos niveles de carbono en el suelo se ve amenazada por el cambio de uso de la tierra de pastizales y matorrales a usos agrícolas (Francelino et al., 2015, p. 1).

### ***1.2.3. pH***

El pH de un suelo es la medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua del suelo. Cuanto mayor sea la concentración de iones de hidrógeno en la solución de agua del suelo, menor será el pH. A cambio, cuanto menor sea el valor del pH, mayor será la acidez del suelo. La concentración de iones de hidrógeno en la solución del suelo es directamente proporcional y está en equilibrio con los iones de hidrógeno retenidos en el complejo de intercambio catiónico del suelo. Por tanto, los iones de hidrógeno retenidos por las partículas de arcilla reponen, o amortiguan, los iones de hidrógeno en el agua del suelo (Vilca y Pérez, 2019, p. 9-11).

El pH del suelo influye en la solubilidad, la concentración en la solución del suelo, la forma iónica y la movilidad de los micronutrientes en el suelo y, jugando un papel importante en la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. En general, la disponibilidad óptima ocurre entre un pH del suelo de 6.0 y 7.0 (Soriano, 2018, p. 6), sin embargo en los suelos de páramo Chimborazo el pH promedio va desde 5,3-6,3 (Llambí et al., 2012, p. 233). La capacidad de un suelo para resistir el cambio de pH está determinada por su capacidad amortiguadora. La capacidad de amortiguamiento, a su vez, es una función de la CIC, mineralogía, textura y contenido de materia orgánica del suelo. El intercambio de cationes en la mayoría de los suelos aumenta con el pH, también la CIC de un suelo es relativamente más baja que a un pH alto. En la mayoría de los casos, la CIC se determina a un pH de 7.0 (Pérez, 2017, p. 148).

#### ***1.2.4. Color***

El color del suelo está influenciado por su composición mineral, así como por su contenido orgánico y de agua. El método más utilizado para determinar los colores del suelo es la comparación de muestras de suelo con las fichas de color en las tablas de colores del suelo de Munsell. En el sistema de color de Munsell, el color se expresa en términos de tono (color básico), valor (claridad u oscuridad) y croma (intensidad del tono básico). La disposición es por tono, valor y croma: tres variables simples se combinan para dar todos los colores (Moreno, Blanquer y Ibáñez, 2010, p. 3-6).

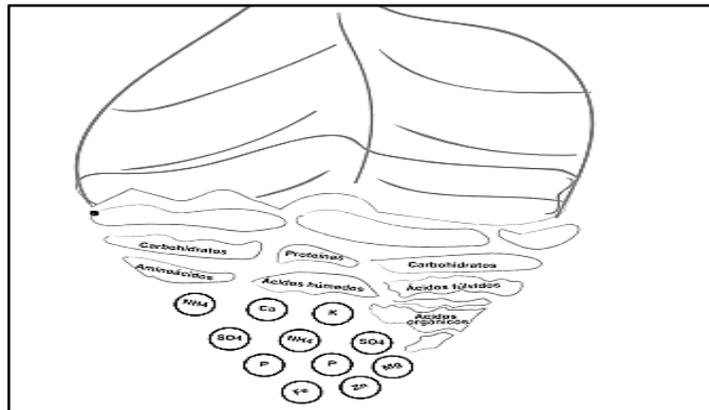
#### ***1.2.5. Textura***

La textura indica el contenido relativo de partículas de varios tamaños, como arena, limo y arcilla en el suelo, influyendo así en la facilidad con la que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene, la velocidad a la que el agua puede entrar y moverse a través del suelo. La textura a menudo cambia con la profundidad, por lo que las raíces tienen que hacer frente a diferentes condiciones a medida que penetran en el suelo. Un suelo se puede clasificar de acuerdo con la forma en que la textura cambia con la profundidad. Además, la CIC depende en gran medida de la textura del suelo, se puede estimar con éxito a partir de los datos de textura del suelo (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2008, p. 6).

Dado que la textura del suelo y la CIC están íntimamente relacionadas, se puede usar cada propiedad del suelo para hacer predicciones sobre la otra. Los suelos con partículas de suelo más grandes son de textura gruesa (arenosos), mientras que los suelos con partículas de suelo más pequeñas son de textura fina (arcillosos). Cada partícula de suelo tiene una superficie que controla la CIC. Los suelos de textura fina tienen más superficie de partículas de suelo, por lo que su CIC es mayor en cambio los más gruesos la CIC es menor (Vilca y Pérez, 2019, p. 7-9).

#### ***1.2.6. Materia Orgánica***

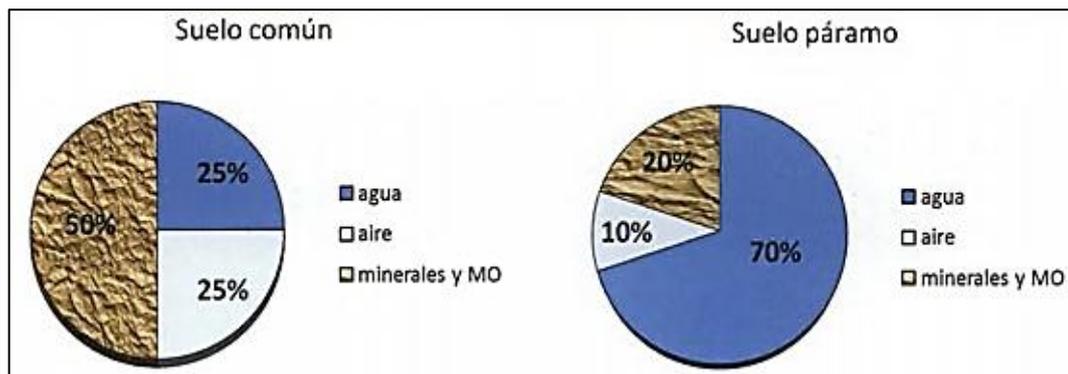
La materia orgánica del suelo es el producto de la descomposición de residuos de plantas, animales y otros residuos que se encuentran en el entorno por organismos vivos (biota y microorganismos) (Toledo, 2016, p. 67; Vilca y Pérez, 2019, p. 25). La mayor parte de la materia orgánica del suelo se origina en el tejido vegetal. Los residuos vegetales contienen entre elevada humedad, la materia seca de los residuos vegetales se compone de carbono (C), oxígeno, hidrógeno (H) y pequeñas cantidades de azufre (S), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg).



**Figura 6-1.** En el proceso de mineralización de la materia orgánica

Fuente: Toledo, 2016, p. 61.

Aunque están presentes en pequeñas cantidades, estos nutrientes son muy importantes desde el punto de vista del manejo de la fertilidad del suelo, por esta razón la materia orgánica influye sobre parámetros químicos del suelo como el pH, la CIC y el contenido de macro y micronutrientes (Toledo, 2016, p. 16). Por otro lado, el suelo de paramo a diferencia de los suelos comunes tiene menor cantidad de materia orgánica.



**Figura 7-1.** Composición del suelo

Fuente: Llambí et al., 2012, p. 194.

### 1.3. Bases legales

Los sistemas lacustres de Ozogoche y Atillo forman parte del Parque Nacional Sangay, el parque es considerado uno de las 49 áreas protegida del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado, intercepta entre las provincias de Chimborazo, Morona Santiago, Cañar y Tungurahua (Bonilla, 2016, p. 9-10)., fue creado por el Acuerdo Ministerial N.º 190 de 16 de Junio de 1995, se categorizó como parque nacional en 1979 (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015). Además, fue declarada Patrimonio Nacional de la Humanidad en 1983 por la UNESCO.

De acuerdo con el rango supra legal, la Constitución de la República del Ecuador con registro oficial 449 del 20 de octubre de 2008; en ella se establecen las referencias que rigen el cuidado y conservación del sistema de áreas naturales en el Título VII, Capítulo segundo, Biodiversidad y recursos naturales, en la sección tercera de Patrimonio natural y ecosistemas identificando los siguientes artículos:

Art. 405.- “El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. El sistema se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado. El Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión”(Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 122).

Art. 406.- “El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros”(Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 122).

Es así como la constitución del Ecuador releva importancia de garantizar la conservación de las áreas naturales. Por consiguiente, acorde al Código Orgánico Ambiental con registro oficial 983 del 12 de abril de 2017, en el Título VI del Régimen Forestal Nacional del libro Segundo del Patrimonio Natural, en el capítulo IV de las Formaciones vegetales naturales, páramos, moretales, manglares y bosques se ha determinado el siguiente artículo:

Art. 101.- Planes e instrumentos para el ecosistema páramo. La elaboración de los planes e instrumentos de manejo y conservación del ecosistema páramo se realizarán de la siguiente manera:

1.-“Si son páramos intervenidos donde existen y se realizan actividades agrarias y con el fin de no afectar otras áreas de páramos aledañas, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, realizará el instrumento de manejo bajo los lineamientos emitidos por la Autoridad Ambiental Nacional”(Código Orgánico Del Ambiente, 2017, p. 36).

2.- “Si son páramos no intervenidos le corresponde a la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales Metropolitanos o Municipales proteger y fomentar la conservación del ecosistema”(Código Orgánico Del Ambiente, 2017, p. 36).

3. “Y Con la participación de los actores sociales públicos y privados, así como con las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades ubicadas en su entorno. Se fortalecerá la organización y asociatividad de las comunas y comunidades”(Código Orgánico Del Ambiente, 2017, p. 36).

En consecuencia, de acuerdo con la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de suelo se establecen los siguientes artículos.

Art. 19.- “Suelo rural. – El suelo rural está destinado principalmente a actividades agroproductivas, extractivas o forestales, o el que por sus especiales características biofísicas o geográficas debe ser protegido o ser protegido y reservado para futuros usos urbanos. para el suelo rural se establecen las siguientes su clasificación”:

1. “Suelo rural de producción. Es el suelo rural destinado a actividades agro-productivas, acuícolas, ganaderas, forestales y de aprovechamiento turístico, respetuosas del ambiente. Consecuentemente, se encuentran restringida la construcción y el fraccionamiento”(Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, 2016, p. 9).

2. “Suelo rural para aprovechamiento extractivo. Es el suelo rural destinado por la autoridad competente, de conformidad con la legislación vigente, para actividades extractivas de recursos naturales no renovables, garantizando los derechos de la naturaleza”(Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, 2016, p. 9).

3. “Suelo rural de expansión urbana. Es el suelo rural que podrá ser habilitado para uso urbano de conformidad con el plan de uso y gestión de suelo. el suelo rural de expansión urbana será siempre colindante con el suelo urbano del cantón o distrito metropolitano, a excepción de los casos especiales que se definan en la normativa secundaria”(Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, 2016, p. 9).

“La determinación del suelo rural de expansión urbana se realizará en función de las previsiones de crecimiento demográfico, productivo y socioeconómico del cantón o distrito metropolitano, y se ajustará a la viabilidad de la dotación de los sistemas públicos de soporte definidos en el plan de uso y gestión de suelo, así como las políticas de protección del suelo rural establecidas por la autoridad agraria o ambiental nacional competente”(Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, 2016, p. 9). Con el fin de garantizar la soberanía alimentaria, no se definirá como suelo urbano o rural de expansión urbana aquel que sea identificado como de alto valor agro productivo por parte de la autoridad agraria nacional, salvo que exista una autorización expresa de la misma.

Los procedimientos para la transformación del suelo rural al suelo urbano o rural de expansión urbana observarán de forma obligatoria lo establecido en esta Ley.

Queda prohibida la urbanización en medios colindantes a la red vial estatal, regional o provincial, sin previa autorización del nivel de Gobierno responsable de la vía.

4. “Suelo rural de protección. es el suelo rural que, por sus especiales características biofísicas, ambientales, paisajísticas, socioculturales, o por presentar factores de riesgo, merece medidas específicas de protección. no es un suelo apto para recibir actividades de ningún tipo, que modifiquen sus condiciones de suelo de protección, por lo que se encuentra restringida en la construcción y el fraccionamiento. para la declaratoria del suelo rural de protección se observará en la legislación nacional que sea aplicable”(Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, 2016, p. 9).

Art.44.- Gestión de suelo. –“la gestión del suelo es la acción y efecto de administrarlo en función, de lo establecido en los planes de uso y gestión de suelo esos instrumentos complementarios con

el fin de permitir el acceso y aprovechamiento de sus potencialidades de manera sostenible y sustentable, conforme con el principio de distribución equitativa”(Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, 2016, p. 12).

Finalmente, conforme al acuerdo internacional que estipula la conservación y uso racional de humedales, Convención Ramsar, establece los siguientes artículos para la favorecer su conservación:

Art. 3.1 se menciona que “Las Partes Contratantes deberán elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la Lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio”(Convención Ramsar, 1987, p. 3).

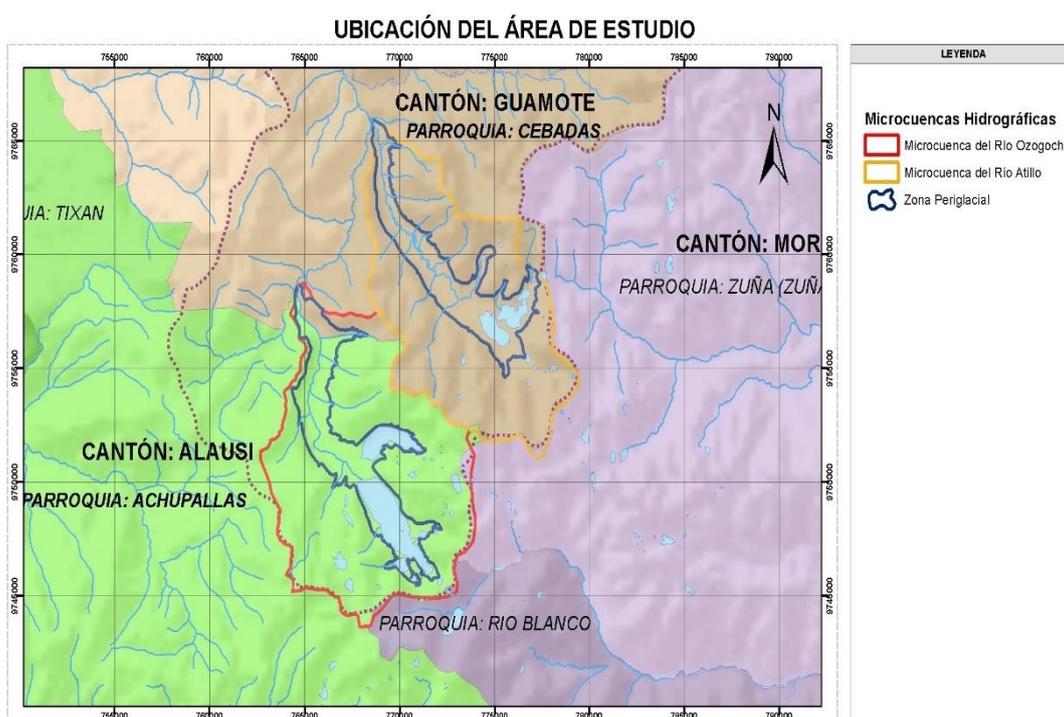
Art 4.1. Se estipulas que “Cada Parte Contratante fomentará la conservación de los humedales y de las aves acuáticas creando reservas naturales en aquéllos, estén o no incluidos en la Lista, y tomará las medidas adecuadas para su custodia”(Convención Ramsar, 1987, p. 3).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Área de estudio

El presente trabajo se establece en la provincia de Chimborazo, específicamente en las parroquias de Cebadas y Achupallas pertenecientes a los cantones Guamote y Alausí, en las comunidades de Atillo y Ozogoche (a 45 Km y 70 Km desde Riobamba).



**Gráfico 1-2.** Mapa del Área de Estudio (Cebadas/Achupallas)

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

La parroquia Cebadas está conformada por 27 comunidades, cuenta con una superficie de 57 0,78 Km<sup>2</sup>, el cual el 67,46% son extensiones de paramos, en cambio el 32,35% son áreas agropecuarias donde la mayor superficie es utilizada para cultivos con relación al pasto, la actividad principal de ingresos es la ganadería y el 0,2% son zonas erosionadas, posee una altitud de 2600 a 1640 m.s.n.m. la temperatura media es del 13,7 °C, con una precipitación de 681 mm/año, su humedad promedio es del 96,8% (GAD Parroquial Cebadas, 2021, p. 5-12).

En cambio, la parroquia Achupallas está conformada por 23 comunidades, posee una superficie de 1012 Km<sup>2</sup> donde 77,676 ha son zonas de paramos y bosques, únicamente el 12,76% pertenece a la comunidad Ozogoche alto y hectáreas pocos representativas a la comunidad de Ozogoche

bajo, pero posee gran cantidad de pastos naturales, Achupallas tiene geoformas regulares e irregulares que da origen a elevaciones topográficas y valles formando lagunas tal como Ozogoche. La agricultura es su principal de ingresos debido a que el 87% de la población se dedica a esta actividad, reduciendo así la cobertura de bosques y humedales por el incremento de la frontera agrícola. La temperatura oscila de 9°C a 16°C, la precipitación va desde los 500 a 3000 mm/año con una humedad del 10 a 20%, su piso climático es Subnivel hasta montano su altitud promedio es de 3600 m.s.n.m. (GAD Parroquial Rural de Achupallas, 2019, p. 13-31).

## **2.2. Ubicación geográfica**

La microcuenca del río Atillo posee una extensión de 9091,2 ha, con un caudal de 3 m<sup>3</sup>/s, posee una altitud de 3450 m.s.n.m., una latitud de 760913, Longitud de 9761672 (GAD Parroquial Cebadas, 2021). El sistema lacustre tiene una precipitación de 1250 a 2000 mm/año, la humedad relativa es del 96,8%, la nubosidad es aproximadamente de 3.1 horas al día, con una velocidad del viento entre los 20Km/h y 70 Km/h (Zarate, 2008, p. 6-7).

La microcuenca del río Ozogoche cuenta con una superficie de 13442 ha, con un caudal de 2,5 m<sup>3</sup>/s, la temperatura oscilan desde los 0°C hasta los 17°C, siendo la temperatura promedio de 7,9°C, la humedad relativa es de 82,6%, la altitud media del sistema es de 3775 m.s.n.m. (Arizala, 2018, p. 18). Siendo la altitud de Ozogoche alto de 3840 m.s.n.m. y la de Ozogoche bajo de 3600 m.s.n.m. (Zarate, 2008, p. 20), el punto central de la ubicación geográfica del Sistema de Humedales Ozogoche es de 78°34'13'' W / 02°16'33'' S (Arizala, 2018, p. 18).

## **2.3. Tipo y diseño de investigación**

En este trabajo se llevó a cabo por el método de investigación cuantitativo debido a que se recolectan muestras de suelo en campo y se analizan ex situ, obteniendo datos numéricos de los parámetros físicos y químicos, en tal sentido que de acuerdo con los resultados se rechaza o acepta la hipótesis nula. Según el nivel de profundización el objeto de estudio es correlacional porque se busca determinar el potencial del suelo para intercambiar nutrientes mediante el análisis de la Capacidad de Intercambio catiónico en relación con el pH. Según la manipulación de variables es no experimental. Además, según el tipo de inferencia es de carácter deductivo puesto que a partir de los datos obtenidos se obtendrá conclusiones sobre influencia de la acidez del suelo en la capacidad de intercambio catiónico en un periodo transversal.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis nula**

La acidez del suelo no influye en la CIC de los suelos de la microcuenca del río Cebadas

### **2.4.2. Hipótesis alternativa**

La acidez del suelo influye en la CIC de los suelos de la microcuenca del río Cebadas

### **2.4.3. Variables**

Variable independiente: Acidez del suelo

Variable dependiente: CIC

## **2.5. Población**

Para determinar el universo se debe tener claro cuál es la unidad de análisis del estudio para lo cual se considera como población o universo a toda el área de tratamiento de suelo de páramo andino del sector de Achupallas y Cebadas, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo, para lo cual se denotó según el GAD Parroquial Cebadas (2021) el área para Atillo es de 9177 hectáreas y según el GAD Parroquial Rural de Achupallas (2019) indica que Ozogoche posee 10712 hectáreas, para la recolección de las muestras.

## **2.6. Muestra**

La recolección de la información se realiza mediante diseños completos al azar definido por estratos, considerando como estratos a las litologías y con una afijación proporcional para cada estrato.

### **2.6.1. Tamaño de muestra**

El estudio se restringe a la zona de características morfológicamente peri glaciales de las dos microcuencas:

- Para Atillo, desde el origen de la laguna Magdalena-Atillo limitado en la cota de 3520 m.s.n.m. hasta la unión con el río Ozogoche en la cota 3320 m.s.n.m.

- Para Ozogоче desde las lagunas Magtayan y Cubillin en la cota 3800 m.s.n.m. hasta la unión con la que quebrada Lulashi en la cota 3520 m.s.n.m.

De igual manera se restringen aún más la zona de estudio debido a los cuerpos de agua existentes en ellos, los cuales son:

- Para Atillo 2166,3 ha, de los cuales 246,5 corresponden a cuerpos de agua quedando un total de 1919,8 ha de suelo de paramo para muestrear
- Para Ozogоче 2731,3 ha, de los cuales 757,7 corresponden a cuerpos de agua quedando un total de 1973,6 ha de suelo de paramo para muestrear

Se tomará al menos un punto por cada 100 hectáreas, 1 km<sup>2</sup> (1 km de ancho por un km de largo), y se admitirá un 25% más de muestras adicionales para evitar errores por datos atípicos, contaminación de las muestras o perdidas de datos, procurar aleatorizar las muestras en cada estrato.

**Tabla 1-2:** Muestras Totales

ATILLO		OZOGOCHЕ	
MÍNIMO DE MUESTRAS ESTIMADAS	MUESTRAS REALES TOMADAS	MÍNIMO DE MUESTRAS ESTIMADAS	MUESTRAS REALES TOMADAS
19 muestras	25 muestras	20 muestras	25 muestras

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

### 2.6.2. Número de unidades muestrales

Para el análisis estadístico se tomó en consideración los siguientes aspectos:

- Tres factores con dos niveles, estos fueron denotados por la microcuenca de Atillo y Ozogоче, luego se tomó en cuenta las profundidades a las que las muestras fueron recolectadas que serían dos de igual manera, de 0-30 cm y de 30-60 cm, y para finalizar se tomaron en cuenta los estratos donde se tomaron los puntos de muestreo, estos fueron, Cultivos, Herbazal de Paramo y Herbazal Inundable (los más representativos dentro de los suelos andinos analizados).

**Tabla 2-2:** Área de las Zonas de Estudio

ESTRATOS	ÁREA (ha)	
	ATILLO	OZOGOCHЕ
CULTIVOS	871,69	917,31
HERBAZAL DE PÁRAMO	851,21	819,92
HERBAZAL INUNDABLE	196,90	236,37

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

### 2.6.3. *Diseño experimental*

El diseño de experimentos es una metodología basada en el procedimiento científico, que tiene por meta muestrear datos desde unas categorías definidas por el investigador en uno o diversos componentes de interés, y su siguiente estudio con técnicas estadísticas pertinentes, para la decisión de efectos de los componentes, o sea, significancia de las cambiantes, y de esta forma solucionar el problema de determinada indagación. Al fundamentarse en el procedimiento científico para la ejecución, el diseño empírico se enmarca en la rigurosidad científica de una idealización previa y la reproducibilidad.

Dependiendo del tipo de muestreo y la organización previa se puede formar el mismo tamaño de la muestra para los diferentes niveles en estudio, llamados como diseños balanceados, mientras tanto que, una vez que la magnitud de la muestra cambia dependiendo del procedimiento, hablamos de diseños no balanceados, siendo este último el que se trata en el presente plan.

Los diseños enteros al azar estudian un componente de interés y su impacto en una variable respuesta, técnica pertinente para el presente análisis, pues se quiere definir los factores de interés, individualmente, del suelo (Lugar y Profundidad) que generan cambios significativos en la acidez del suelo de páramo Andino. Para la investigación se va a aplicar una técnica llamada ANOVA de tres factores, que revisa los diferentes niveles de un componente, y define si existe o no diferencias significativas en medio de estos niveles.

### 2.6.4. *Selección de los puntos de muestreo*

Se hizo los recorridos de la zona procurando tomar las muestras de los diferentes estratos a las profundidades requeridas. En el sitio de muestreo una vez que se accedió con las coordenadas establecidas para cada punto se procede a colocar la muestra de suelo en las fundas Ziploc, las cuales se etiquetaron de acuerdo con la zona y profundidad requerida. En el gráfico 3-2 se puede observar los puntos donde se tomaron las muestras, así mismo en la tabla 3-2 se muestran los puntos con sus coordenadas exactas de muestreo.

**Tabla 3-2:** Coordenadas de los Puntos de Muestreo

LUGAR	CÓDIGO	LITOLÓGÍA	X-COORD	Y-COORD	ALTITUD
ATILLO	P1-3-30	Herbazal Inundable	769321	9765032	3476
	P-1-3-60	Herbazal Inundable	769321	9765032	3476
	P1-4-30	Cultivos	769092	9764897	3395
	P1-4-60	Cultivos	769092	9764897	3395
	P2-1-30	Cultivos	769053	9764030	3426
	P2-1-60	Cultivos	769053	9764030	3426
	P2-3-30	Cultivos	769281	9763442	3449

OZOGOCHE	P2-3-60	Cultivos	769281	9763442	3449
	P3-4-30	Herbazal Inundable	768858	9762005	3550
	P3-4-60	Herbazal Inundable	768858	9762005	3550
	P4-2-30	Cultivos	769849	9761516	3618
	P4-2-60	Cultivos	769849	9761516	3618
	P5-2-30	Herbazal De Páramo	770596	9760398	3621
	P5-2-60	Herbazal De Páramo	770596	9760398	3621
	P6-2-30	Cultivos	770905	9759448	3495
	P6-2-60	Cultivos	770905	9759448	3495
	P6-3-30	Herbazal Inundable	771329	9759560	3430
	P6-3-60	Herbazal Inundable	771329	9759560	3430
	P7-1-30	Herbazal Inundable	771193	9760368	3435
	P7-1-60	Herbazal Inundable	771193	9760368	3435
	P7-6-30	Cultivos	771753	9759468	3433
	P7-6-60	Cultivos	771753	9759468	3433
	P8-2-30	Herbazal De Páramo	772514	9759424	3485
	P8-2-60	Herbazal De Páramo	772514	9759424	3485
	P8-4-30	Herbazal De Páramo	772529	9759255	3452
	P8-4-60	Herbazal De Páramo	772529	9759255	3452
	P9-8-30	Cultivos	772034	9758190	3462
	P9-8-60	Cultivos	772034	9758190	3462
	P10-4B-30	Herbazal De Páramo	774272	9759207	3496
	P10-4B-60	Herbazal De Páramo	774272	9759207	3496
	P11-3-30	Cultivos	773443	9757051	3451
	P11-3-60	Cultivos	773443	9757051	3451
	P12-1-30	Herbazal De Páramo	773976	9757502	3446
	P12-1-60	Herbazal De Páramo	773976	9757502	3446
	P12-6-30	Cultivos	773109	9758032	3441
	P12-6-60	Cultivos	773109	9758032	3441
	P13-1-30	Herbazal De Páramo	775009	9757766	3449
	P13-1-60	Herbazal De Páramo	775009	9757766	3449
	P13-2-30	Herbazal De Páramo	775181	9757562	3444
	P13-2-60	Herbazal De Páramo	775181	9757562	3444
	P14-1-30	Herbazal De Páramo	776042	9757733	3452
	P14-1-60	Herbazal De Páramo	776042	9757733	3452
	P14-3-30	Herbazal De Páramo	776230	9758096	3455
	P14-3-60	Herbazal De Páramo	776230	9758096	3455
	P15-1-30	Herbazal De Páramo	776521	9758567	3497
	P15-1-60	Herbazal De Páramo	776521	9758567	3497
	P16-8-30	Herbazal De Páramo	776505	9756842	3454
P16-8-60	Herbazal De Páramo	776505	9756842	3454	
P16-10-30	Herbazal De Páramo	776397	9755579	3470	
P16-10-60	Herbazal De Páramo	776397	9755579	3470	
Z1-1-30	Herbazal De Páramo	770653,793	9748169,43	3765	
Z1-1-60	Herbazal De Páramo	770653,793	9748169,43	3765	

Z1-2-30	Herbazal De Páramo	769987,042	9749083,83	3781
Z1-2-60	Herbazal De Páramo	769987,042	9749083,83	3781
Z1-4-30	Herbazal De Páramo	768705,861	9750292,58	3774
Z1-4-60	Herbazal De Páramo	768705,861	9750292,58	3774
Z2-1-30	Herbazal De Páramo	768850,389	9747864,63	3775
Z2-1-60	Herbazal De Páramo	768850,389	9747864,63	3775
Z2-2-30	Herbazal De Páramo	768532,889	9748283,73	3770
Z2-2-60	Herbazal De Páramo	768532,889	9748283,73	3770
Z2-4-30	Herbazal De Páramo	768082,038	9749109,23	3770
Z2-4-60	Herbazal De Páramo	768082,038	9749109,23	3770
Z3-1-30	Herbazal Inundable	767681,205	9751449,09	3788
Z3-1-60	Herbazal Inundable	767681,205	9751449,09	3788
Z3-4-30	Herbazal De Páramo	768396,297	9750649,77	3764
Z3-4-60	Herbazal De Páramo	768396,297	9750649,77	3764
Z3-5-30	Herbazal De Páramo	767840,87	9751232,98	3767
Z3-5-60	Herbazal De Páramo	767840,87	9751232,98	3767
Z3-6-30	Herbazal De Páramo	767975,807	9751582,23	3774
Z3-6-60	Herbazal De Páramo	767975,807	9751582,23	3774
Z4-4-30	Herbazal Inundable	766839,246	9751075,52	3741
Z4-4-60	Herbazal Inundable	766839,246	9751075,52	3741
Z5-1-30	Herbazal Inundable	765883,34	9751925,69	3725
Z5-1-60	Herbazal Inundable	765883,34	9751925,69	3725
Z6-1-30	Herbazal Inundable	765741,281	9752499,81	3714
Z6-1-60	Herbazal Inundable	765741,281	9752499,81	3714
Z6-3-30	Herbazal Inundable	765387,003	9753069,79	3693
Z6-3-60	Herbazal Inundable	765387,003	9753069,79	3693
Z6-4-30	Herbazal Inundable	765218,728	9753357,13	3674
Z6-4-60	Herbazal Inundable	765218,728	9753357,13	3674
Z6-5-30	Herbazal Inundable	765226,665	9753450,8	3670
Z6-5-60	Herbazal Inundable	765226,665	9753450,8	3670
Z7-1-30	Herbazal De Páramo	765989,775	9754125,05	3725
Z7-1-60	Herbazal De Páramo	765989,775	9754125,05	3725
Z7-7-30	Herbazal De Páramo	765989,775	9754125,05	3725
Z7-7-60	Herbazal De Páramo	765989,775	9754125,05	3725
Z8-1-30	Cultivos	767016	9756380	3715
Z8-1-60	Cultivos	767016	9756380	3715
Z9-2-30	Herbazal Inundable	766582	9756316	3665
Z9-2-60	Herbazal Inundable	766582	9756316	3665
Z9-3-30	Herbazal Inundable	765120	9757164	3570
Z9-3-60	Herbazal Inundable	765120	9757164	3570
Z9-4-30	Herbazal Inundable	765706	9756736	3578
Z9-4-60	Herbazal Inundable	765706	9756736	3578
Z9-6-30	Cultivos	766161	9755323	3637
Z9-6-60	Cultivos	766161	9755323	3637
T1-30	Cultivos	763290	9755323	3753

	T1-60	Cultivos	763290	9755323	3753
	T2-30	Cultivos	763837	9756376	3607
	T2-60	Cultivos	763837	9756376	3607

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

### 2.6.5. Muestreo

La toma de muestras se empezó desde enero 2021 hasta marzo 2021 procurando tomar las muestras en días sin lluvia, para que las muestras no se vean alteradas al momento de su respectivo análisis, así mismo se recolectan de 5-10 muestras diarias de manera aleatoria en los meses mencionados.



Gráfico 2-2. Puntos de Muestreo en Atillo

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.



Gráfico 3-2. Puntos de Muestreo en Ozogoché

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

De acuerdo al gráfico 2-2 Y 3-2: Se tomaron la misma cantidad de muestras en Atillo con el 50% de las muestras tomadas en este lugar, y en Ozogoche de igual manera se realizaron el 50% de las muestras restantes.

## **2.7. Materiales, Equipos y Reactivos**

### **2.7.1. Materiales**

- 1 flexómetro
- 1 excavadora
- 1 Barreno
- 100 fundas herméticas
- 1 martillo de goma
- 100 cilindros de acero
- 10 Erlenmeyer
- 2 varillas de agitación
- 100 vasos de precipitación
- 100 balones volumétricos
- 1 Kitasato
- 1 embudo de büchner
- 200 filtros de papel
- Lámpara

### **2.7.2. Equipos**

- GPS
- Balanza analítica
- Bomba al vacío
- Espectrofotómetro de Absorción atómica de llama

### **2.7.3. Reactivos**

- Acetato de amonio
- Agua doblemente desionizada
- Agua destilada
- Calcio

- Magnesio
- Potasio
- Sodio

## 2.8. Codificación de muestras

Según la tabla 3-2 de Coordenadas de los Puntos de Muestreo, se observan el código de las muestras, donde se realizó la codificación de la siguiente manera, la P es la microcuenca de estudio de Atillo y la Z de la microcuenca de Ozogoche, el número que le sigue es la zona y el número después del guion medio significa el número de muestra, finalmente los números 0cm-30cm y 30cm - 60 son la profundidad, por ejemplo el código P1-4-30 significa que el muestreo se hizo en Atillo, en la zona 1, muestra 4 a profundidad de 30cm.

## 2.9. Toma de muestra en campo

Previo a la toma de muestras se realizó la respectiva planificación de fechas para el muestreo, con el relativo ordenamiento de los materiales, buscando los puntos georreferenciados con el GPS



**Figura 1-2.** GPS  
Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

Ubicados en las coordenadas que indica el punto de muestreo luego con la excavadora se removió la capa superficial del suelo para evitar restos vegetales en las muestras, una vez limpia la zona después se procedió a tomar 1 Kg de tierra con el barreno con cuidado de no destruir los terrones del suelo separando el exceso, se colocó en las fundas herméticas eliminando el aire antes de cerrar, esto se realizó por cada profundidad de 0-30 cm y de 30 cm a 60 cm etiquetando correctamente. Para conocer las profundidades se usó un flexómetro, midiendo desde la punta inferior del barreno hacia arriba



**Figura 1-2.** Perforación con el barreno y toma de muestras de suelo  
Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

Luego se indujo el cilindro de acero con la ayuda de un martillo de goma y la tabla, en el cual se toma una muestra por cada profundidad (0-30cm y 30-60 cm) eliminando los excesos con la espátula, se selló con papel film y se etiquetó.



**Figura 2-2.** Medida correcta para la toma de muestras  
Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

## 2.10. Análisis de Laboratorio

### 2.10.1. Parámetros Físicos

#### 2.10.1.1. Identificación de textura en suelo



**Figura 3-2.** Textura por método del tacto  
**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores, G.2021.

Se realizó mediante el método de tacto donde se colocó 30 g de suelo humedeciéndole y mezclando con la espátula hasta alcanzar el punto de mínima adherencia hasta luego se procede a realizar las clases texturales del suelo, debido a que las partículas de arena son muy ásperas el cual frotando con los dedos se siente diminutos granos, esta sensación de tosquedad se denomina arenoso. Del mismo modo, las partículas de limo tienen la sensación de talco en polvo, son muy suaves. La arcilla húmeda puede enrollarse entre las manos para formar un hilo largo y fino. Se puede hacer una bola con tierra arcillosa húmeda. La bola se vuelve más firme cuando aumenta el porcentaje de arcilla en la tierra. La granulosis disminuye y la formación de bolas, la pegajosidad y la formación de alambres aumentan a medida que la textura del suelo se vuelve más fina. Se determinó la especificación de las clases de textura del suelo de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 4-2:** Clasificación de la textura del suelo

Clase de textura del suelo	Sensación de suelo húmedo	Formación de bolas ligeramente	Pegajosidad del suelo	Formación de alambre a partir del suelo
Arena arcillosa	Muy arenoso	Bolas muy débiles que se rompen con mucha facilidad	Ensucia ligeramente el dedo	Sin formación de alambre
Franco arenoso	Moderadamente arenoso	Las bolas pueden soportar un manejo cuidadoso	Ensucia ligeramente el dedo	Sin formación de cables

Franco	Levemente arenoso y frágilmente suave	La bola puede soportar un manejo sencillo	Ensucia el dedo	Sin formación de cables
Franco arcillo arenoso	Levemente arenoso y frágilmente suave	Bolas bastante firmes son un poco duras al secarse	Se pega a un dedo	Ligera tendencia a formar alambre
Franco limoso	Suave	Bola bastante firme son moderadamente duras al secarse	Se pega en ambos dedos	Sin formación de cables
Franco arcilloso	Suave	Bola bastante firme son moderadamente duras al secarse	Se pega en ambos dedos	Se forman cables cortos
Franco arcilloso limoso	Muy suave	Bola bastante firme son moderadamente duras al secarse	Se pega con ambos dedos y es algo flexible.	Se forman alambres un poco más largos
Arcilla	Muy suave	Bolas muy firmes son muy duras	Se pega con ambos dedos y es muy flexible.	Se forman alambres largos y flexibles

**Fuente:** (Vera, 2015).

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores, G.2021.

### 2.10.1.2. Color

Se identificó la tonalidad del suelo aplicando la metodología del sistema de ordenación de color de Munsell, el cual se dejó secar y tamizar las muestras de suelo, donde el cribado de 250 µm se colocó en una hoja blanca para apreciar el matiz comparando con la tabla de Munsell, finalmente se anotó el resultado del tono, valor y saturación de acuerdo con la gama de color.

## 2.10.2. Parámetros Químicos

### 2.10.2.1. Medición de pH en el suelo y conductividad

Se mide el pH de las muestras de suelo inmediatamente, mediante el método potenciométrico en suelo húmedo. Se procedió a realizar una relación 2:1 en el que consiste colocar 20 g de suelo en un vaso de precipitación y 40 ml de agua destilada, donde de mezcla por 10 minutos y se deja reposar 5 minutos, al finalizar se midió el pH en cada una de las muestras, se deja reposar por 24 y se mide la conductividad con un conductímetro en cada muestra



**Figura 4-2.** Medición de pH  
Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

Para la determinación de los iones hidronio se despeja la siguiente fórmula:

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Una vez despejado se procede a realizar el cálculo de los cationes hidrógeno.

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

#### 2.10.2.2. Medición de los cationes intercambiables Na, K, Ca y Mg.

Se pesó 5g de muestras de suelo, al cual se le agregó 25 ml de acetato de amonio 1M, se agitó y se dejó reposar por 24 horas, posteriormente se hizo doble filtrado al vacío, una vez preparada la muestra se aforó en balones volumétrico de 100 ml.



**Figura 5-2.** Medición de CIC  
Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

Para medir las muestras de cada catión intercambiable se calibró el espectrofotómetro Thermo Flash ICE3000 utilizando sus respectivos estándares a distintas concentraciones de sodio (0.2, 0.8, 1.6, 1.8 y 2) ppm, magnesio (1, 3,5,7 y 10) ppm, potasio (1,3,5,7 y 10) ppm y calcio (5,15,30,40 y 50) ppm, una vez calibrado luego se procedió a procesar las muestras donde para la lectura de calcio se utilizó la llama de óxido nitroso, de potasio, magnesio y sodio la llama de aire- acetileno una vez procesadas se realizó el respectivo cálculo con la siguiente ecuación.

$$CIC(meq) = \frac{ppm Ca}{200} + \frac{ppm Mg}{120} + \frac{ppmK}{390} + \frac{ppm Na}{230}$$

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADO, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

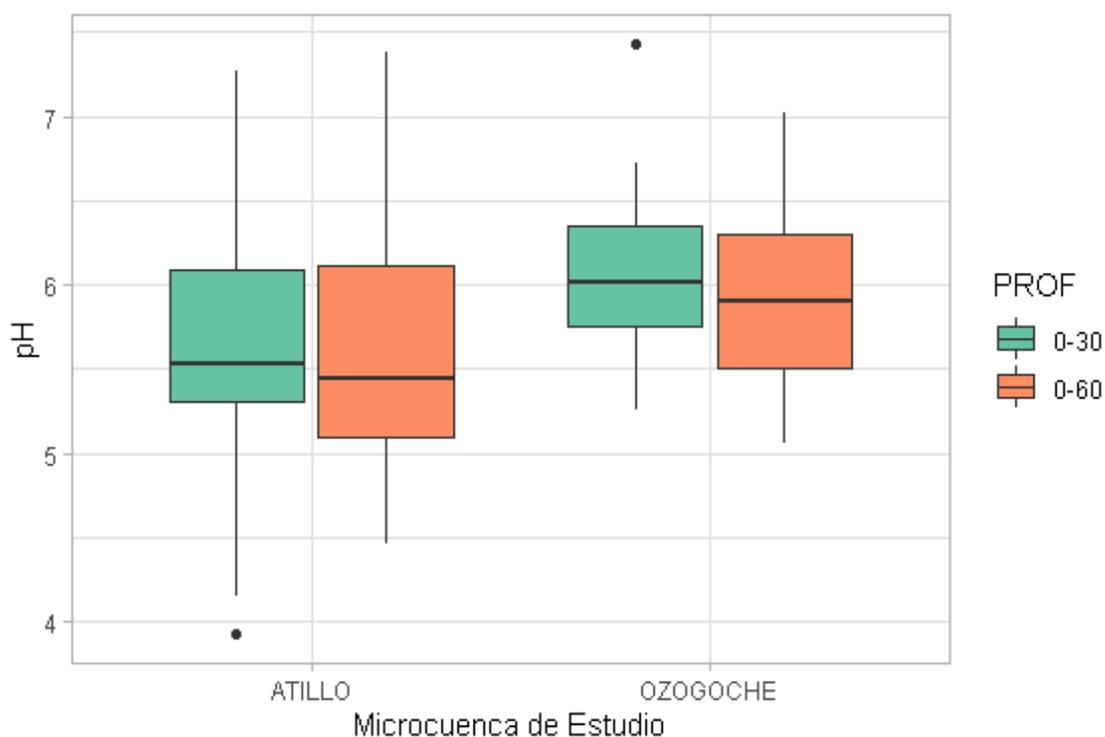
#### 3.1. Análisis Descriptivo

Para cada una de las variables se reporta la media, desviación estándar, los valores máximos y mínimos, tanto de la cuenca en general como de cada microcuenca y cada profundidad. Previo al cálculo se realiza un análisis de datos atípicos, los mismos que pueden deberse a diferentes causas específicas al terreno analizado y no necesariamente a errores de análisis. Para ello se conduce una prueba de rangos Inter cuartiles IQR donde los valores máximos y mínimos aceptados son los que se encuentran entre

$$Q[3] + 1.5 IQR \text{ y } Q[1] - 1.5 IQR$$

##### 3.1.1. Potencial Hidrogeno (pH)

La recolección de muestras en campo y el posterior análisis en laboratorio dieron como resultado los valores de potencial de hidrogeno los cuales se tomaron a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm) en Atillo y Ozogоче los cuales se observa en el grafico 1-3



**Gráfico 1-3.** Resultados de pH, zona Atillo y Ozogоче

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

De acuerdo con los análisis en los diferentes estratos en Atillo se obtuvo el valor promedio de  $5,60 \pm 0,747$  en húmedo que representan en la escala de pH a medianamente ácido, mientras que en Ozogoche el valor promedio fue de  $5,98 \pm 0,495$  siendo de igual manera medianamente ácido. En Atillo a una profundidad de 30 cm la media fue 5,63 con una desviación estándar de 0,786 y el máximo de 7,27, el mínimo de 3,93, en la profundidad 60 cm la media fue 5,58, desviación estándar de 0,722, un máximo de 7,38 y un mínimo de 4,46. Para Ozogoche, en la profundidad de 30 cm la media fue de 6,03 con una desviación estándar de 0,510, su valor máximo 7,43; su mínimo 5,26, en 60 cm la media fue 5,94 con una desviación estándar de 0,485; un máximo de 7,02 y un mínimo de 5,06.

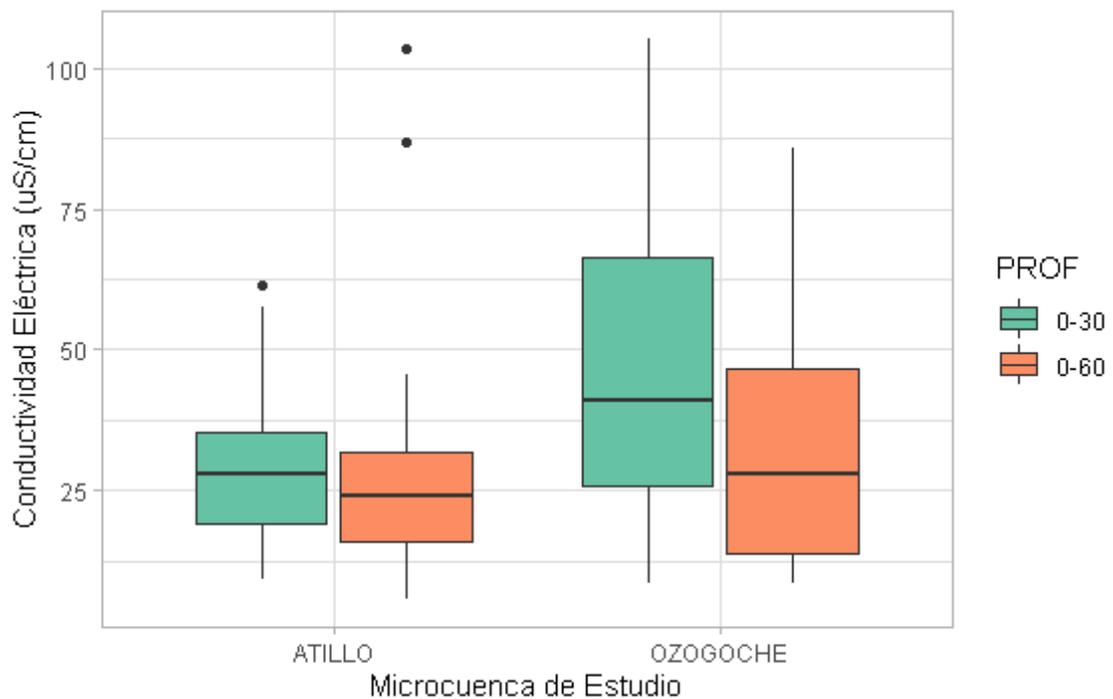
La mayoría de los suelos de páramo en Atillo y Ozogoche son clasificados como suelos de procedencia andosoles alofánicos, en Atillo el contenido de pH es 5,6 y en Ozogoche el contenido de pH es alrededor de 5,98 o sea dichos valores son habituales en suelos de procedencia volcánico o sea provenientes de cenizas volcánicas por su elevado contenido de aluminio y hierro (Podwojewski y Jerome, 2015, p. 5-26).

La acidez de los suelos podría ser ocasionada por la pérdida de cationes que contribuyen a la acidificación; en donde la pérdida de cationes poder ser ocasionada por la permeabilidad característica del tipo de suelo arenosos, como se analizó en esta clase de suelo de análisis es decir que en los suelos de tipo arenoso puede existir una pérdida de cationes por lixiviación (Abrego, 2012).

Además de la pérdida de cationes en el suelo, la existencia de exuberante materia orgánica y por ende carbono orgánico, propia en suelos de procedencia andino, se incrementa la acidez del suelo, siendo característico en suelos de paramo. Todos los suelos orgánicos son ácidos o sea son comúnmente más ácidos que otros suelos minerales lo que es creado por los ácidos orgánicos que se acumulan en los mismos, la materia orgánica de los suelos andinos tiene conjuntos carboxílicos y fenólicos que se comportan como ácidos débiles y tienden a reducir el pH del suelo, produciendo acidez en los suelos de páramo (Jaramillo, 2002, p. 353).

### **3.1.2. Conductividad Eléctrica (CE)**

Del análisis Intercuartiles se consideran valores atípicos aquellos que están por sobre los 108 uS/cm, que no se consideran en el análisis descriptivo es decir el cálculo de las medias y desviaciones estándar. Estos valores los que se muestran en el gráfico 2.3



**Gráfico 2-3.** Resultados de CE, zona Atillo y Ozogoche

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

De acuerdo con los análisis en los diferentes estratos en Atillo se obtuvo una media total de  $29,2 \pm 19,3$  mientras que en Ozogoche la media fue de  $39,2 \pm 25,0$ . En Atillo a una profundidad de 30 cm la media fue 29,1 uS/cm con una desviación estándar de 14,5 y el máximo de 172, el mínimo de 9,14, en la profundidad de 60 cm la media fue 29,3, desviación estándar de 23,1, un máximo de 104 y un mínimo de 5,71. Para Ozogoche, en la profundidad de 30 cm la media fue de 46 con una desviación estándar de 26,2, su valor máximo 341; su mínimo 8,66, en 60 cm la media fue 32 con una desviación estándar de 22; un máximo de 298 y un mínimo de 8,62.

Los valores de la conductividad en los suelos analizados son suelos no salinos, es decir son aquellos en donde los valores de conductividad eléctrica son menores a 2 dS/m (Hoorn y Alphen, 1996, p. 550). Los valores bajos en la conductividad eléctrica pueden ser ocasionados por la infiltración del agua en el suelo el cual genera un lavado de las sales en el área. La infiltración de un suelo está referente con la textura del mismo. De acuerdo con el análisis llevado a cabo por Simón, et al., (2013) demostraron que los suelos con un elevado porcentaje de partículas finas poseen un contacto partícula- partícula y un más grande número de poros pequeños los cuales retienen agua con más fuerza y por más tiempo, permitiendo de esta forma conducir mejor la electricidad. (Lal, 2004, p. 1626). alega que ciertos elementos de la materia orgánica (carbono orgánico) son causantes de la formación y estabilización de los agregados del suelo, generando poros y macroporos seguidos, los cuales incrementan la función de conducir la corriente eléctrica del suelo.

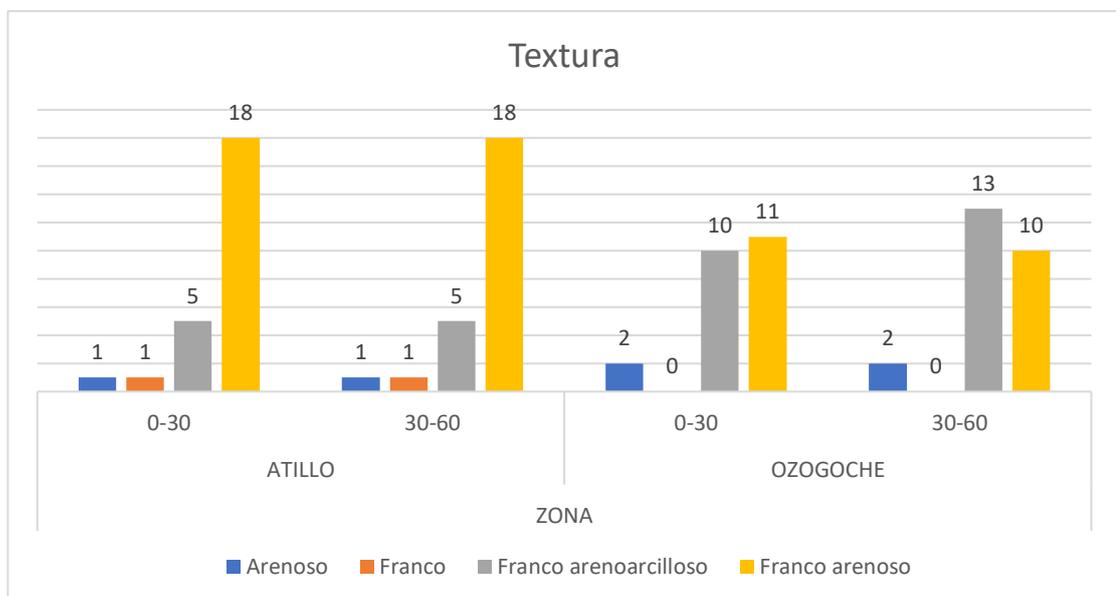
### 3.1.3. Color

Las diferentes muestras de suelo analizadas muestran características morfológicas típicas de los páramos andinos, estas características están determinadas por el tipo de material parental, y la cantidad de materia orgánica que se encuentra presente en el suelo, así mismo como resultado de la descomposición de materiales volcánicos acumulados, las muestras de suelo presentan colores con tonalidades entre 5 YR y 10 YR las cuales están relacionadas por litologías y gradientes altitudinales

El color que presentaron los suelos a una profundidad de 0-30 cm tanto en Atillo como Ozogoché por lo general es franco arcilloso presentaron colores muy oscuros debido a los elevados contenidos de materia orgánica que presenta. El humus que presenta este suelo hace que posea una coloración negra. Esta característica se presentó en la mayoría de los puntos de muestreo Así mismo, el color de los suelos a una profundidad de 30-60 cm fueron de igual manera franco arcillosos

### 3.1.4. Textura

El análisis textural del suelo se realizó mediante el método “Feel” (Lesikar, et al., 2005, p. 9). donde se pueden determinar varias categorías (Arcilloso, Franco arenoso, Franco limoso, Franco, entre otros) una vez determinadas las texturas se procedió a tabular los datos obtenidos para expresarlos en porcentajes tomando en consideración que las 100 muestras representan el 100% de los datos obtenidos en el gráfico 3.3



**Gráfico 3-3.** Resultados de Textura, zona Atillo y Ozogoché  
Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G. 2021.

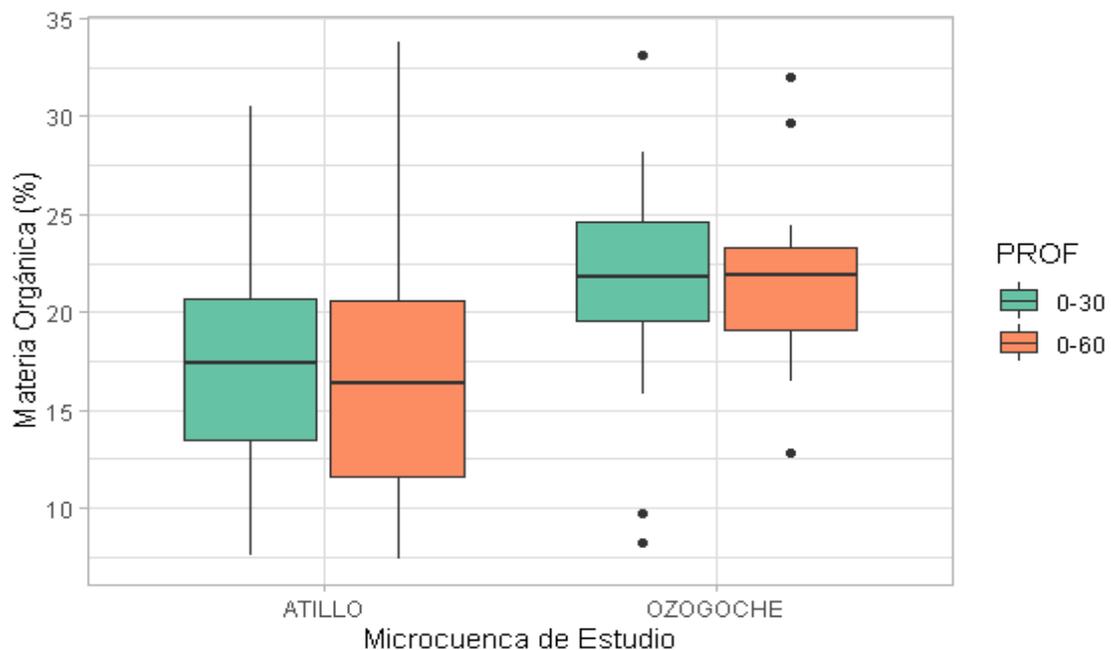
Mediante el análisis realizado de los suelos, se muestra una textura franca-arenosa con más frecuencia, definiendo tal que los dos sitios de análisis Atillo y Ozogoche muestra esta clase de textura., debido que la génesis del suelo son erupciones volcánicas en las que además se puede mirar un color bastante oscuro esto se debería a la alta concentración de materia orgánica por consiguiente presencia de carbono orgánico (Mena, et al., 2011, p. 27).

La textura franco-arenoso está constituida por esos suelos que tienen más del 70% de arena en su composición los cuales son calificados como suelos de textura gruesa (Cardenas, 2015, p. 57)., los suelos de textura gruesa incrementan la permeabilidad si se encuentran en proporciones suficientes, frenan la erosión y las pérdidas de agua por evaporación si recubren al suelo (Porta, et al., 2013, p. 152)., liberan muy lento nutrientes al meteorizarse que mejoran la retención del agua esto ayuda a la cobertura propia del sector (Echeverría et al., 2018, p. 34).

Los suelos de páramo al ser de procedencia volcánico acostumbran a tener una textura “franco”, franco-arenoso (Cardenas, 2015, p. 58)., en su gran mayor parte las muestras de suelo de nuestro análisis muestran analogía en la textura observando en los resultados logrados

### 3.1.5. *Materia orgánica*

Del análisis Inter cuartiles se consideran valores atípicos aquellos que están sobre el 34% y por debajo del 5 %, que no se consideran en el análisis descriptivo es decir el cálculo de las medias y desviaciones estándar. Estos valores los que se muestran en el gráfico 4.3



**Gráfico 4-3.**Diferencia porcentual de Materia Orgánica, Atillo y Ozogoche  
**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

En el laboratorio se pudo obtener valores altos de MO como lo muestra la Tabla 1-3., los cuales tienen relación con el tipo de vegetación presente en la zona de estudio ya que al realizar las respectivas calicatas se constató como se muestra los resultados a continuación en cada zona de estudio. De acuerdo con los análisis en los diferentes estratos en Atillo se obtuvo la media total de  $17,4 \pm 6,57$  mientras que en Ozogoche la media total fue de  $21,5 \pm 4,81$ .

En Atillo a una profundidad de 30 cm la media fue 17,7 con una desviación estándar de 6,53 y el máximo de 44,1, el mínimo de 7,59, en la profundidad 60 cm la media fue 17,2, desviación estándar de 6,75, un máximo de 38,5 y un mínimo de 7,41. Para Ozogoche, en la profundidad de 30 cm la media fue de 21,4 con una desviación estándar de 5,49, su valor máximo 80,9; su mínimo 8,22, en 60 cm la media fue 21,5 con una desviación estándar de 4,15; un máximo de 50,4 y un mínimo de 12,8.

**Tabla 1-3:** Interpretación de Porcentaje (%) de Materia Orgánica.

PARÁMETRO	RANGO	INTERPRETACIÓN
Materia Orgánica (%)	<3,0	Bajo
	3,0-5,0	Medio
	>5,0	Alto

Fuente: INIAP.EESC.2002.

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G.2021.

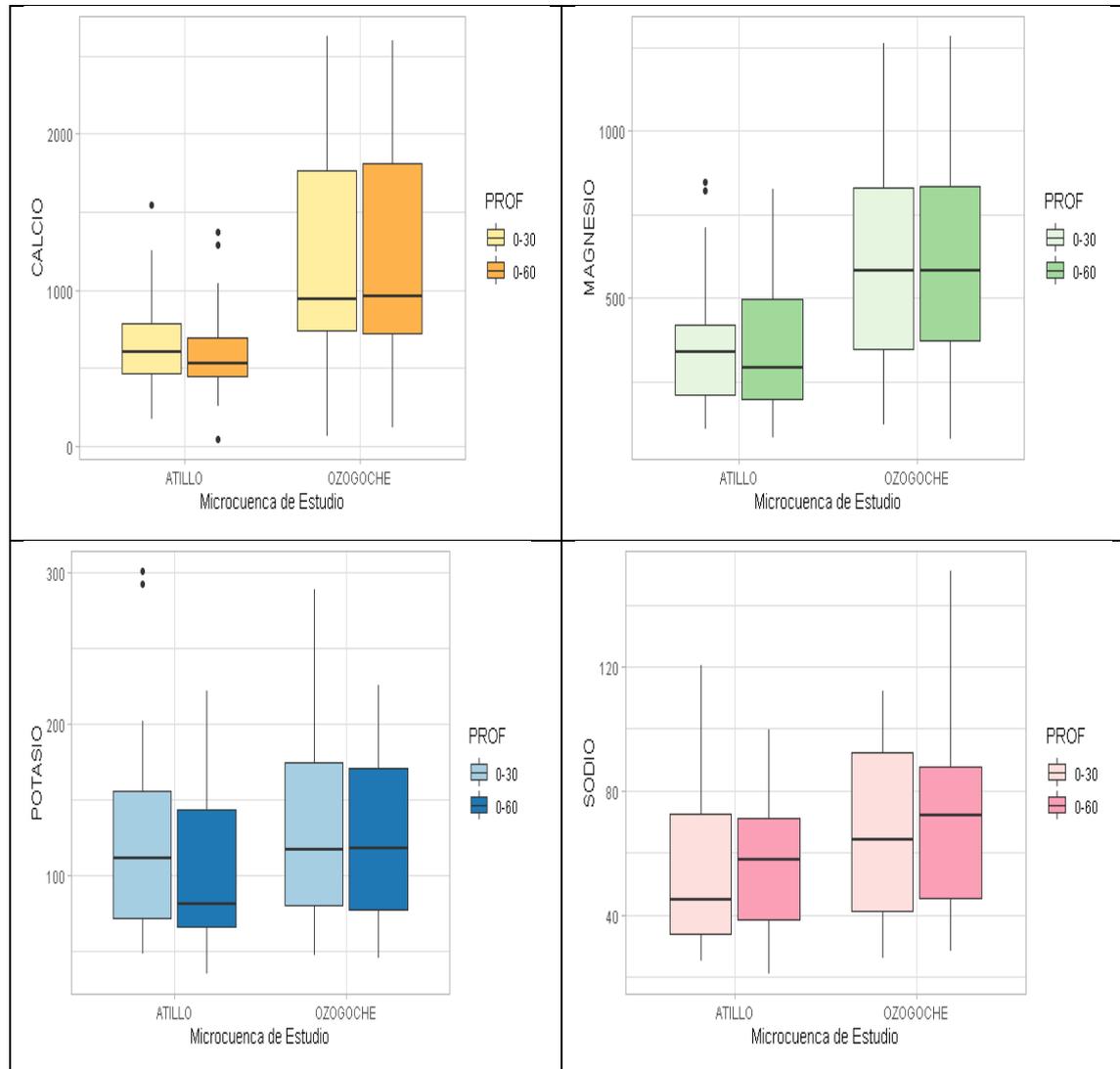
Los rangos y los niveles de Interpretación fueron tomados de la información del laboratorio de suelos de INIAP, reconocidos por la Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo – SECS. Tabla 1-3, según estos datos la materia orgánica dentro de los páramos andinos es alta esto debido a que existieron varias muestras de Herbazal Inundable las cuales sugieren que el suelo se encuentra con varias especies de almohadillas o musgos que retienen agua, por lo cual tendrán altos contenidos de materia orgánica y si existen suelo de pantano o turberas su profundidad será significativa (Llambí et al., 2012, p. 188). De igual manera los suelos de páramo generalmente son de color oscuro, esto se relacionado con la cantidad de materia orgánica que posee, esta acumulación se ve favorecida por la bajas temperaturas, formando complejos entre la fracción mineral y orgánica del mismo (Llambí et al., 2012, p. 192).

Los estudios efectuados por IDEAM, (2015) en el valle del Cauca Colombia concluyen que el contenido de materia orgánica coopera de manera enorme a conservar el manejo hidrológico en los páramos debido a que a medida que más MO contenga un suelo menor nivel de infiltración va a tener, permitiendo una más grande escorrentía del agua a esto sumado la captura de lluvia horizontal por el tipo de vegetación que existe constituye la base para el desarrollo y desempeño de todos los organismos vivos.

Los resultados obtenidos de los análisis de suelo para determinar el contenido de MO se establecen que en los estratos de Atillo y Ozogoche a dos diferentes profundidades ( 0 – 30 ) y

(30 - 60) cm los valores varían de  $21,5 \pm 4,81$  a  $17,4 \pm 6,57$  en estos estratos no obstante hay que mencionar que estos no son muy representativos debido a que existe una gran variabilidad.

### 3.1.6. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

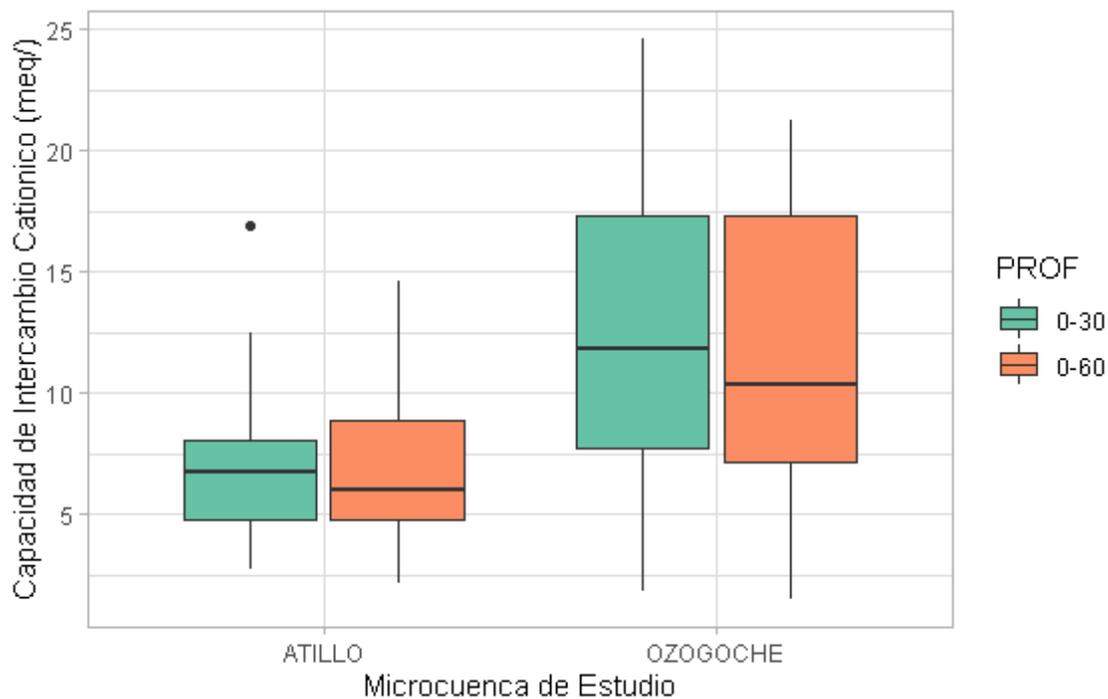


**Gráfico 5-3.** Resultados de individuales de Ca/Mg/K/Na

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G. 2021.

De acuerdo con los análisis en los diferentes estratos en Atillo se obtuvo la media para Ca de  $868 \pm 1198$ , para Mg fue de  $361 \pm 209$ , para K la media fue de  $119 \pm 250$  y para Na la media fue  $79,5 \pm 114$  mientras que en Ozogoché la media fue de  $1298 \pm 811$  para el Ca, para Mg fue de  $643 \pm 337$ , para K fue de  $191 \pm 250$  y finalmente para Na la media fue de  $69,5 \pm 30,3$ .

El análisis en laboratorio dio como resultado valores de CIC de acuerdo a lo esperado, ya que dependen del tipo de suelo analizado y en ocasiones del pH, estos fueron obtenidos por acetato de amonio  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N para las cien muestras requeridas.



**Gráfico 6-3.** Resultados de CIC, zona Atillo y Ozogоче

Realizado por: Venlasaga, G., Flores, G. 2021.

De acuerdo con los análisis se obtuvieron los valores de CIC para los suelos descritos anteriormente como de texturas francas. Así tenemos en Atillo un rango comprendido de los valores mínimos de 2,72 y 2,17 meq/100 g en sus respectivas profundidades mientras que los valores máximos están comprendidos dentro del rango de 31,6 y 39,8 meq/100 g. Con una media total de  $6,84 \pm 3,16$  meq/100 g. Para Ozogоче se tuvo una media total de  $12,2 \pm 5,94$  meq/100 g, sus valores máximos estuvieron entre 24,6 y 35 meq/100 g en sus respectivas profundidades de igual manera y sus valores mínimos fueron de 1,79 y 1,51 meq/100 g.

Finalmente, los valores promedios están en el rango de 12,2- 6,84 meq/100 g, los valores de CIC altos pueden tener una su explicación en el hecho de que el acetato disuelve el calcio de la muestra (Rhoades, 1982, p.178). y de esta manera eleva demasiado la suma del CIC.

### 3.2. Zonas de conservación y explotación agrícola y ganadera

Respecto a lo antes mencionado, la fertilidad del suelo depende igualmente de la capacidad de intercambio de cationes (CIC), ya que entre más alta sea el CIC generalmente hace al suelo más fértil. Generalmente el Capacidad de Intercambio Catiónico suele ser más alto cuando más fértil tiende a ser el suelo, cuanta más arcilla suele poseer el suelo y cuanta más materia orgánica suele tener el suelo.

### ***3.2.1. Importancia de la producción del forraje***

En las comunidades de Atillo y Ozogoché la actividad principal es la siembra de pasto para la ganadería, ya que estos proporcionan la base para una agricultura sostenible en las comunidades (GAD Parroquial Cebadas, 2021, p. 84; GAD Parroquial Rural de Achupallas, 2019, p. 263). Los forrajes son la base de todas las dietas del ganado, siendo una parte integral para mejorar la estructura del suelo y la calidad de los pastos son extremadamente importantes en la producción de alimentos y fibra (Lee et al., 2017; citados de López-Vigoa et al., 2019, p. 58). Sin embargo, juegan un papel de vital importancia en el mantenimiento de un buen ambiente natural. De acuerdo con la Universidad Estatal de Oregon (OSU) en el departamento de ciencia de cultivos y suelo sostiene que las comunidades de plantas forrajeras producen oxígeno, ayudan a reducir la erosión del suelo, ayudan a mantener los sedimentos fuera de las vías fluviales, proporcionan alimento y refugio para la vida silvestre y embellecen el entorno con una variedad de follaje (2021, p. 6-7).

A veces pensamos que la fertilidad del suelo y la productividad de los pastos están relacionadas solo con el tipo de suelo, pero es más complejo, debido a que la productividad animal está relacionada con la disponibilidad de nutrientes para los forrajes a parte del tipo de suelo (Cordero et al., 2018, p. 430), también se rige por la disponibilidad de agua, la temperatura del suelo, el contenido de materia orgánica del suelo, la estructura y biomasa de la comunidad microbiana del suelo, el ciclo de los nutrientes y el tipo de especies forrajeras. Para suelos saludables y productivos, la cantidad y calidad de materia orgánica disponible es importante para mantener los organismos del suelo que pueden reciclar nutrientes y romper la estructura del suelo que puede aumentar la infiltración de agua (Lemus, 2020, p. 1). Lemus también menciona que los suelos arcillosos profundos y pesados pueden absorber mucha agua, lo que permite que los cultivos forrajeros tengan acceso al agua en períodos de estrés que los suelos arenosos. Los suelos arenosos más ligeros también tienen tasas de infiltración muy altas (2020, p. 2).

La calidad del forraje se puede definir simplemente como la capacidad del ganado para digerir y utilizar los componentes nutritivos proporcionados por la fuente del forraje por lo cual es importante conocer la relación nutriente necesarios para el óptimo desarrollo. Según León, Bonifaz y Gutiérrez indican los porcentajes esenciales de los nutrientes directos en el Ecuador los cuales son las siguientes proporciones: Ca 70-75%, Na 1-3%, Mg 12-15% y K 3-5% por lo cual deben tener un equilibrio para que la asimilación de nutrientes en los vegetales sean equilibrado  $Ca/Mg$  3-7 ,  $(Ca + Mg)/K < 22$  y  $K/Mg$  0,4 (2021, p. 87).

### ***3.2.2. Importancia del CIC***

Los suelos no son iguales en ninguna parte del mundo, todos tienen sus diferencias y si no fuera por la química no se podría sembrar en muchos lugares, como se sabe el suelo está conformado

por arena, limo, arcilla y materia orgánica y estos componentes van variando en porcentajes y se pueden encontrar suelos diferentes, y esto determina su color, su textura y una de las características más importantes la capacidad de almacenar nutrientes químicos.

Los iones (cationes y aniones entre los cuales hay relevantes nutrientes) requieren unirse a partículas del suelo (arcillas) o a coloides orgánicos (humus) para que se encuentren accesibles para ser absorbidos por las raíces de las plantas, de otra forma sencillamente son "lavados" por medio del suelo.

De esta manera la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es en sencillas palabras la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes. Asimismo, los iones que se encuentran en la solución del suelo pueden adherirse o soltarse de las partículas del suelo por eso el nombre de intercambio. Por tal razón tanto Atillo como Ozogoche se deben tratar y analizar de forma diferente ya que según los datos obtenidos de CIC tienen características muy diferentes a pesar de pertenecer al mismo Parque Nacional Sangay.

Como se muestra en la Tabla 3.3 el Herbazal inundable tiene un valor de 11,49 lo que quiere decir es de suma importancia la conservación de este debido a mayor presencia de cationes y aniones por lo tanto al tener más iones intercambiables es un mejor suelo para cultivo. Así mismo en el Herbazal de Páramo se analizó que tiene valores similares de CIC que cultivos, con el valor de 8,57 y 8,48 respectivamente con lo que puede interpretar que tienen suelos similares entre los dos estratos.

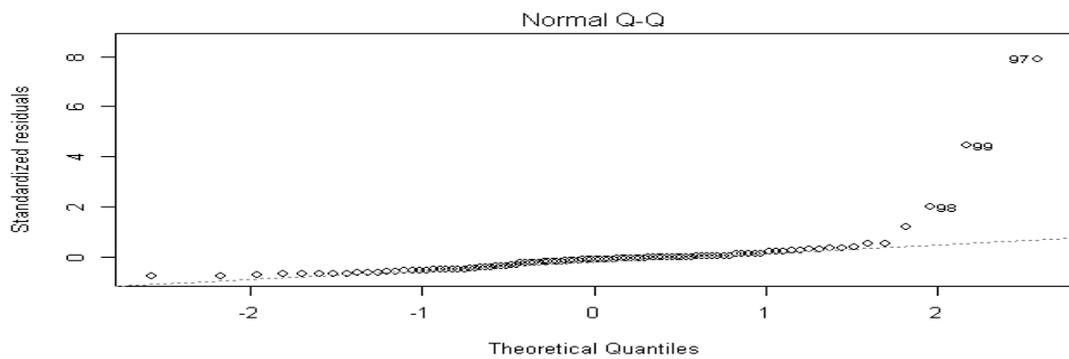
Acorde a la base legal en los artículos, de esta manera se tendría que proponer un manejo responsable de estos estratos por parte de Ministerio de Ambiente en estas zonas, debido que están dentro del Parque Nacional Sangay y dentro de este existe fauna y flora autóctona de los páramos andinos ecuatorianos y el GAD Municipal Parroquial debe incluir estos datos en el PDOT

### 3.3. Análisis de Correlación

#### 3.3.1. Hidronio

##### 1) Normalidad y datos anómalos

Una vez tabulados todos los datos se procedió a importarlos desde Excel para el análisis de estos mediante el programa R Studio, con el cual se pudo analizar la normalidad de los datos, así como la independencia y valores anómalos en estos. Se registraron tres datos anómalos con lo que respecta a pH, estos tenían valores fuera de lo normal por lo que se procedió a descartarlos.

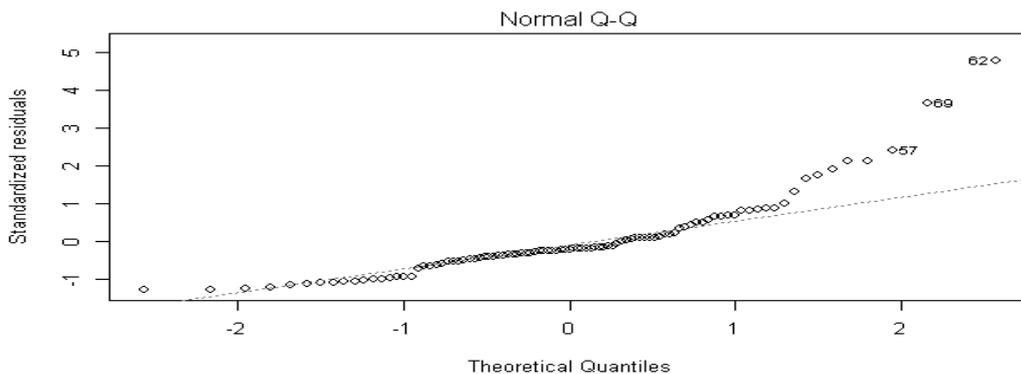


**Gráfico 7-3.**Normalidad de datos completos, Ion Hidronio

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

##### 2) Modelo sin datos anómalos

Una vez descartados los tres valores anómalos y además efectuando las pruebas de Shapiro para ver la normalidad de los datos y homostecidad de los mismos, se volvió a construir el modelo para analizar los valores sin los datos anómalos descartados, para así podreecer al estudio de los resultados del modelo



**Gráfico 8-3.**Normalidad sin datos Anómalos, Ion Hidronio

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

### 3) Planteamiento de la hipótesis

$$H_0: \mu_{\text{Atillo}} = \mu_{\text{Ozogoche}}$$

$$H_1: \mu_{\text{Atillo}} \neq \mu_{\text{Ozogoche}}$$

### 4) Estadístico de la prueba

**Tabla 2-3:** Correlación del Ion Hidronio, Atillo y Ozogoche

	Df	Sum Sq	Mean SQ	F value	Pr (>F)
<b>Ubicación</b>	1	1,891 <sup>-10</sup>	1,891 <sup>-10</sup>	12,663	0,000592 ***
<b>Estrato</b>	2	7,900 <sup>-12</sup>	3,97 <sup>-12</sup>	0,266	0,767145
<b>Profundidad</b>	1	1,310 <sup>-11</sup>	1,891.307 <sup>-11</sup>	0,875	0,351978
<b>Residuals</b>	92	1,374 <sup>-9</sup>	1,494 <sup>-11</sup>		

**Signif. Codes:** 0 “\*\*\*\*” 0,001 “\*\*\*” 0,01 “\*\*” 0,05 “.” 0,1 “” 1

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores, G. 2021.

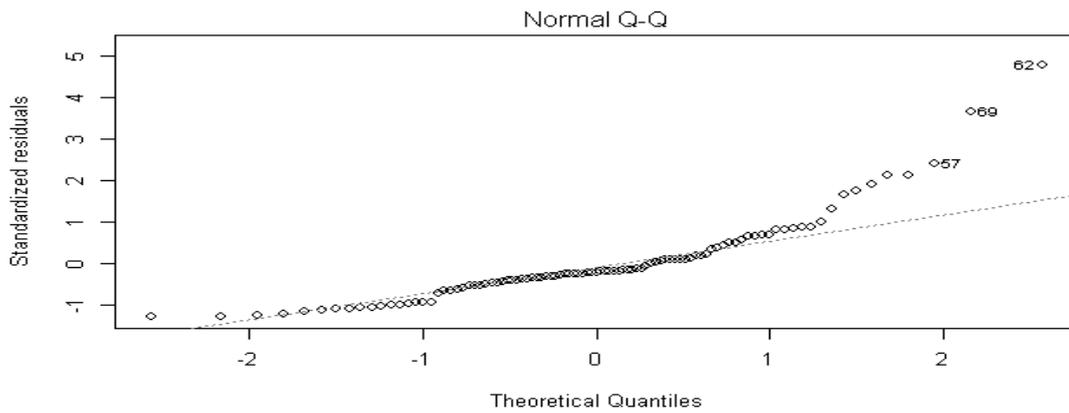
Por la ubicación se calcula el valor de p es 0,000592, por lo que se puede afirmar que este factor de interés puede producir cambios significativos en los valores de pH o en si de la presencia del ion Hidronio en el suelo, es decir que, si existe una diferencia entre el pH en Atillo frente a Ozogoche, así mismo en el estrato se acepta la hipótesis nula (que no existen cambios entre los diferentes estratos), en la profundidad de igual manera se acepta la hipótesis nula (que no existen cambios)

Por el factor Ubicación se rechaza la hipótesis nula, por lo que existen diferencias significativas entre las muestras de Ozogoche y Atillo  $p < 0.05$

### 3.3.2. CIC

#### 1) Normalidad y datos anómalos

De igual forma como se procedió a realizar con el ion Hidronio se siguieron los mismos pasos para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Se registraron dos datos anómalos con lo que respecta a CIC, estos tenían valores fuera de lo normal por lo que se procedió a descartarlos.

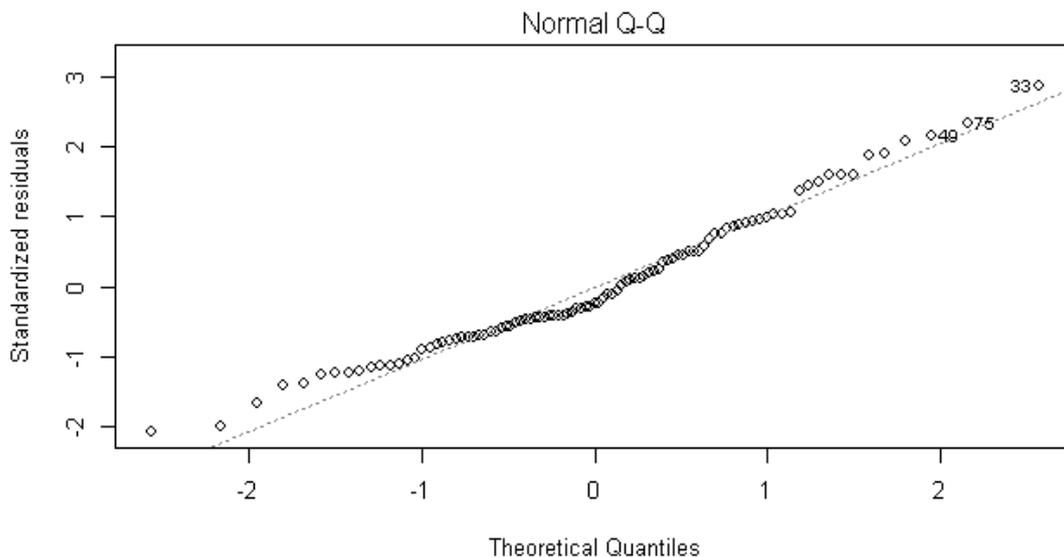


**Gráfico 9-3.**Normalidad de datos completos, CIC

Realizado por: Venlasaga, G., Flores,G.2021.

2) *Modelo sin datos anómalos*

Una vez descartados los tres valores anómalos y además efectuando las pruebas para ver la normalidad de los datos y homostecidad de los mismos, se volvió a construir el modelo para analizar los valores sin los datos anómalos descartados, para así podrecer al estudio de los resultados del modelo eliminando los datos 62 y 69 de la base de datos



**Gráfico 10-3.** Normalidad sin datos Anómalos, CIC

Realizado por: Venlasaga, G., Flores,G.2021.

3) *Planteamiento de la hipótesis*

$$H_0: \mu_{Atillo} = \mu_{Ozogoche}$$

$$H_1: \mu_{Atillo} \neq \mu_{Ozogoche}$$

#### 4) Estadístico de la prueba

**Tabla 3-3:** Correlación del CIC, Atillo y Ozogoche

	Df	Sum Sq	Mean SQ	F value	Pr (>F)
<b>Ubicación</b>	1	690,5	690,5	31,242	2,31 <sup>-07***</sup>
<b>Estrato</b>	2	118,4	59,2	2,680	0,0739 .
<b>Profundidad</b>	1	13,1	13,1	0,591	0,44,38
<b>Residuals</b>	92	2033,2	22,1		

**Signif. Codes:** 0 “\*\*\*” 0,001 “\*\*” 0,01 “\*” 0,05 “.” 0,1 “” 1

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

El factor ubicación define que el sector de Atillo tiene un contenido de CIC más alto en comparación con el contenido en el sector de Ozogoche, y aunque la diferencia no es relativamente amplia, la prueba estadística ANOVA define que es una diferencia estadísticamente significativa, aunque las muestras cuentan con una dispersión considerable, en comparación con los valores medidos.

Para el presente estudio, se considera como otro factor en análisis a la Profundidad en la que se tomó la muestra, definiendo dos niveles para esta: de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm. Este factor se procede a analizar individualmente por sector, para determinar si existe diferencia entre las profundidades de la muestra en cada sector estudiado. El cual es aceptado debido a que no existen cambios.

El factor estrado de igual manera es aceptado para un nivel de significancia del 0,05 pero con un nivel de significancia del 0,10 se rechaza la hipótesis nula por lo que se puede afirmar que existen pequeños cambios significativos entre los diferentes estratos  $p < 0.10$

Por el factor Ubicación se rechaza la hipótesis nula, por lo que existen diferencias significativas entre las muestras de Ozogoche y Atillo  $p < 0.05$

#### 5) Diferencia entre estratos del CIC

**Tabla 4-3:** Prueba de Diferencias mínimas significativas de Fisher, Atillo y Ozogoche

	CIC groups	
1	11,994968	a
0	8,569333	b
2	8,483168	b

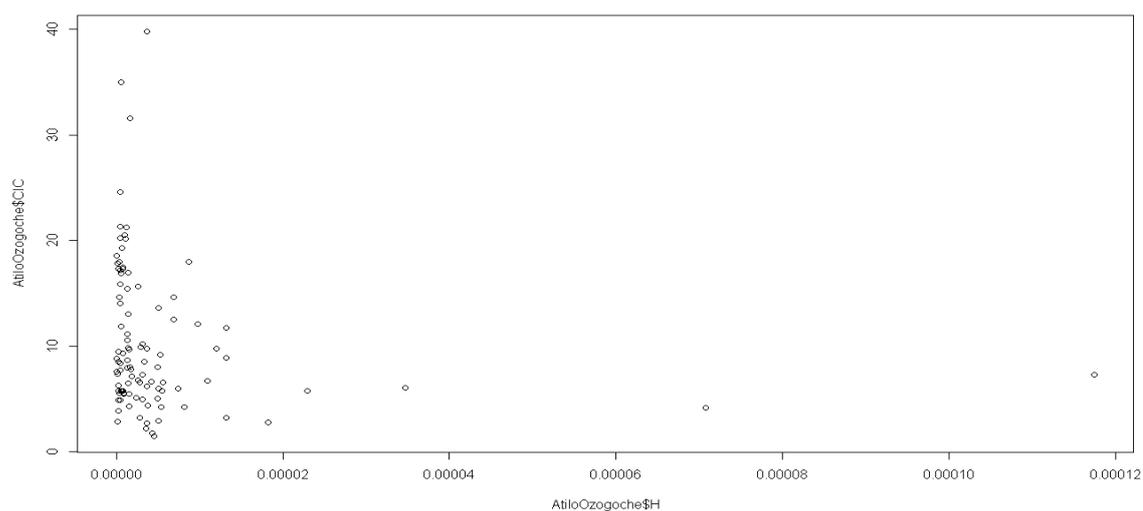
**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

Mediante una prueba de Diferencias mínimas significativas de Fisher se observó que el herbazal inundable (1) es diferente del herbazal de páramo (0) y de cultivos (2) ya que entre estos últimos

dos se puede afirmar significativamente que muestran una relación de medias casi iguales, esta diferencia se muestra debido a la cantidad de agua e iones disueltos en las muestras

### 3.3.3. Correlaciones

Se aplica un ANOVA de varios factores, con el fin de determinar si existen incidencias significativas de la Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo en los sectores de Atillo y Ozogоче, con respecto al ion Hidronio, además de obtener diferentes gráficos para observar esta incidencia. El grafico 11-3 muestra los valores obtenidos.



**Gráfico 11-3.** Primera Correlación, entre CIC vs Ion Hidronio

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

El valor del coeficiente de correlación lineal de Pearson es de -0.15, es decir no existe correlación. Los valores de correlación deben ser superiores a 0.8 o inferiores -0.8. A partir de una inspección visual de los datos, se establece que no se tomarán en cuenta para el análisis: Los valores sobre los  $1.75 \times 10^{-5}$  para Hidronio, de la base de datos se eliminan los siguientes

**Tabla 5-3:** Valores eliminados de la base datos para el Ion Hidronio

NUMERO	CÓDIGO	UBICACIÓN	ESTRATO	HIDRONIO	CIC
62	P6-2-60	Atillo	CULTIVO	0.00002291	5.777
69	P10-4B-30	Atillo	PÁRAMO	0.00001820	2.794
97	P6-3-30	Atillo	INUNDABLE	0.00011749	7.256
98	P6-3-60	Atillo	INUNDABLE	0.00003467	6.023
99	P8-4-30	Atillo	PARAMO	0.00007079	4.150

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

Los datos que se eliminan posiblemente se convirtieron en datos atípicos debido al agua intersticial, así mismo una alta presencia de materia orgánica. La mayoría de los suelos de Atillo tienen características volcánicas, cada uno de los puntos de muestreo que presentaron valores del ion Hidronio anormales se debe a la altitud, la topografía diferente, si es parte de una región de volcanismo activo, y finalmente si se han formado en bosque, pantanos o pajonal (vegetación) : En conclusión cada suelo será el resultado de una distinta combinación de los factores formadores, por lo que la variación de tan solo uno de ellos, da como origen un suelo diferente (Los suelos del páramo, pag 192).

Mientras que para CIC se eliminaron los valores mayores a 22.5, estos fueron los que se muestran en la tabla 5.3

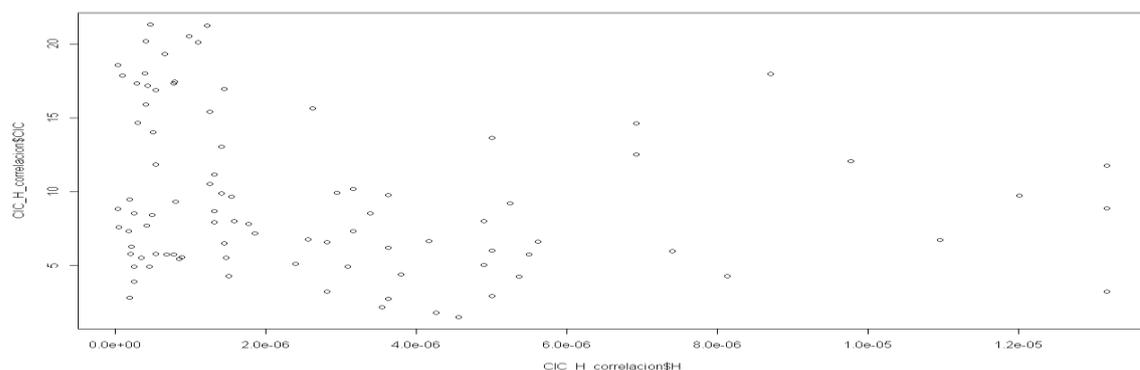
**Tabla 6-3:** Valores eliminados de la base datos para el CIC

NUMERO	CÓDIGO	UBICACIÓN	ESTRATO	HIDRONIO	CIC
10	Z2-2-60	Ozogoche	PÁRAMO	0.00000052	35.021
33	Z7-1-30	Ozogoche	PÁRAMO	0.00000045	24.638
81	P16-8-30	Atillo	PÁRAMO	0.00000158	31.618
82	P16-8-60	Atillo	PÁRAMO	0.00000363	39.791

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

Como se puede observar en la tabla los valores corresponden directamente al estrado de Herbazal de Páramo, tanto como sodio (Na), Potasio (K) y Magnesio (Mg) cuentan con valores normales, es que se dispara es el ion Calcio (Ca) esto puede deberse a varios factores, uno de ellos ya mencionado con anterioridad puede ser por el método con el cual se trabajó, este disuelve más este ion. Otro factor se debe a que normalmente el contenido de arcilla está directamente relacionado con los altos valores de calcio contenidos en el suelo, Un tercer factor podría ser las aplicaciones recientes de cal, lo que hizo que estos puntos tengan valores fuera de lo normal

### 3.3.3.1. Análisis de correlación, sin datos anómalos



**Gráfico 12-3.** Correlación sin datos anómalos, entre CIC vs Ion Hidronio

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

Una vez eliminados los datos anómalos se procedió nuevamente a analizar la correlación en la cual el coeficiente de Pearson fue de -0.2, lo que implica una mejora, pero sigue sin existir una correlación

**Tabla 7-3:** Correlación Final

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	T value	Pr (> t )
(Intercept)	1,054 <sup>1</sup>	7,278 <sup>-1</sup>	14,477	< 2 <sup>-16</sup> ***
CIC_H_correlacion	-3,275 <sup>5</sup>	1,700 <sup>5</sup>	-1,926	0,0573 .

Signif. Codes: 0 “\*\*\*” 0,001 “\*\*” 0,01 “\*” 0,05 “.” 0,1 “.” 1

Residual standard error: 5,214 on 89 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,04022. Adjusted R-squared 0,02924

F-statistic: 3,711 on 1 and 89 DF p-value 0,05726

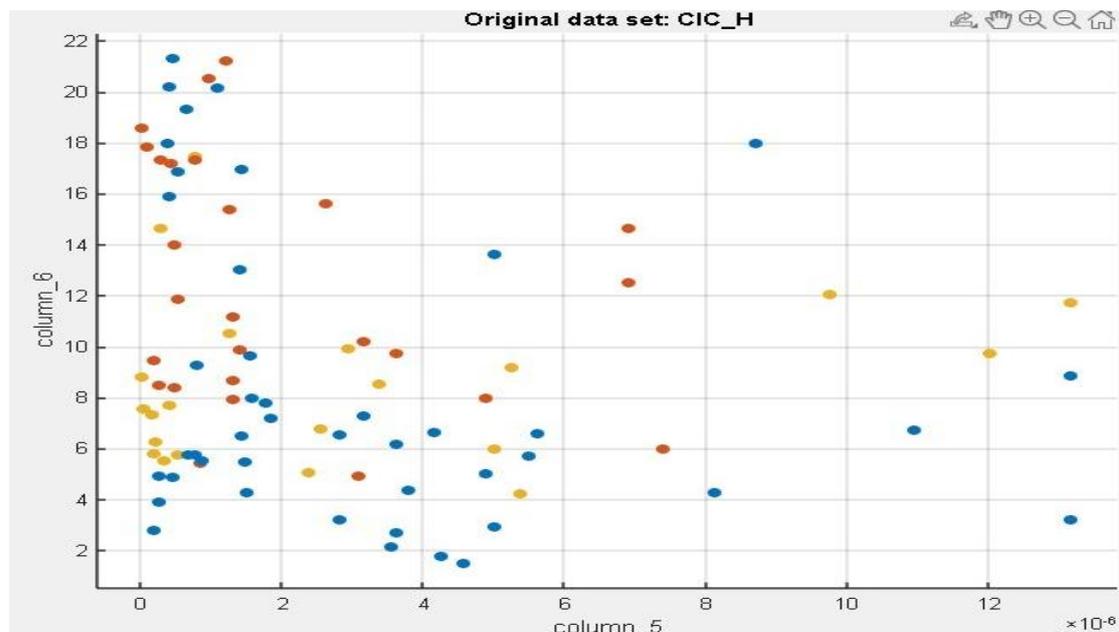
Realizado por: Venlasaga, G., Flores,G.2021.

De todas formas, se construyó el modelo lineal , dando como resultado la siguiente ecuación:

$$CIC = 1,054 \times 10^1 - 3,275 \times 10^5 * H$$

Con un R cuadrado ajustado de 0.02, lo que indica que no existe ninguna relación, ya que el valor de R debe ser mayor a 0.8

De esta forma, nuestro gráfico de correlación se muestra en el siguiente grafico

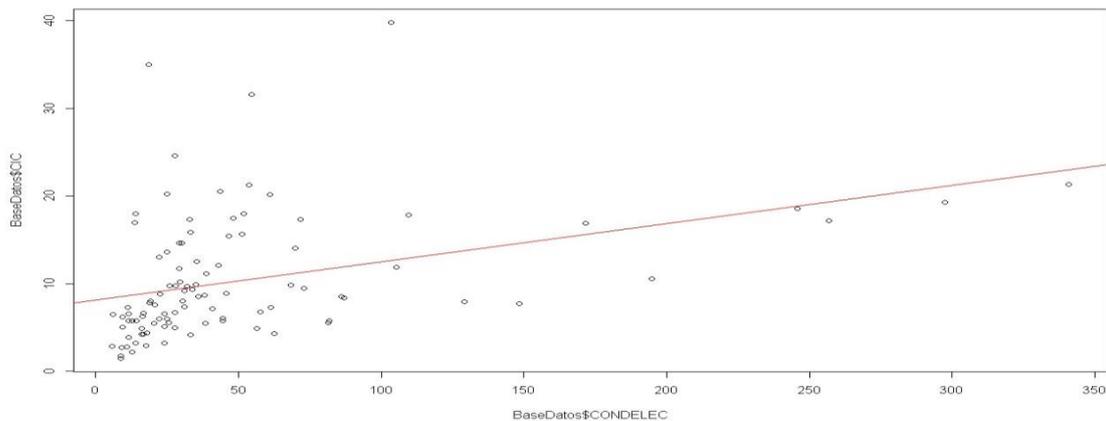


**Gráfico 13-3.** Correlación Final

Realizado por: Venlasaga, G., Flores,G.2021.

### 3.3.3.2. Correlación entre CE y CIC

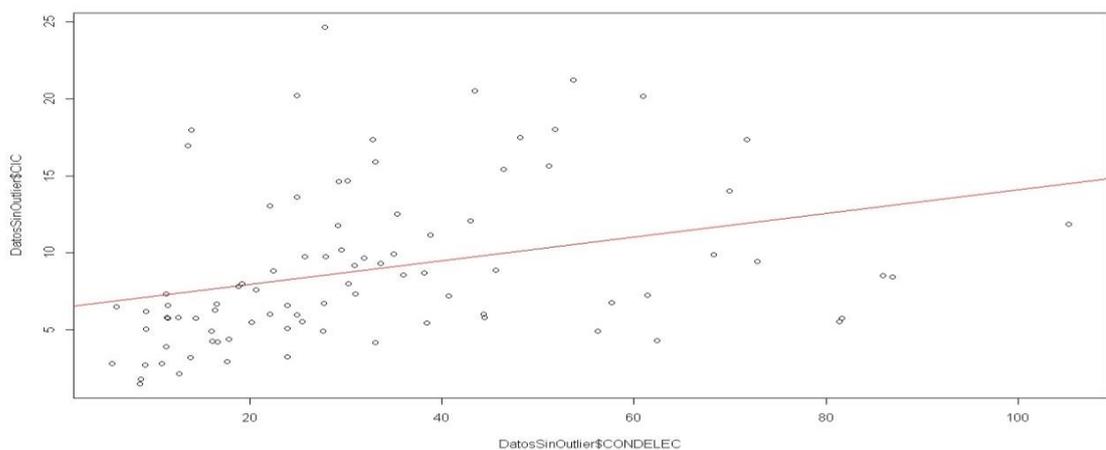
Aunque no es el objetivo planteado en este tema de investigación acorde a (Henry, 1997, p. 127). puede existir una correlación entre la porosidad, el CE y el CIC, por lo tanto, se realiza este análisis con el mismo procedimiento del análisis anterior



**Gráfico 14-3.** Primera correlación, entre CE vs CIC

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

El valor del coeficiente de correlación lineal de Pearson es de 0,371, es decir no existe correlación. Los valores de correlación deben ser superiores a 0.8 o inferiores -0.8. A partir de una inspección visual de los datos se eliminaron los mismos datos anómalos del Ion hidronio para realizar una nueva gráfica



**Gráfico 15-3.** Correlación sin datos anómalos, entre CE vs CIC

**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

El valor del coeficiente de correlación lineal de Pearson es de 0,320, de igual manera no existió una correlación. Los valores de correlación deben ser superiores a 0.8 o inferiores -0.8. Por lo consiguiente tampoco existió una correlación con la Conductividad Eléctrica con el CIC

## CONCLUSIONES

- Se identificaron tres estratos principales en los suelos de las microcuencas de Atillo y Ozogoché, estos fueron Herbazal de Páramo, Herbazal Inundable y Cultivos, teniendo un porcentaje 45,40% de Cultivos, 44,34% de Herbazal Páramo y 10,26% Herbazal Inundable dando un total de 1919,8 ha dentro de Atillo, en Ozogoché los porcentajes casi fueron iguales con un 46,48% de Cultivos, 41,54% Herbazal de Páramo y 11,97% Herbazal Inundable dando en total 1973,6 ha, de los cuales se analizó que el Herbazal Inundable tiene valores diferentes de CIC que los dos estratos mencionados.
- Se evaluó que la variabilidad del CIC en la profundidad de 0-30 cm y de 30-60 cm, de forma que en la medición de pH su media total en Atillo fue de  $5,60 \pm 0,747$  mientras que en Ozogoché fue de  $5,98 \pm 0,495$ , de igual manera en Conductividad eléctrica las medias fueron  $29,2 \pm 19,3$  y  $39,2 \pm 25$  respectivamente, para la Materia Orgánica se obtuvieron valores de  $17,4 \pm 6,57$  y  $21,5 \pm 4,81$ , y para el CIC los valores fueron de  $6,84 \pm 3,16$  para Atillo y  $12,2 \pm 5,94$  para Ozogoché
- Se pudo valorar la variabilidad del CIC en la cual no se encontró valores que cambien significativamente en las profundidades ni estratos establecidos para este estudio tanto en la correlación del Ion Hidronio como del CIC, el único factor que mostro un cambio significativo fue el de la Ubicación en las dos correlaciones por lo que se determina que la mayor diferencia se encuentra en este factor
- Mediante los análisis fisicoquímicos realizados del total de las muestras analizadas tanto en Atillo y Ozogoché del Parque Nacional Sangay, se concluye que no existe una correlación entre el ion Hidronio en función del CIC, cabe recalcar que dentro de estas microcuencas se obtuvieron estos resultados. Sin embargo, se realizó además la correlación del CE con CIC y dio una mejor correlación de 0,320, sin embargo, sigue sin ser válida la correlación
- Se propone lo siguiente, que el Herbazal inundable es diferente y de suma importancia, dado que posee una mayor presencia de cationes y aniones, por lo tanto al tener más iones intercambiables es un mejor suelo para cultivo, consecuentemente, es el suelo que más está siendo explotado ya que se observó que las comunidades construyen canales para secarlo y poder utilizar su suelo, por ese motivo este estrato debe ser manejado de mejor manera, puesto que si se siguen secando estos suelos se transformarían en suelos de cultivo. Así mismo el Herbazal de Páramo tiene valores similares de CIC que el estrato de suelos de cultivos, debido a estos resultados se tendría que proponer un manejo responsable de todos los estratos por parte de Ministerio de Ambiente en estas zonas, ya que pertenecen al Parque Nacional Sangay para conservar la flora y fauna autóctona de los sectores estudiados.

## RECOMENDACIONES

- Dentro de esta investigación no se encontró diferencias significativas, en los factores “estrato” y “profundidad” por lo que se recomienda para próximas investigaciones hacer los muestreos a una sola profundidad.
- Se recomienda validar el método utilizado para la determinación de CIC, utilizando a más del acetato de amonio, otros compuestos extractores como el acetato de sodio y cloruro de amonio
- Este trabajo de titulación se centró en el CIC, sin embargo, se recomienda analizar el catión Aluminio ( $Al^{3+}$ ), amonio ( $NH_4^+$ ) e Hidrogeno ( $H^+$ ). Ya que estos ayudan a determinar el  $CIC_e$ , que establece mejor los valores de CIC en un valor definido de pH.
- Se sugiere desarrollar estudios complementarios y detallados de posibles parámetros que puedan alterar el CIC en los páramos andinos ecuatorianos; así como el lugar de estudio y rango altitudinal con el fin de generar alternativas de conservación sostenibles.
- Es importante que los resultados de esta investigación se integren a otras investigaciones similares de manera que se pueda fortalecer el conocimiento de la zona, para que los GAD de cada cantón y las comunidades aledañas conozcan los servicios ecosistémicos del Páramo con el fin de crear conciencia ambiental y promover una cultura de conservación de estos ecosistemas que son vitales para el desarrollo de la vida.
- Tal como se realizó en esta investigación es importante que cada vez que se tomen muestras en campo contar con los materiales correctos para evitar que se alteren las muestras en el lapso de recolectar, empacar y transportar, de igual manera trabajar cuidadosamente con las muestras de suelo y biomasa en el laboratorio al realizar sus análisis respectivos, para obtener mejores resultados del contenido de CIC.

## GLOSARIO

**Absorción:** es la capacidad que tiene un organismo o sustancia de adquirir energía o materia hacia su interior (Llambí et al., 2012).

**Adsorción:** es cuando los iones son adquiridos de la atmosfera del suelo o de la solución del suelo para luego retenerse en la superficie de las partículas de suelo (Llambí et al., 2012).

**Agregados:** es la combinación de partículas primarias como arena, limo y arcilla que se encuentran unidas.

**Arcilla:** partículas con diámetros inferiores a 0,002 milímetro, proporcionan porosidad, aireación y retención de agua y son una reserva de óxido de potasio, óxido de calcio e incluso nitrógeno (Llambí et al., 2012).

**Coloides:** son las fracciones de tamaño más fino del suelo (arcilla y materia orgánica), considerándose también como la parte más activa químicamente del suelo debido a su gran superficie y a la estructura química de los materiales implicados (Gavrilescu, 2014).

**Cultivo:** zonas con intervención agrícola.

**Cultivos de cobertura:** son cultivos que se intercalan o rotan con otras plantas, estos cultivos añaden materia orgánica al suelo y nitrógeno de una forma lenta que las plantas pueden manejar (Ochoa y Oyarzun, 2008).

**Densidad aparente:** es la magnitud de la masa de suelo seco por el volumen del cilindro que lo contiene (Llambí et al., 2012).

**Forrajes:** es alimento fundamental para la nutrición animal, dentro de este grupo están las plantas anuales, gramíneas, herbáceas cuya finalidad es aprovecharlo para alimentación del ganado (León, Bonifaz y Gutiérrez, 2021).

**Frontera agrícola:** Son áreas dedicadas a las actividades agrícolas, frontera con tierras cuya finalidad son de conservación (Álvarez y García, 2004).

**Humus:** materia orgánica descompuesta por organismos benéficos es de color oscuro que se encuentra en la parte superior del suelo (Rodríguez Dimas et al., 2008).

**Iones:** son átomos o partículas cargadas eléctricamente, no son neutros.

**Lixiviación:** es la pérdida de nutrientes vegetales solubles en agua del suelo, debido a la lluvia y al riego (González, Sadeghian y Arias, 2015).

**Material parental:** el material rocoso desintegrado generalmente no consolidado y sin cambios o solo ligeramente cambiado que subyace y generalmente da lugar al verdadero suelo por el proceso natural de desarrollo del suelo (Sacchi et al., 2015).

**Mineralización:** es cuando se forman sales minerales por medio de la transformación de material orgánico (Monsalve Óscar, Gutiérrez y Cardona, 2017).

**Servicios ecosistémicos:** es la variedad de beneficios que recibe la sociedad por la naturaleza.

**Sistemas agrícolas:** son ecosistemas agrícolas con distintas áreas de cultivos siendo la fuente principal de alimentación para población (Novillo et al., 2018).

## BIBLIOGRAFÍA

- ABREGO, F.**, 2012. *Capacidad De Intercambio Catiónico*. Calidad ambiental de suelos [en línea], pp. 1-25. Disponible en: [https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/\\_archivos//002012\\_Ronda 2012/000300\\_Lic. Fabio L. Abrego - UNNOBA/000300\\_Determinación de CIC.pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/_archivos//002012_Ronda 2012/000300_Lic. Fabio L. Abrego - UNNOBA/000300_Determinación de CIC.pdf).
- AGROFORESTERÍA**, 2011. *Absorción y Transporte de los Elementos Minerales en las Plantas / Agroforestería*. Información Web en Ciencia [en línea]. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en: <https://agroforesteria.wordpress.com/2011/05/14/absorcion-y-transporte-de-los-elementos-minerales-en-las-plantas/>.
- ALVARADO, S.**, 1999. *Determinación de un método para evaluar los requerimientos de cal en suelos ácidos de origen volcánico y no volcánico del Ecuador*. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- ÁLVAREZ, R. y GARCÍA, M.**, 2004. *Frontera agrícola*. S.l.: Instituto Nacional Forestal INAFOR.
- ARIZALA, S.**, 2018. *Estudio De Las Condiciones Ambientales Del Sistema Lacustre De Ozogoche, Parque Nacional Sangay, Previo a La Declaratoria Como Sitio Ramsar*. , pp. 113.
- AZCÁRATE, P., BAGLIONI, M., BRAMBILLA, E., FERNÁNDEZ, R., KLOSTER, N., NOELLEMEYER, E., OSTINELLI, M., PÉREZ, M., QUIROGA, A. y SAVIO, M.**, 2020. *La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos*. *Ámbito Investigativo* [en línea], vol. 3, no. 1, pp. 1-12. ISSN 2624893X. DOI 10.29312/remexca.v8i1.80. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ai/vol4/iss1/2/>.
- BARCELÓ, I.D., SOLÍS, H.E., GARCÍA, J., BERTHET, L.J., GARCÍA, M. y BELTRÁN, J.C.**, 2020. *aguas del río Lerma y de la presa José Antonio Alzate*. , vol. 6, no. 6, pp. 111-118.
- BERLEJUNG, J.M.**, 2017. *Efecto de enmienda sobre las propiedades físicas del suelo y restauración de caminos forestales desmantelados*. S.l.: Universidad Estatal de Colorado.

- BHARGAVARAMIREDDY, C. y SUBRAMANIAN, K.**, 2016. *Nano-cal para la remediación de la acidez del suelo: Síntesis y caracterización*. Avances actuales en ciencias agrícolas (una revista internacional), vol. 11, no. 1, pp. 51-57. ISSN 0975-2315. DOI 10.5958/2394-4471.2016.00009.5.
- BONILLA, J.**, 2016. *Plan de salvaguarda para el festival de los cuvivis en el complejo lacustrre Ozogoche, parque Nacional Sangay*. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- BROWN, J.**, 2019. *Suelos y propiedades físicas del suelo*. Propiedades de los suelos. S.l.: s.n., pp. 24.
- BUENO, R. y FERNÁNDEZ, J.**, 2019. *La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos*. *Ámbito Investigativo* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 7-12. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ai/vol4/iss1/2/>.
- CABALCETA, G.**, 1999. *Fertilización y Nutrición de forrajes de altura*. XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos [en línea]. S.l.: s.n., pp. 239-254. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_239.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_239.pdf).
- CALDERÓN, C., BAUTISTA, G. y 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, vol. 22, no. 2, pp. 141-157. ISSN 0121-3709. DOI 10.22579/20112629.524.
- CALLAHAM, M.A. y STANTURF, J.A.**, 2021. *Ecología del suelo y ciencia de la restauración*. [en línea]. S.l.: INC. ISBN 9780128131930. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-813193-0.00002-3>.
- CAMACHO, M.**, 2013. *Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. Revista Anales, vol. 1, no. 372, pp. 77-92. ISSN 1390-7891. DOI 10.29166/anales.v1i372.1241.
- CARDENAS, M.**, 2015. *Evaluación de calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comunidad monjas bajo, Parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe*. [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/UPS-QT07111.pdf>.

**CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE**, 2017. *COA* [en línea]. 2017. Ecuador: Registro Oficial Suplemento 983. Art. 101. ISBN 8909820179. Disponible en: [http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU\\_CODIGO\\_ORGANICO\\_ADMINISTRATIVO.pdf](http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf).

**CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**, 2008. *Const* [en línea]. 2008. Ecuador: Registro Oficial 449. Disponible en: <https://n9.cl/hd0q>.

**CONVENCIÓN RAMSAR**, 1987. *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas*. 1987. París: Modificada según el Protocolo de París, 3.12.1982 y las Enmiendas de Regina, 28.5.1987.

**CORDERO, A., CONTRERAS, J., CURASMA, J., TUNQUE, M. y ENRÍQUEZ, D.**, 2018. *Degradabilidad y estimación del consumo de forrajes y concentrados en alpacas (Vicugna pacos)*. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú [en línea], vol. 29, no. 2, pp. 429-437. [Consulta: 25 julio 2021]. ISSN 1609-9117. DOI 10.15381/RIVEP.V29I2.14484. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172018000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172018000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=pt).

**CRUZ-MACÍAS, W.O., RODRÍGUEZ-LARRAMENDI, L.A., SALAS-MARINA, M.Á., HERNÁNDEZ-GARCÍA, V., CAMPOS-SALDAÑA, R.A., CHÁVEZ-HERNÁNDEZ, M.H. y GORDILLO-CURIEL, A.**, 2020. *Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico sobre la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México*. Terra Latinoamericana, vol. 38, no. 3, pp. 475-480. ISSN 23958030. DOI 10.28940/terra.v38i3.506.

**DE MELO, W.J., DE MELO, G.M.P., DE MELO, V.P., DONHA, R.M.A. y DE LIMA DIAS DELARICA, D.**, 2018. *Dinámica del nitrógeno en suelos agrícolas modificados con lodos de depuradora* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128121290. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812128-3.00013-6>.

**ECHEVERRÍA, M., MUR, R.J., LINDAO, V. y ERAZO, N.**, 2018. *Cuantificación de carbono orgánico almacenado en el suelo del páramo de Igualata, provincia de Chimborazo-Ecuador* *Cuantificación de carbono orgánico almacenado en el suelo del páramo de Igualata, provincia de Chimborazo-Ecuador*. , vol. 020004, no. August.

**FAROOQI, Z.U.R., AYUB, M.A., ZIA UR REHMAN, M., SOHAIL, M.I., USMAN, M.,**

- KHALID, H. y NAZ, K.**, 2020. *Regulación del estrés por sequía en plantas*. [en línea]. S.l.: INC. ISBN 9780128182048. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818204-8.00004-7>.
- FLORES, R.**, 1971. *Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en algunos suelos ácidos de origen volcánicos*. S.l.: Intituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- FRANCELINO, M.R., BARBOSA, A.M., MOURA, P.A. y MOURA, T.A.**, 2015. *Secuencia de suelos de alta montaña en los Páramos del volcán Cotopaxi, Ecuador*. , vol. 17, pp. 14420.
- GAD PARROQUIAL CEBADAS**, 2021. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2012-2021*. 2021. Cebadas: s.n.
- GAD PARROQUIAL RURAL DE ACHUPALLAS**, 2019. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de achupallas 2015-2019*. , pp. 1-202.
- GAVRILESCU, M.**, 2014. *Transporte mediado por coloides y destino de los contaminantes en el suelo* [en línea]. S.l.: Elsevier B.V. ISBN 9780444632838. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63283-8.00017-X>.
- GISBERT, J., IBÁÑEZ, S. y MORENO, H.**, 2008. *La textura de un suelo*. Universidad Politécnica de Valencia [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 1-8. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>.
- GONZALEZ, H., SADEGHIAN, S. y ARIAS, E.**, 2015. *Lixiviación de nutrientes en suelos de la zona cafetera Prácticas que ayudan a reducirla*. S.l.: s.n. ISBN 9789588490168.
- GUEVARA, J.**, 2017. *Fundamentos para el estudio, identificación y determinación metodológica de la capacidad de intercambio catiónico una propuesta para suelos asociados al cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en el departamento del Valle del Cauca*. S.l.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- GURMESSA, B.**, 2020. *Desafíos de la acidez del suelo y la importancia del encalado y enmiendas orgánicas en tierras agrícolas tropicales con referencia a Etiopía*. Environment, Development and Sustainability, vol. 23, no. 1, pp. 77-99. ISSN 15732975. DOI 10.1007/s10668-020-00615-2.

- HENRY, P.**, 1997. *Relación entre porosidad, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico en sedimentos en cuña de Barbados*. Actas del programa de perforación oceánica, 156 resultados científicos, vol. 156, pp. 137-149. DOI 10.2973/odp.proc.sr.156.020.1997.
- HOORN, V. y ALPHEN, V.**, 1996. *Resultados de traducción Principios y aplicaciones de drenaje*. Gestión del agua agrícola, vol. 31, no. 3, pp. 533-600. ISSN 03783774. DOI 10.1016/0378-3774(96)84103-5.
- IGO, L.**, 2014. *Sólidos activos del suelo, arcilla y humus.* , pp. 1-15.
- INFOAGRO**, 2017. *Nutrientes presentes en el suelo - Revista Infoagro México*. Nutrientes del suelo [en línea]. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://mexico.infoagro.com/nutrientes-presentes-en-el-suelo/>.
- IPNI**, 2008a. *Carbonato de calcio*. Fuentes de Nutrientes Específicos, no. 18, pp. 30092.
- IPNI**, 2008b. *Cloruro de Potasio*. Principios activos, no. 03, pp. 30092.
- IPNI**, 2008c. *Yeso*. Fuentes de Nutrientes Específicos, no. 16, pp. 30092.
- JARAMILLO, D.**, 2002. *Introducción a la ciencia del suelo*. S.l.: Universidad Nacional de Colombia.
- JAT, M.L., BIJAY-SINGH, STIRLING, C.M., JAT, H.S., TETARWAL, J.P., JAT, R.K., SINGH, R., LOPEZ-RIDAURA, S. y SHIRSATH, P.B.**, 2018. *Procesos del suelo y cultivo de trigo en escenarios emergentes de cambio climático en el sur de Asia* [en línea]. 1. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128151792. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2017.11.006>.
- KETTERINGS, Q., REID, S. y RAO, R.**, 2016. *Capacidad de intercambio catiónico*. Métodos de análisis de suelos, parte 2: propiedades químicas y microbiológicas, pp. 1-2. DOI 10.2134/agronmonogr9.2.c6.
- LAL, R.**, 2004. *Impactos del secuestro de carbono en el suelo en el mundo*. Impactos del secuestro de carbono en el suelo sobre el cambio climático global y la seguridad alimentaria [en línea], vol. 1623, no. 2004. DOI 10.1126/science.1097396. Disponible en: [http://www.tinread.usarb.md:8888/jspui/bitstream/123456789/1067/1/soil\\_carbon.pdf](http://www.tinread.usarb.md:8888/jspui/bitstream/123456789/1067/1/soil_carbon.pdf).

- LANDIS, T.D., VIVEROS, E. y OESTE, R.**, 1990. *Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor. Volumen 2 Medios de Crecimiento*. Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor., vol. 2, pp. 41-89.
- LEE, M.A., DAVIS, A.P., CHAGUNDA, M.G.G. y MANNING, P.**, 2017. *La calidad del forraje disminuye con el aumento de las temperaturas, con implicaciones para la producción ganadera y las emisiones de metano*. Biogeosciences, vol. 14, no. 6, pp. 1403-1417. ISSN 17264189. DOI 10.5194/bg-14-1403-2017.
- LEMUS, R.**, 2020. *La importancia de los tipos de suelo en la producción de forrajes*. , vol. 13, no. 2, pp. 2-5.
- LEÓN, R., BONIFAZ, N. y GUTIÉRREZ, F.**, 2021. *PASTOS Y FORRAJES*. Universida. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. ISBN 9789978103180.
- LESIKAR, B., HALLMARK, C. y MELTON, R.**, 2005. *Procedimiento de análisis de partículas del suelo*. Sistemas de tratamiento de aguas residuales in situ: procedimiento de análisis de partículas de suelo Bruce [en línea], Disponible en: [https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87299/pdf\\_2082.pdf?sequence=1](https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87299/pdf_2082.pdf?sequence=1).
- LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, U. y G. de S.**, 2016. *Coceptos Básicos*. 2016. Ecuador: Oficio No. SAN-2016-1196.
- LLAMBÍ, L., SOTO, A., BORJA, P., OCHOA, B., CELLERI, R. y BIEVRE, B.**, 2012. *Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos* [en línea]. El Antebra. S.l.: s.n. ISBN 9789942115492. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56477.pdf>.
- LÓPEZ-VIGO, O., LAMELA-LÓPEZ, L., SÁNCHEZ-SANTANA, T., OLIVERA-CASTRO, Y., GARCÍA-LÓPEZ, R., HERRERA-VILLAFRANCA, M. y GONZÁLEZ-RONQUILLO, M.**, 2019. *Evaluación del valor nutricional de los forrajes en un sistema silvopastoril*. Pastos y Forrajes [en línea], vol. 42, no. 1, pp. 57-67. [Consulta: 25 julio 2021]. ISSN 0864-0394. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942019000100057](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100057).
- LOZANO, S., OLAZO, J., PÉREZ, M., CASTAÑEDA, E., DÍAZ, G. y SANTIAGO, G.**,

2020. *Infiltración y escurrimiento de agua en suelos de una cuenca en el sur de México*. Tierra Latinoamericana [en línea], vol. 38, pp. 57-66. [Consulta: 12 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/573/57363014007/html/>.

**MENA VÁSCONEZ, P., A. CASTILLO, S. FLORES, R. HOFSTEDE, C. JOSSE, S. LASSO, G. MEDINA, N. y ORTIZ, O. y D.**, 2011. *GTP. Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. [en línea], Abya-Yala. Disponible en: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/043\\_Mena et al. %28eds%29. 2011.Libro Páramo antología GTP FINAL preimprenta.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/043_Mena%20et%20al.%20eds%202011.Libro%20Páramo%20antología%20GTP%20FINAL%20preimprenta.pdf).

**MINISTERIO DEL AMBIENTE DE ECUADOR**, 2015. *Parque Nacional Sangay / Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. [en línea]. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/parque-nacional-sangay>.

**MONSALVE ÓSCAR, GUTIÉRREZ, J. y CARDONA, W.**, 2017. *Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo . Una revisión Factores involucrados en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando se agregan enmiendas orgánicas al suelo. Una r. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.*, vol. 11, no. 1, pp. 200-209.

**MORENO, H., BLANQUER, J. y IBÁÑEZ, S.**, 2010. *El color del suelo*. Universidad Politecnica de Valencia [en línea], vol. 31, pp. 1-10. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>.

**NADEEM, F., HANIF, M.A., MAJEED, M.I. y MUSHTAQ, Z.**, 2018. *Papel de los macronutrientes y micronutrientes en el crecimiento y desarrollo de las plantas y la prevención de enfermedades nocivas de las plantas: una revisión completa*. Ijcb [en línea], vol. 13, no. August 2019, pp. 31-52. Disponible en: [www.iscientific.org/Journal.html](http://www.iscientific.org/Journal.html).

**NOVILLO, I., CARRILLO, M., CARGUA, J., NABEL, V., ALBÁN, K. y MORALES, F.**, 2018. *Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador*. . S.l.:

**OCHOA, M. y OYARZUN, P.**, 2008. *Los cultivos de cobertura lo hacen todo*. revista de agroecología [en línea], pp. 1-40. [Consulta: 28 agosto 2021]. ISSN 1729-7419. Disponible en: <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-24-numero-2/1871-los-cultivos-de->

cobertura-lo-hacen-todo.

**PAYERAS, A.**, 2021. *Ácidos húmicos y ácidos fúlvicos*. Bonsai Menorca [en línea]. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/acidos-humicos-y-acidos-fulvicos/>.

**PEERZADA, A.M. y CHAUHAN, B.S.**, 2018. *Control térmico de malezas: historia, mecanismos e impactos* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128098813. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00002-4>.

**PÉREZ, F.**, 2017. *Fisiología Vegetal*. S.l.: Universidad Nacional de Ucayan.

**PEZO, D. y GARCIA, F.**, 2018. *Uso eficiente de fertilizantes en pasturas*. Boletín Técnico, CATIE, vol. 98, pp. 55.

**PODWOJEWSKI, P. y JEROME, P.**, 2015. *Los suelos de los paramos del Ecuador*. , no. January 2000.

**RODRÍGUEZ DIMAS, N., CANO RÍOS, P., FIGUEROA VIRAMONTES, U., PALOMO GIL, A., FAVELA CHÁVEZ, E., ÁLVAREZ REYNA, V.D.P., MÁRQUEZ HERNÁNDEZ, C. y MORENO RESÉNDEZ, A.**, 2008. *Producción de tomate en invernadero utilizando vermicompost como sustrato*. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 31, no. 3, pp. 265-272. ISSN 0187-7380. DOI 10.35196/rfm.2008.3.265.

**ROSALES, P., SPÍNOLA, G., MONTOYA, B., ROSALES, A.P., SPÍNOLA, A.G., MONTOYA, R.B., MARCELA, T. y MENDOZA, H.**, 2017. *Capacidad de intercambio catiónico : descripción del método n )\** Capacidad de intercambio catiónico: descripción de la plata Resumen. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 8, no. 2007-0934, pp. 171-177.

**SACCHI, G., CAMPITELLI, P., SORIA, P. y CEPPI, S.**, 2015. *Influencia de temperaturas de aquecimiento sobre as propiedades físicas e químicas de solos com diferente material parental e uso antrópico*. Revista Española de Ciencias del Suelo, vol. 5, no. 3, pp. 214-226. ISSN 22536574. DOI 10.3232/SJSS.2015.V5.N3.03.

**SADEGHIAN, S.**, 2016a. *La acidez del suelo una limitante común para la producción de café*. Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café, no. Tabla 1, pp. 1-12.

- SADEGHIAN, S.**, 2016b. *La acidez del suelo una limitante común para la producción de café*. Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café [en línea], no. Tabla 1, pp. 1-12. Disponible en: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/soil-acidity/>.
- SCHMIDT, S.B., JENSEN, P.E. y HUSTED, S.**, 2016. *Deficiencia de manganeso en plantas: el impacto en el fotosistema II*. Tendencias en la ciencia de las plantas [en línea], vol. 21, no. 7, pp. 622-632. ISSN 13601385. DOI 10.1016/j.tplants.2016.03.001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2016.03.001>.
- SIMÓN, M., PERALTA, N. y COSTA, J.**, 2013. *Suelo Y Nutrientes Relación entre la conductividad eléctrica aparente con el suelo*. [en línea], vol. 276, no. 7620, pp. 45-55. Disponible en: El manejo sitio-específico demanda la identificación de subregiones con características homogéneas (zonas de manejo).%5CnSin embargo, la determinación de zonas es dificultosa por las complejas relaciones y variabilidad espacial de las propiedades%5Cnde su.
- SORIANO, M.**, 2018. *PH DEL SUELO*. In *Suelos: Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio*. Suelos: Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio, vol. 1, pp. 1-10.
- SUÁREZ, D., ACURIO, C., CHIMBOLEMA, S. y AGUIRRE, X.**, 2016. *Análisis Del Carbono Secuestrado En Humedales Altoandinos De Dos Áreas Protegidas Del Ecuador*. Ecología Aplicada, vol. 15, no. 2, pp. 171. ISSN 1726-2216. DOI 10.21704/rea.v15i2.756.
- TOLEDO, M.**, 2016. *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras*. S.l.: s.n. ISBN 9789292486631.
- ÚBEDA RIVERA, J.S. y DELGADO DALLATORRE, Y.**, 2018. *La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura*. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, vol. 4, no. 7, pp. 889-896. ISSN 2410-7980. DOI 10.5377/ribcc.v4i7.6299.
- UNIVERSIDAD ESTATAL DE OREGON**, 2021. *Explique cómo los forrajes han sido y son esenciales para la civilización. | Sistema de información de forrajes | La Universidad Estatal de Oregon*. Información de los sistemas forrajeros [en línea]. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://forages.oregonstate.edu/nfgc/eo/onlineforagecurriculum/instructormaterials/availab>

letopics/introduction/essentialtocivilization.

**VALAGRO**, 2004. *Los microelementos en la nutrición vegetal*. Italia: s.n.

**VARMA, D., MEENA, R.S. y KUMAR, S.**, 2017. *Respuesta del frijol mungo a la fertilidad y los niveles de cal bajo la acidez del suelo en un sistema de cultivo en callejones de la región de Vindhyan, India*. Revista internacional de estudios químicos, vol. 5, no. 4, pp. 1558-1560. ISSN 1558-1560.

**VERA, J.**, 2020. *Principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas*. S.l.: Universidad Técnica de Babahoyo.

**VILCA, G. y PÉREZ, E.**, 2019. *Recuperación de suelos degradados en las parcelas agrícolas de la comunidad rancho chico, sector cochapamba, cantón Ibarra, provincia de Imbabura trabajo*. S.l.: Universidad Técnica del Norte.

**VINAY, J., ESQUEDA, V., TOSQUY, O., RÍOS, Á., ZETINA, R., DEL ANGEL, A., VÁZQUEZ, M. y PERDOMO, C.**, 2018. *Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático*. INIFAP,CP., Veracruz-México.: Medellín. ISBN 0420180206.

**WAN, W., TAN, J., WANG, Y., QIN, Y., HE, H., WU, H., ZUO, W. y HE, D.**, 2020. *Respuestas de la comunidad bacteriana de la rizosfera en suelos de cultivos ácidos al pH: cambios en la diversidad, composición, interacción y función*. Ciencia del Medio Ambiente Total [en línea], vol. 700, pp. 134418. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.134418. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134418>.

**WANG, C., LAI, Y. y ZHANG, M.**, 2017. *Estimación de la curva característica de congelación del suelo basada en la distribución del tamaño de los poros*. Ingeniería Térmica Aplicada [en línea], vol. 124, pp. 1049-1060. ISSN 13594311. DOI 10.1016/j.applthermaleng.2017.06.006. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.06.006>.

**WICK, A., BERTI, M., LAWLEY, Y. y LIEBIG, M.**, 2017. *Integración de cultivos de cobertura anuales y perennes para mejorar la salud del suelo* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc.

ISBN 9780128054017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-805317-1.00006-3>.

**YUNAN, D., XIANLIANG, Q. y XIAOCHEN, W.**, 2018. *Estudio sobre la capacidad de intercambio catiónico de suelos agrícolas*. Serie de conferencias IOP: Ciencia e ingeniería de materiales, vol. 392, no. 4. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/392/4/042039.

**ZARATE, J.**, 2008. *Proyecto de manejo de recursos naturales de chimborazo*. The American Mathematical Monthly, vol. 75, no. 4, pp. 407. ISSN 00029890. DOI 10.2307/2313446.

## ANEXOS

### ANEXO A: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS ATILLO

	
<p>Atillo - 3600 msnm</p>	<p>Atillo - 3400msnm</p>
	
<p>Atillo - 3700 msnm</p>	<p>Utilización de la pala hoyadora para remover el exceso de suelo</p>

**ANEXO B: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS OZOGOCHÉ**



Utilización de la oz para remoción de paja



Utilización de la pala hoyadora para remover el exceso de suelo



Ozogoche - 3700 msnm



Utilización de la pala para remover el exceso de suelo

**ANEXO C: ANÁLISIS EN LABORATORIO**

	
<p>Preparación de muestras para medición de pH</p>	<p>Peso de las muestras de suelo</p>
	
<p>Medición de Conductividad eléctrica</p>	<p>Colocación de crisoles en la mufla- Materia Orgánica</p>



Bomba de Succión y Kitasato para medición de CIC



Extracción de las muestras madre para la medición CIC



Espectrofotómetro de Absorción Atómica de llama



Medición de CIC

## ANEXO D: PROGRAMACIÓN PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICA ANOVA

```
### IMPORTAR DATOS DE EXCEL
AtiloOzogoche <- read_excel("C:/XXXXXXXX/XXXXXX/ANOVA.xlsx")

DatosSinOutliers <- read_excel("C:/XXXXXXXX/XXXXXX/DatosSinOutliers.xlsx", col_types
= c("numeric", "text", "text", "text", "text", "numeric", "numeric", "numeric", "numeric",
"text"), na = "NA")

### HIDRONIO
# Construcción del modelo ANOVA
modeloH <- aov(H ~ Ubicacion+Estrato+Profundidad, data = AtiloOzogoche)
par(mfrow=c(2,2))
plot(modeloH)
## Datos anomalos: 97/98/99
# Volvemos a construir el modelo

modeloH <- aov(H ~ Ubicacion+Estrato+Profundidad, data = DatosSinOutliers)
par(mfrow=c(2,2))
plot(modeloH)

summary(modeloH)
# Estrato se acepta la hipótesis nula (que no existen cambios entre los diferentes estratos)
# Profundidad, se acepta la hipótesis nula (que no existen cambios)
# UBICACIÓN, se rechaza la hipótesis nula, por lo que existen diferencias significativas
entre las muestras de Ozogoche y Atillo  $p < 0.05$ 

#####
# 1) Construimos el modelo
modeloCIC <- aov(CIC ~ Ubicacion+Profundidad+Estrato, data = AtiloOzogoche)
# 2) Revisamos independencia, outliers y normalidad
par(mfrow=c(2,2))
plot(modeloH)
# Eliminamos el 62 y 69
```

```

modeloCIC <- aov(CIC ~ Ubicacion+Estrato+Profundidad, data = DatosSinOutliers)
par(mfrow=c(2,2))
plot(modeloCIC)

summary(modeloCIC)
# Profundidad, se acepta la hipótesis nula (que no existen cambios)
# Estrato se acepta la hipótesis nula para un nivel de significancia del 0.05 /
# Pero con un nivel de significancia de 0.10, se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede
afirmar que existen pequeños cambios significativos entre los diferentes estratos p<0.10
# UBICACION, se rechaza la hipótesis nula, por lo que existen diferencias significativas
entre las muestras de Ozogoche y Atillo p<0.05

# Que estrato es diferente?
LSD.test(modeloCIC,"Estrato",console=T)
# Siendo el herbazal inundable diferente al herbazal de paramo y de cultivos/pasto.
# Y entre cultivos y pastos no existe diferencia significativa

```

## ANEXO E: PROGRAMACIÓN PARA LAS CORRELACIONES

```

library(readxl)

### IMPORTAR DATOS DE EXCEL
AtiloOzogoche <- read_excel("C:/XXXXXXXX/XXXXXX/ANOVA.xlsx")

DatosSinOutliers <- read_excel("C:/XXXXXXXX/XXXXXX/DatosSinOutliers.xlsx", col_types =
c("numeric", "text", "text", "text", "text", "numeric", "numeric", "numeric", "numeric", "text"),
na = "NA")

### HIDRONIO
# Construcción del modelo ANOVA
modeloH <- aov(H ~ Ubicacion+Estrato+Profundidad, data = AtiloOzogoche)
par(mfrow=c(2,2))
plot(modeloH)
## Datos anómalos: 97/98/99
# Volvemos a construir el modelo

modeloH <- aov(H ~ Ubicacion+Estrato+Profundidad, data = DatosSinOutliers)
par(mfrow=c(2,2))
plot(modeloH)

summary(modeloH)
# Estrato se acepta la hipótesis nula (que no existen cambios entre los diferentes estratos)

```

```
# Profundidad, se acepta la hipótesis nula (que no existen cambios)
# UBICACIÓN, se rechaza la hipótesis nula, por lo que existen diferencias significativas entre
las muestras de Ozogoche y Atillo  $p < 0.05$ 
```

```
#####
```

```
# 1) Construimos el modelo
modeloCIC <- aov(CIC ~ Ubicacion+Profundidad+Estrato, data = AtiloOzogoche)
# 2) Revisamos independencia, outliers y normalidad
par(mfrow=c(2,2))
plot(modeloH)
# Eliminamos el 62 y 69
modeloCIC <- aov(CIC ~ Ubicacion+Estrato+Profundidad, data = DatosSinOutliers)
par(mfrow=c(2,2))
plot(modeloCIC)
```

```
summary(modeloCIC)
```

```
# Profundidad, se acepta la hipótesis nula (que no existen cambios)
# Estrato se acepta la hipótesis nula para un nivel de significancia del 0.05 /
# Pero con un nivel de significancia de 0.10, se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede
afirmar que existen pequeños cambios significativos entre los diferentes estratos  $p < 0.10$ 
# UBICACIÓN, se rechaza la hipótesis nula, por lo que existen diferencias significativas entre
las muestras de Ozogoche y Atillo  $p < 0.05$ 
```

```
# Qué estrato es diferente?
```

```
LSD.test(modeloCIC,"Estrato",console=T)
```

```
# Siendo el herbazal inundable diferente al herbazal de páramo y de cultivos/pasto.
```

```
# Y entre cultivos y pastos no existe diferencia significativa
```

```
##### CORRELACIÓN
```

```
plot(AtiloOzogoche$H,AtiloOzogoche$CIC)
```

```
cor(AtiloOzogoche$H,AtiloOzogoche$CIC)
```

```
## Quitar datos anómalos (2.25 )
```

```
CIC_H_correlacion <- read_excel("E:/XXXXXX/CORRELACION.xlsx")
```

```
# Graficamos
```

```
plot(CIC_H_correlacion$H,CIC_H_correlacion$CIC)
```

```
# Análisis de correlación de pearson
```

```
cor(CIC_H_correlacion$H,CIC_H_correlacion$CIC)
```

```
# Construcción del modelo lineal
```

```
modelo <- lm(CIC_H_correlacion$CIC~CIC_H_correlacion$H)
```

```
summary(modelo)
```

```
modeloLineal_CIC_CE <- lm(BaseDatos$CIC ~ BaseDatos$CONDELEC)
```

```
plot(BaseDatos$CIC ~ BaseDatos$CONDELEC)
```

```
abline(modeloLineal_CIC_CE, col="red")
```

```
cor(BaseDatos$CIC, BaseDatos$CONDELEC,use = "complete.obs")
```

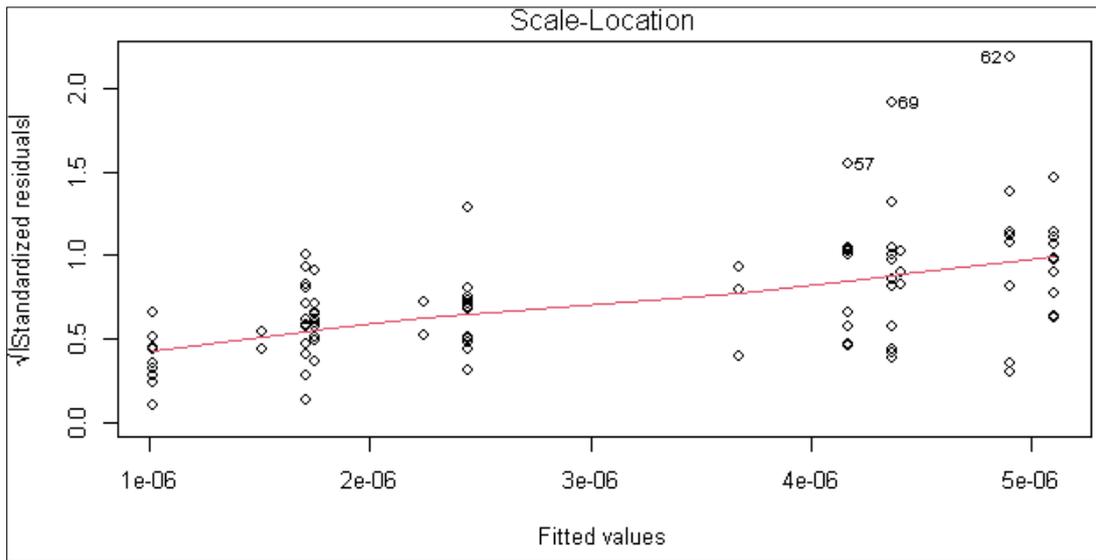
```
outlierEliminar <- boxplot(BaseDatos$CIC, plot=F)$out
```

```
DatosSinOutlier <- BaseDatos[-which(BaseDatos$CIC %in% outlierEliminar),]
```

```
outlierEliminar <- boxplot(BaseDatos$CONDELEC, plot=F)$out
DatosSinOutlier <- DatosSinOutlier[-which(DatosSinOutlier$CONDELEC %in%
outlierEliminar),]

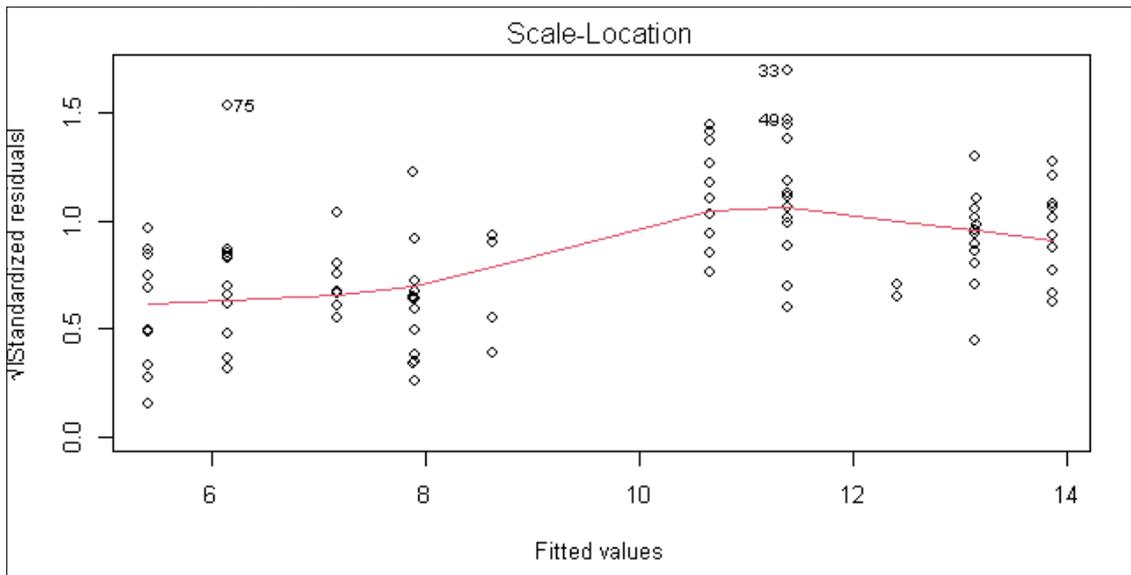
modeloLineal_CIC_CE <- lm(DatosSinOutlier$CIC ~ DatosSinOutlier$CONDELEC)
plot(DatosSinOutlier$CIC ~ DatosSinOutlier$CONDELEC)
abline(modeloLineal_CIC_CE, col="red")
cor(DatosSinOutlier$CIC, DatosSinOutlier$CONDELEC, use = "complete.obs")
```

**ANEXO F: INDEPENDENCIA SEGÚN EL GRÁFICO DE RESIDUOS ESTANDARIZADOS DEL IÓN HIDRONIO**



**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

**ANEXO G: INDEPENDENCIA SEGÚN EL GRÁFICO DE RESIDUOS ESTANDARIZADOS DE LA CIC**



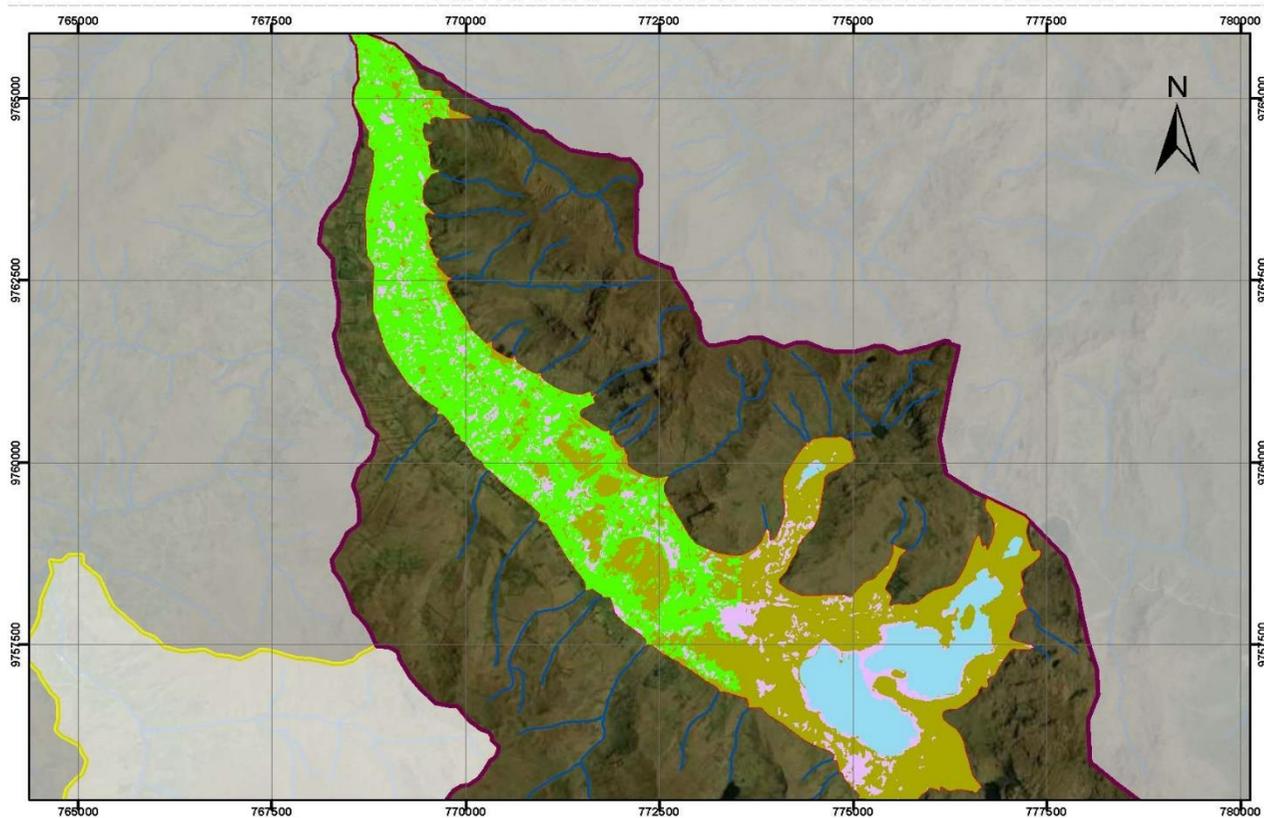
**Realizado por:** Venlasaga, G., Flores,G.2021.

## ANEXO H: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



# ANEXO I: IDENTIFICACIÓN DE ESTRATOS – ZONA PERIGRACIAL ATILLO

## ESTRATOS - ZONA PERIGLACIAL DE ATILLO



LEYENDA	
<b>ZONA DE ESTUDIO</b>	
	Microcuenca del Río Atillo
	Zona Periglacial
<b>ESTRATOS</b>	
	Cultivos y Pastos
	Hebazal de Páramo
	Cuerpos de Agua
	Herbazal Inundable

SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Ríos

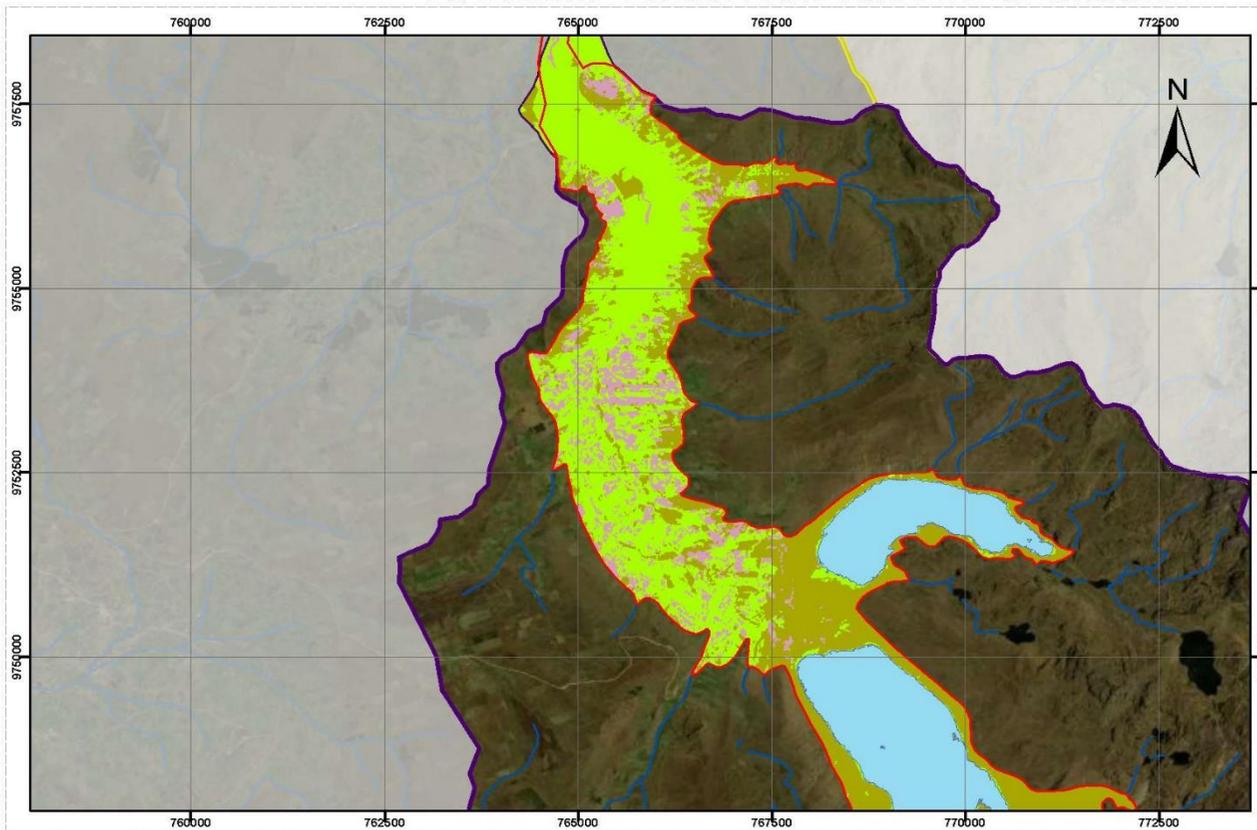
MAPA DE UBICACIÓN

NOTAS
<b>DATOS DE GEORREFERENCIACIÓN Y ESCALA</b>
Proyección: Universal Transversal de Mercator
Datum horizontal: WGS84
Referencia de cotas: Nivel medio de mar
Zona de referencia: 17 Sur
<b>ESCALA DE IMPRESIÓN</b>
1:75.000
<b>ESCALA GRÁFICA</b>

<b>INFLUENCIA DE LA ACIDEZ DEL SUELO EN LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (BASES) • CÍJ) DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATILLO Y OZOGOCHÉ, DEL PARQUE NACIONAL SANGAY</b>		
<b>Título del Mapa:</b> 03-A Identificación de los Estratos en la Zona Periglacial de Atillo		
<b>Sobre la base de:</b> * Ríos / Lagos: Instituto Geográfico Militar 1:50000 * Subcuencas Hidrográficas: SENAGUA 1:50000 * Levantamiento de información: GIDAC 1:10000		
<b>Elaboración:</b> Gabriel Flores M., Gissela Venlasaga P.		
<b>Fecha:</b> 2021 / 09 / 01	<b>Escala de Trabajo:</b> 1:5.000 / 1:50.000	<b>Escala de Impresión:</b> 1:75.000

# ANEXO J: IDENTIFICACIÓN DE ESTRATOS – ZONA PERIGRACIAL OZOGOCHÉ

## ESTRATOS - ZONA PERIGRACIAL DE OZOGOCHÉ



LEYENDA	
<b>ZONA DE ESTUDIO</b>	
	Microcuenca del Río Ozogoché
	Zona Periglacial
<b>ESTRATO</b>	
	Cultivos y Pastos
	Herbazal de Páramo
	Cuerpos de Agua
	Herbazal Inundable

SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Ríos

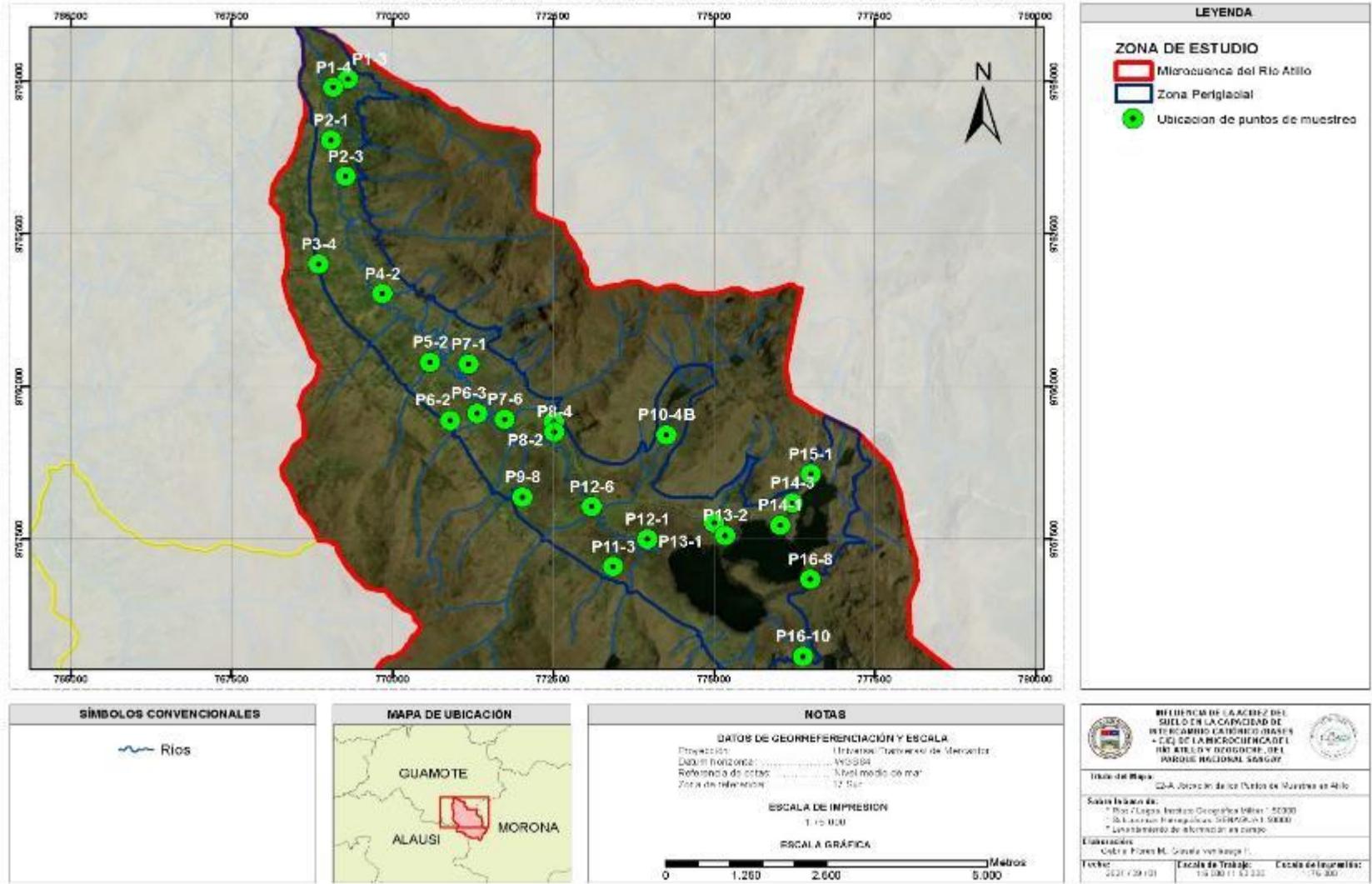
MAPA DE UBICACIÓN

NOTAS
<b>DATOS DE GEORREFERENCIACIÓN Y ESCALA</b>
Proyección: Universal Transversal de Mercator
Datum horizontal: WGS84
Referencia de cotas: Nivel medio de mar
Zona de referencia: 17 Sur
<b>ESCALA DE IMPRESIÓN</b>
1:75 000
<b>ESCALA GRÁFICA</b>

<b>INFLUENCIA DE LA ACIDEZ DEL SUELO EN LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (EASES + CIC) DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATILLO Y OZOGOCHÉ, DEL PARQUE NACIONAL SANGAY</b>		
<b>Título del Mapa:</b> 03_Z Identificación de los Estratos de la Zona Periglacial de Ozogoché		
<b>Sobre la base de:</b> * Ríos / Lagos. Instituto Geográfico Militar 1:50000 * Subcuencas Hidrográficas. SENAGUA 1:50000 * Levantamiento de información en campo		
<b>Elaboración:</b> Gabriel Flores M.; Gisela Venlasaga P.		
<b>Fecha:</b> 2021 / 09 / 11	<b>Escala de Trabajo:</b> 1:5 000 / 1:50 000	<b>Escala de Impresión:</b> 1:75 000

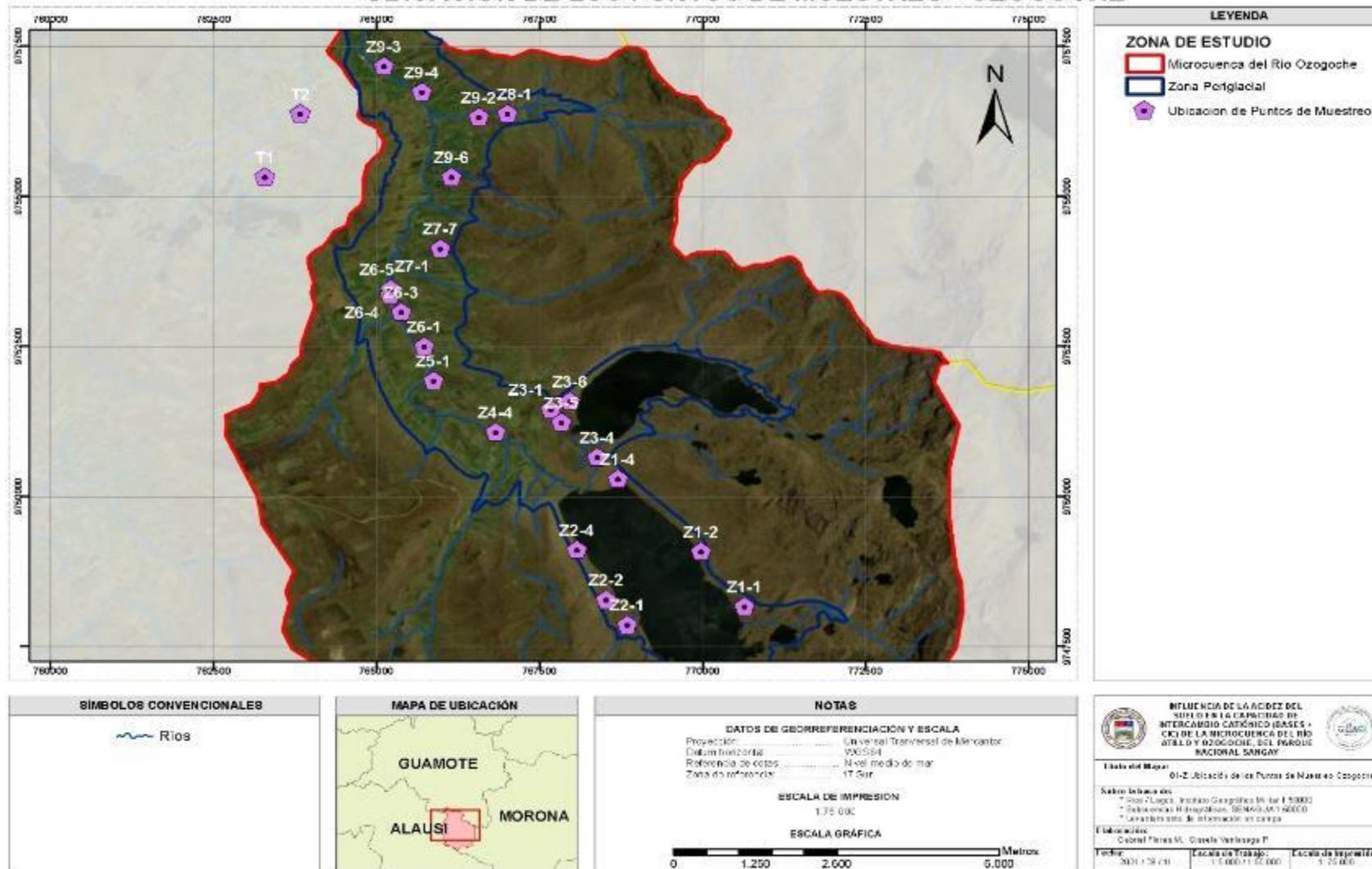
ANEXO K: UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO - ATILLO

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO - ATILLO



# ANEXO L: UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO - OZOGOCHE

## UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO - OZOGOCHE



SÍMBOLOS CONVENCIONALES
Ríos

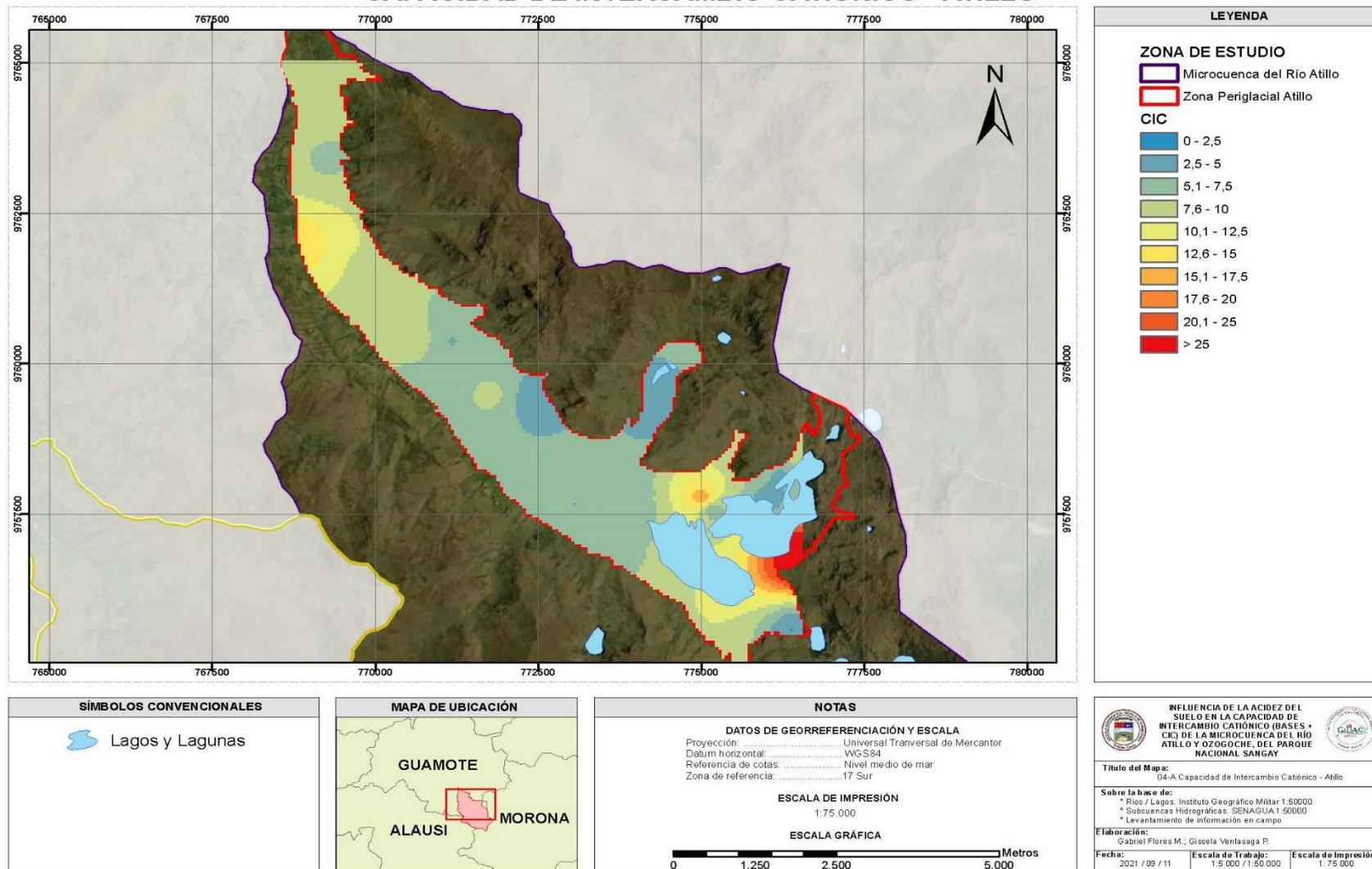
MAPA DE UBICACIÓN
<p>GUAMOTE</p> <p>ALASI MORONA</p>

NOTAS
<b>DATOS DE GEORREFERENCIACIÓN Y ESCALA</b>
Proyección: Universal Transversal de Mercator
Datum horizontal: WGS84
Referencia de cotas: Nivel medio de mar
Zona de referencia: 17 Sur
<b>ESCALA DE IMPRESIÓN</b>
1:75 000
<b>ESCALA GRÁFICA</b>

<b>INFLUENCIA DE LA ACIDEZ DEL SUELO EN LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (BASES) DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATALLO Y OZOGOCHÉ, DEL PARQUE NACIONAL SANGAY</b>		
<b>Título del Mapa:</b> 01-Z Ubicación de los Puntos de Muestreo Ozogoché		
<b>Ámbito de la obra:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dpto. Loja, Instituto Geográfico Militar 1:50000</li> <li>• Subsección Hidrográfica, SENAGUAT 1:40000</li> <li>• Levantamiento de información en campo</li> </ul>		
<b>Elaboración:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gabriel Flores V., Gisela Vintimilla P.</li> </ul>		
<b>Fecha:</b> 2021-02-14	<b>Escala de Trabajo:</b> 1:5000-1:25000	<b>Escala de Impresión:</b> 1:75000

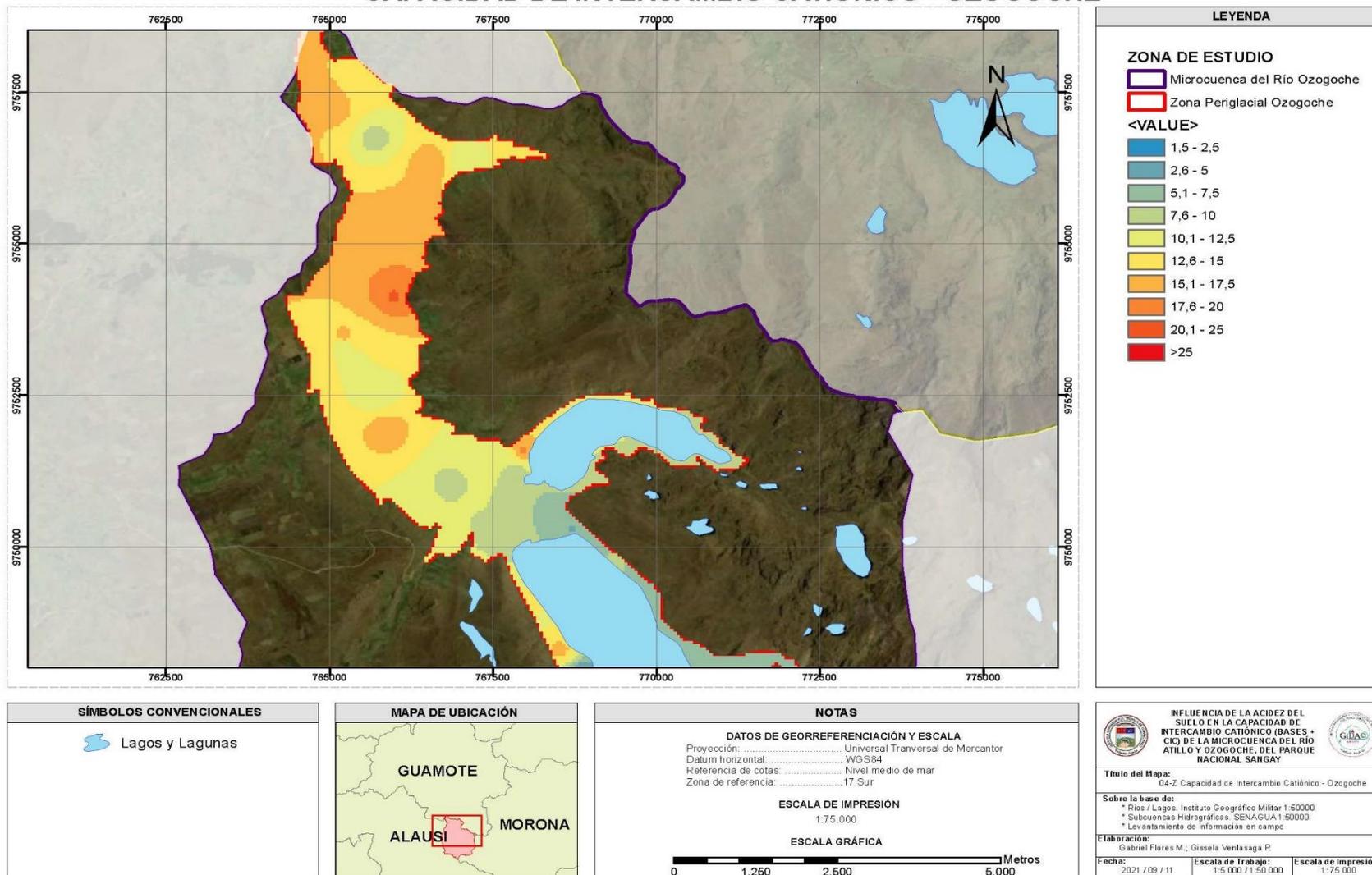
# ANEXO M:CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO - ATILLO

## CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO - ATILLO



ANEXO N: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO - OZOGOCHE

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO - OZOGOCHE





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

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

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

**Fecha de entrega:** 05 / 01 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Gabriel Jossue Flores Miranda</i>  <i>Gissela Isabel Venlasaga Pisco</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO  
FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,  
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,  
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,  
serialNumber=0000621485,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2022.01.05 09:28:59 -05'00'



2177-DBRA-UTP-2021