



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**VARIABILIDAD DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO
CATIÓNICO EN LOS ECOSISTEMAS DE LA ZONA
NOROCCIDENTAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORAS:

ELIANA ISABEL CEVALLOS JIMÉNEZ

SOFÍA VERÓNICA MACÍAS ZAMORA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**VARIABILIDAD DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO
CATIÓNICO EN LOS ECOSISTEMAS DE LA ZONA
NOROCCIDENTAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORAS: ELIANA ISABEL CEVALLOS JIMÉNEZ

SOFÍA VERÓNICA MACÍAS ZAMORA

DIRECTOR: Ing. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS, MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Eliana Isabel Cevallos Jiménez & Sofia Verónica Macias Zamora**

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

Nosotras, ELIANA ISABEL CEVALLOS JIMÉNEZ y SOFÍA VERÓNICA MACÍAS ZAMORA, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras 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, 24 de noviembre de 2022.



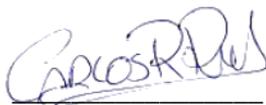
Eliana Isabel Cevallos Jiménez
CI: 172604769-7



Sofía Verónica Macías Zamora
CI: 230015039-4

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, **VARIABILIDAD DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN LOS ECOSISTEMAS DE LA ZONA NOROCCIDENTAL DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES**, realizado por las señoritas: **ELIANA ISABEL CEVALLOS JIMÉNEZ** y **SOFÍA VERÓNICA MACÍAS ZAMORA**, 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.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Alexandra Procel Silva, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-24
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-11-24
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo, MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-11-24

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios, ya que gracias a su sabiduría y misericordia he logrado concluir con éxito mi carrera universitaria, a la Santísima Virgen del Quinche por su intercesión y los favores recibidos. A mi madre Sonia y a mi hermana Jenny, por ser mi pilar fundamental, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes, quienes me apoyaron incondicionalmente en todo momento brindándome su amor, confianza y sacrificio. A Galo Andrés por su compañía y paciencia a lo largo de este camino, a mis sobrinos Myckel, Carlita y Alexia por ser el motivo de un mañana mejor a su lado, a mis familiares, compañeros y amigos quienes compartieron alegrías, tristezas y estuvieron a mi lado apoyándome para que este sueño se haga realidad.

Eliana

Dedico este proyecto de investigación a Dios por haberme dado la sabiduría para culminarlo con éxito, a mis padres Jorge Macias y Verónica Zamora por haberme brindado su apoyo incondicional e integral y ser mi mayor motivación e inspiración y mostrarme el camino hacia la superación, a mis hermanos por sacarme una sonrisa en el momento más oportuno, a mis abuelitos paternos y maternos por sus sabios consejos, oraciones y bendiciones, a mis tíos que siempre han estado pendientes de mi crecimiento personal y profesional y a mis amigas que han sido la familia que me dio la politécnica, y porque no a mí, me agradezco por no haberme abandonado ni rendido incluso cuando parecía no poder más, por mi esfuerzo, tiempo y conocimiento dedicado en cada página y en cada semestre durante mi formación.

Sofía

AGRADECIMIENTO

A Dios por siempre habernos guiado por un buen camino y brindarnos su protección durante todo nuestro recorrido estudiantil y permitirnos con su bendición concluir esta etapa.

A nuestros padres Sonia Jiménez, Jorge Macías y Verónica Zamora por todo el apoyo y sacrificio incondicional que nos supieron brindar en cada etapa de nuestras vidas, gracias por el ejemplo de perseverancia, bondad y superación, por enseñarnos a ser fuertes y ser nuestro motor principal de motivación, para lograr nuestros sueños y alcanzar todas nuestras metas.

Reiterar nuestro agradecimiento al Ing. Andrés Beltrán Dávalos, quien nos impartió valiosos conocimientos en las aulas como catedrático y como tutor en nuestro trabajo de titulación, y como sus teístas no llena de orgullo y satisfacción haber contado con su apoyo, comprensión, paciencia y amistad ofrecidos durante todo el arduo período de ejecución del proyecto, siendo uno ejemplo de profesionalismo y calidad humana.

También agradecer al Ing. Freddy Armijos Técnico del laboratorio de Investigación GIDAC, quién con sus conocimientos guio y coordinó el trabajo de campo, de igual manera al Ing. Luis Patiño por su apoyo en los muestreos. Al Dr. Mauricio Álvarez Técnico de Laboratorio de Análisis Instrumental quién incondicionalmente nos apoyó durante todo el proceso de Análisis en Espectrofotometría de AA.

A todos nuestros familiares quienes de una u otra forma nos apoyaron y contribuyeron en nuestra formación y ejecución del proyecto de investigación.

A nuestros queridos amigos, quienes han formado parte de nuestra carrera universitaria, siendo incondicionales, hospitalarios y por habernos brindado su amistad sincera en todo este tiempo.

Eliana & Sofía

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas.....	5
1.2.1. <i>El suelo</i>.....	5
1.2.2. <i>Uso de suelo en el Ecuador</i>.....	6
1.2.3. <i>Suelos en los páramos del Ecuador</i>.....	7
1.2.4. <i>Tipo de suelo del complejo Llanganati</i>.....	8
1.2.5. <i>Factores formadores del suelo</i>.....	8
1.2.5.1. <i>Organismos</i>.....	8
1.2.5.2. <i>Clima</i>.....	9
1.2.5.3. <i>Material parental</i>.....	9
1.2.5.4. <i>Relieve</i>.....	9
1.2.5.5. <i>Tiempo</i>.....	9
1.2.6. <i>Propiedades físicas de los suelos</i>.....	9
1.2.6.1. <i>Densidad aparente</i>.....	9
1.2.6.2. <i>Textura</i>.....	10
1.2.6.3. <i>Estructura</i>.....	10
1.2.6.4. <i>Color</i>.....	10
1.2.7. <i>Propiedades químicas de los suelos</i>.....	11
1.2.7.1. <i>El pH</i>.....	11
1.2.7.2. <i>Capacidad de intercambio catiónico</i>.....	11
1.2.7.3. <i>Importancia de la capacidad de intercambio catiónico en la agricultura</i>.....	13
1.2.8. <i>Materia orgánica</i>.....	13
1.2.9. <i>Macro y micronutrientes</i>.....	13

1.2.9.1.	<i>Los macronutrientes</i>	14
1.2.9.2.	<i>Micronutrientes</i>	15
1.2.10.	<i>Comportamiento del aluminio en el suelo</i>	16
1.2.11.	<i>Degradación del suelo</i>	17
1.2.11.1.	<i>Degradación del suelo en el Ecuador</i>	17
1.2.12.	<i>Páramo</i>	18
1.2.12.1.	<i>Los páramos en el Ecuador</i>	18
1.2.12.2.	<i>Conservación de los páramos en el Ecuador</i>	20
1.2.13.	<i>Humedales</i>	20
1.2.13.1.	<i>Clasificación de los humedales por la Convención Ramsar</i>	21
1.2.13.2.	<i>Uso racional de los humedales</i>	22
1.2.13.3.	<i>Características de los humedales</i>	22
1.2.14.	<i>Parque Nacional Llanganates</i>	22
1.2.15.	<i>Clima</i>	23
1.2.15.1.	<i>Laguna de Pisayambo</i>	23
1.2.15.2.	<i>Laguna de Antejos</i>	24
1.2.16.	<i>Cobertura vegetal en las zonas Pansarumi y Sunfopamba</i>	25
1.2.17.	<i>Métodos instrumentales</i>	25
1.2.17.1.	<i>Espectrofotometría de absorción</i>	25
1.2.17.2.	<i>Espectrofotometría de absorción atómica (AAS)</i>	26
1.2.18.	<i>Instrumentación</i>	26
1.2.18.1.	<i>Fuente de radiación</i>	26
1.2.18.2.	<i>Atomizador</i>	27
1.2.18.3.	<i>Monocromador</i>	27
1.2.18.4.	<i>Detector</i>	27
1.3.	<i>Bases legales</i>	28
1.3.1.	<i>Constitución de la república del Ecuador</i>	28
1.3.2.	<i>Código Orgánico del Ambiente</i>	29
1.3.3.	<i>Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad</i>	29

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	30
2.1.	Área de estudio	30
2.1.1.	<i>Ubicación geográfica</i>	31
2.2.	Características biofísicas	31
2.2.1.	<i>Clima</i>	31

2.2.2.	<i>Temperatura</i>	32
2.2.3.	<i>Hidrología</i>	32
2.2.4.	<i>Geología y geomorfología</i>	32
2.3.	Tipo y diseño de investigación	33
2.3.1.	<i>Tipo de investigación</i>	33
2.3.2.	<i>Según el enfoque de estudio</i>	33
2.3.3.	<i>Alcance de la investigación</i>	34
2.4.	Población	34
2.5.	Muestra	34
2.5.1.	<i>Diseño experimental</i>	34
2.5.1.1.	<i>Selección de los puntos de muestreo</i>	34
2.6.	Muestreo	36
2.6.1.	<i>Codificación y etiquetado de muestras</i>	36
2.6.2.	<i>Toma de muestras en campo</i>	37
2.6.3.	<i>Conservación de las muestras</i>	37
2.6.4.	<i>Almacenamiento de las muestras</i>	37
2.7.	Materiales, Equipos y Reactivos	38
2.7.1.	<i>Materiales</i>	38
2.7.2.	<i>Equipos</i>	39
2.7.3.	<i>Reactivos</i>	39
2.7.4.	<i>Preparación de los estándares</i>	39
2.7.5.	<i>Preparación de las muestras</i>	40
2.7.6.	<i>Determinación de los cationes intercambiables Na, K, Mg y Ca+</i>	41
2.7.7.	<i>Determinación de Aluminio</i>	42
2.8.	Capacidad de intercambio catiónico	43
2.9.	Uso de IDW de ArcGIS	43
2.10.	Hipótesis de investigación	43
2.10.1.	<i>Variables</i>	43
2.10.1.1.	<i>Análisis descriptivo de las variables de estudio</i>	44

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1.	Análisis Descriptivo	46

CONCLUSIONES	53
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	54
------------------------------	----

GLOSARIO
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Niveles de textura del suelo.....	10
Tabla 2-1: Niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico en los elementos Ca, Mg, Na, K	12
Tabla 3-1: Niveles de disponibilidad de CIC.....	12
Tabla 4-1: Relación entre la textura de los suelos y su capacidad de intercambio catiónico...	13
Tabla 5-1: Niveles de disponibilidad de la Materia Orgánica.....	13
Tabla 6-1: Pisos altitudinales de los Páramos de Ecuador.....	19
Tabla 1-2: Coordenadas geográficas del PNL.....	31
Tabla 2-2: Tipos de Cimas en el PNL.....	31
Tabla 3-2: Formaciones geológicas del PNL.....	33
Tabla 4-2: Población de Estudio.....	34
Tabla 5-2: Coordenadas de los Puntos de Muestreo.....	35
Tabla 6-2: Variables de estudio.....	43
Tabla 7-2: Resumen estadístico CIC.....	44
Tabla 8-2: Prueba de Kruskal-Wallis para CIC por Ubicación ecosistema.....	45
Tabla 1-3: Análisis PNL.....	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Ordenes de suelos del Ecuador.....	6
Ilustración 2-1:	Porcentaje de participación en el uso de suelo de Ecuador	7
Ilustración 3-1:	Escala de pH.....	11
Ilustración 4-1:	Zonas vulnerables a desertificación y degradación.....	18
Ilustración 5-1:	Páramos; Clima, flora, fauna.....	19
Ilustración 6-1:	Humedales Ramsar.....	21
Ilustración 7-1:	El Parque Nacional Llanganates.....	23
Ilustración 8-1:	Laguna de Pisayambo.....	24
Ilustración 9-1:	Laguna de Anteojos.....	24
Ilustración 10-1:	Equipo de Espectrometría de Absorción Atómica ESPOCH.....	28
Ilustración 1-2:	Mapa del área de estudio, zona noroccidental del PNL	30
Ilustración 2-2:	Mapa de distribución de los puntos de muestreo.	36
Ilustración 3-2:	Preparación del suelo	40
Ilustración 4-2:	Proceso de intercambiable.....	41
Ilustración 5-2:	Determinación de aluminio	42
Ilustración 1-3:	Resultados de Sodio	47
Ilustración 2-3:	Resultados de Potasio.....	48
Ilustración 3-3:	Resultados de Calcio	48
Ilustración 4-3:	Resultados de Magnesio.....	49
Ilustración 5-3:	Resultados de Hidrógeno	50
Ilustración 6-3:	Resultados de Aluminio	50
Ilustración 7-3:	Capacidad de Intercambio Catiónico en la zona noroccidental del PNL	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: VISITA A LA ZONA DE ESTUDIO

ANEXO B: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, ROTULADO Y ETIQUETADO

ANEXO C: PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN EXTRACTORA ACETATO DE AMONIO
(CH₃COONH₄) Y FILTRACIÓN DE MUESTRAS

ANEXO D: PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN

ANEXO E: ANÁLISIS DE MUESTRAS Y REGISTRO DE RESULTADOS POR
ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

ANEXO F: DETERMINACIÓN DE ALUMINIO USANDO PALINTEST WATER
ANALYSIS TECHNOLOGIES

ANEXO G: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CATION SODIO

ANEXO H: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CATION POTASIO

ANEXO I: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CATION CALCIO

ANEXO J: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CATION MAGNESIO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
CICE	Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva.
HIP	Herbazal Inundable del Páramo
HDP	Herbazal del Páramo
TAGP	Tierra Agropecuaria
PNL	Parque Nacional Llanganates
MO	Materia Orgánica
pH	Potencial de hidrógeno
C	Carbono
Ca	Calcio
CH₃COONH₄	Acetato de Amonio
Fe	Hierro
H	Hidrógeno
K	Potasio
Mg	Magnesio
Na	Sodio
GIDAC	Grupo de Investigación Desarrollo para el Ambiente y Cambio climático
SENPLADES	Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo

RESUMEN

Este estudio tuvo por objetivo evaluar la variabilidad de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los ecosistemas de la zona noroccidental del Parque Nacional Llanganates (PNL), aplicando un muestreo no probabilístico por conveniencia se tomaron en cuenta 19 y 23 puntos de muestreo en Panzarumi y Sunfopamba respectivamente, donde se recolectaron muestras de 1 kg de suelo a profundidades de 30 y 60 centímetros, posteriormente se aplicó el método del Acetato de amonio y, se extrajeron los cationes intercambiables de sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{++}), y magnesio (Mg^{++}), el procedimiento consistió en tomar 5 g de muestra seca y tamizada, que se mezcló con 25 mL de acetato de amonio 1M agitando vigorosamente, luego se dejó reposar por 24 horas y se filtró al vacío, después se aforó la solución filtrada hasta 100 ml con agua ultra pura, obteniéndose una muestra lista para analizar en el espectrofotómetro de absorción atómica; por otro lado, la concentración de aluminio (Al^{+++}) se determinó mediante el método de pruebas rápidas de Palintest, mientras que los iones hidronio (H^+) se obtuvieron a partir del pH. Los resultados obtenidos evidenciaron que la CIC alcanzó concentraciones de hasta 47 meq/100 g de suelo en el ecosistema Herbazal de páramo de Panzarumi, lo que demostró una disponibilidad muy alta de acuerdo con la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), mientras que en Sunfopamba, en el mismo ecosistema mostró máximo 16 meq/100 g de suelo. Por lo tanto, se concluyó que el estado de conservación en Panzarumi es mayor que en Sunfopamba debido a la notable variación de CIC, de modo que, se recomienda aplicar el estudio en toda el área protegida y durante las dos estaciones climáticas para determinar cómo esto influye en los demás ecosistemas y la calidad del suelo.

Palabras clave: <PARQUE NACIONAL LLANGANATES (PNL)>, <SODIO (Na)>, <POTASIO (K)>, <CALCIO (Ca)>, <MAGNESIO (Mg)>, <CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CIC)>, <SUELO >.



0138-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The aim of this research was to evaluate the variability of the cation exchange capacity (CEC) in the ecosystems located in the northwest area of the Llanganates National Park (PNL), applying a non-probabilistic convenience sampling, 19 and 23 sampling points in Panzarumi and Sunfopamba were respectively considered, where 1-kilogram soil samples were collected at 30 and 60 centimeters in depth, then the ammonium acetate method was applied, and the sodium exchangeable cations (Na^+), potassium (K^+), calcium (Ca^{++}), and magnesium (Mg^+) and magnesium (Mn^+) were extracted, the procedure consisted on collecting 5 g of dry and sieved sample, which was mixed with 25 mL of IM ammonium acetate, this mixture was vigorously shaken, Then the filtered solution was stabilized during 24 hours for its vacuum filtration. The filtered solution was volumetrically diluted to 100 mL by using ultrapure water, this allowed obtaining a sample which was ready for its analysis in the atomic absorption spectrophotometer. On the other hand, the aluminum concentration (Al^{++}) was determined with the use of Palintest rapid test method, while the hydronium ions (H^+) were obtained from the pH. The results obtained showed that the CEC reached concentrations up to 47 meq/100 g of soil in the Panzarumi paramo grassland ecosystem, this result reflected a very high availability of aluminum according to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), while in Sunfopamba, the same ecosystem, revealed a maximum of 16 meq/100 g of soil. Thus, it was concluded that the conservation status in Panzarumi is higher than the one in Sunfopamba due to the remarkable variation of the CEC, so it is recommended to implement the study throughout the protected area, during the dry and rainy seasons to determine its influence on other ecosystems as well as the soil quality.

Keywords: <LLANGANATES NATIONAL PARK (LNP)>, <SODIUM (Na)>, <POTASSIUM (K)>, <CALCIUM (Ca)>, <MAGNESIUM (Mg)>, <CATIONIC EXCHANGE CAPACITY (CEC)>, <SOIL>.



Lic. Paul Rolando Armas Pesántez, Mgs.

C.I. 060328987-7

INTRODUCCIÓN

Problemática

La zona noroccidental del Parque Nacional Llanganates cuenta con una amplia extensión de páramos y lagunas desde los 1200 msnm hasta los 4638 msnm, que forman parte del complejo Llanganati declarado como sitio RAMSAR desde el año 2008 (Izurietta, 2007, p.3) gracias a su belleza paisajística, homogeneidad geomorfológica, edafología, diversidad de flora, vegetación, fauna y especies endémicas, que hacen de este, un lugar único. La importancia de la conservación de los páramos radica en los servicios ecosistémicos que brindan como: recursos hídricos de calidad y particularmente servir como sumideros de carbono (Jácome, 2017, p.5), además de la importancia social y cultural que representan para las comunidades campesinas e indígenas de la periferia.

Sin embargo, su estado natural se ha visto afectado por las diferentes actividades antropogénicas que se vienen desarrollando con mayor intensidad desde la década de los 60 con el proceso de Reforma Agraria que se inició en el país (Chuncho y Chuncho, 2019, p.2). Los problemas más significativos que se detectaron en la zona intervenida fueron: La degradación de la tierra causada por diferentes tipos de erosión, el pastoreo excesivo, la pérdida de suelo fértil, la quema y trillado de la vegetación, la deforestación y pérdida de la cubierta vegetal; los que a largo plazo tendrán un impacto impredecible sobre la calidad vida de los habitantes del sector y el óptimo funcionamiento de los ecosistemas de los que dependen para su desarrollo integral (Ministerio del Ambiente, 2014, p.10-12). Además del crecimiento poblacional que demanda de nuevas tierras y el asedio de los límites del PNL; otra de las problemáticas identificadas es la alta escorrentía edáfica, la misma que está relacionada directamente con la lixiviación de macro, micronutrientes y la baja productividad del suelo (Vázquez et al., 2000, p.193), causada por las bajas temperaturas y excesivas precipitaciones registradas en los últimos años en la zona.

Propósito

La alta variación en la disponibilidad de nutrientes determinada a partir de cationes intercambiables Influye en el estado de conservación de los ecosistemas de las zonas de Panzarumi y Sunfopamba.

Justificación

La presente investigación se enfocará en estudiar la variabilidad de la capacidad de intercambio catiónico en los ecosistemas herbazal de páramo, herbazal de páramo inundable y, tierra

agropecuaria de la zona noroccidental del Parque Nacional Llanganates, la principal motivación que nos ha conducido a realizar este estudio es la degradación del suelo, debido a las malas prácticas de uso y aprovechamiento del suelo como: pastoreo excesivo, expansión de la frontera agrícola, deforestación, incendios forestales y fenómenos naturales como la erosión que disminuyen la calidad de vida de las comunidades del sector (Segarra, 2014, p.1). Por tal motivo, a través de este estudio se busca reducir la brecha de desconocimiento del estado actual del recurso edáfico del PNL, con información actualizada y validada por el Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y el Cambio Climático GIDAC de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y brindar a las autoridades pertinentes datos concretos y aplicables, necesarios para la ejecución de políticas públicas compatibles con los nuevos escenarios climatológicos, que conduzca a la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas de páramo.

Los ecosistemas altoandinos tienen como función principal la producción, almacenamiento y provisión de agua hacia las tierras bajas, para consumo humano, actividades industriales, generación de electricidad, recreación y otras actividades, por lo que es necesario intensificar su cuidado, para que las próximas generaciones también pueda disfrutar de sus beneficios. De manera que se puede denotar que el interés por la conservación de esta área protegida reside fundamentalmente en los servicios ecosistémicos que ofrece para el óptimo desarrollo de diferentes actividades (Hofstede y Mena, 2000, p.7), además del valor ambiental, social, económico, político y cultural e histórico que representa para las comunidades que se asientan en su periferia. Debido a su importancia ecológica, uno de los recursos más destacadas de los páramos y en particular de PNL son sus suelos, que son un repositorio natural que retiene considerables cantidades de dióxido de carbono, ayudando a prevenir el calentamiento global y regulando el clima (Mena, 2010, p.101-113), constituyendo uno de los principales sumideros de carbono del mundo. Además de ser el hogar de más de 800 especies de plantas, alrededor de 300 especies de aves, más de 20 especies de reptiles y anfibios y, cerca de 50 especies de mamíferos (Endara et al., 2012, p.18-23).

Por las razones antes mencionadas, como profesionales en el área de Biotecnología Ambiental, y preocupadas por la sostenibilidad medioambiental queremos dejar nuestro aporte académico, para que sea una guía que permita se garantice la conservación de estado natural de este lugar de estudio.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar la variabilidad de la Capacidad de Intercambio Catiónico en los ecosistemas de la zona noroccidental del Parque Nacional Llanganates.

Objetivos específicos

- Identificar los iones sodio, potasio, calcio, magnesio, aluminio e hidrogeno en la zona noroccidental del Parque Nacional Llanganates.
- Determinar la distribución de la Capacidad de Intercambio Catiónico en las zonas de Panzarumi y Sunfopamba.
- Analizar la relación existente entre la profundidad de muestreo y la Capacidad de Intercambio Catiónico.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

La capacidad de intercambio catiónico en el suelo es fundamental para entender la liberación o retención de cationes y aniones, brindando disponibilidad de nutrientes en el suelo y mejorando su fertilidad. El crecimiento de la población y las actividades humanas no sustentables ponen en peligro los servicios ambientales, la ampliación de la frontera agrícola, ganadera y el deterioro de bosques, dan lugar a la pérdida de vegetación nativa del páramo provocando que el suelo quede descubierto y se deteriore lo que se ve reflejado en bajas concentraciones de CIC dejando suelos pobres en nutrientes y materia orgánica. El Parque Nacional Llanganates encierra una gran biodiversidad tanto biótica como abiótica. A pesar de ser considerado como área protegida, no ha sido suficiente para reducir la demanda antrópica misma que amenaza a los recursos sobre esta zona, aunque se han identificado alteraciones en localidades cercanas según Vázquez (2000, p.2) debido principalmente a las condiciones ambientales. Algunas investigaciones relacionadas con la CIC o en la zona de PNL como se detalla a continuación.

En el año 2021 Flores y Venlasaga publicaron un estudio sobre "Influencia de la acidez del suelo en la Capacidad de Intercambio Catiónico (Bases+CIC) de la microcuenca del río Atillo y Ozogoche del Parque Nacional Sangay", en estratos como Herbazal de páramo, cultivo y Herbazal inundable para determinar Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} sus análisis se realizaron mediante espectroscopia de absorción atómica y potenciómetro para la obtención de acidez activa a través del pH, en este estudio se determinó que no existe correlación entre la CIC y el ion hidronio. Además, no se encontró diferencia significativa de acuerdo con las profundidades en las que se obtuvo las muestras. Finalmente, el herbazal inundable en esta zona es muy importante ya que presenta mayor contenido de cationes y aniones lo cual indica un buen estado de conservación. Sin embargo, el Herbazal de páramo tiene valores similares de CIC que el suelo de cultivo (Flores y Venlasaga, 2021, p.4).

Otro estudio realizado por Carrasco y Patiño en el 2021 denominado "Evaluación vertical de los cationes: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e H^+ en suelos altoandinos de la microcuenca del río Atillo" se desarrolló mediante el muestreo de perfiles los mismos que a través de análisis de laboratorio se determinó los parámetros como CIC y materia orgánica por perfil.

Este estudio identificó la variabilidad de los horizontes genéticos de esta zona, los mismos que han sido intervenidos por procesos edáficos y factores de formación como el clima, material parental, organismos, tiempo y relieve esto contribuyó al reconocimiento de los lugares con mayor riesgo y vulnerabilidad del suelo. El horizonte con mayor concentración de CIC y componentes

orgánicos que predominan es el horizonte A, además evidenciaron que la concentración de iones intercambiables es decreciente en zonas bajas del sistema periglaciario (Casco y Patiño, 2021, p.4).

En la ciudad de Cuenca se realizó un estudio denominado “Impacto del tipo de cobertura forestal sobre las propiedades edáficas en una zona de bosque montano en el Parque Nacional el Cajas, provincia del Azuay” por (Plaza, 2018, p.54) donde se evaluó propiedades fisicoquímicas y edáficas de las coberturas forestales bosque primario, secundario, plantación de pino y eucalipto. Obteniéndose como resultados diferencias significativas entre las variables densidad aparente, pH, MO, Cu, Fe y CIC. Además, se determinó que existen diferencias al momento de cambiar la cobertura nativa por plantas exóticas afectando principalmente a las propiedades del suelo y servicios ecosistémicos. En este estudio la CIC tiene valores promedios más elevados en la cobertura de bosque nativo y bosque secundario en comparación a la cobertura antrópica esto se da por el aumento de actividad de la MO que liberan los complejos órgano metálicos, pero que también se vuelve susceptible a descomposición y pérdida a largo plazo (Hofstede et al., 2002, p.3).

En una investigación realizada por Vázquez (2000, p.5) sobre la “Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas”.

Entre los problemas existentes en esta zona tenemos: la deforestación, la pérdida de cobertura vegetal y la extinción de plantas nativas siendo estos causantes de la pérdida de hábitats, la baja tasa de regeneración natural de la vegetación y la pérdida de las propiedades químicas del suelo, dando lugar a la erosión dejando el suelo expuesto a factores ambientales como la lluvia y el viento. Por lo antes mencionado el páramo merece especial atención ya que brinda servicios ecosistémicos esencial para el desarrollo de todas las especies siendo una de sus principales funciones proveer de recursos hídricos de calidad y ser el mayor sumidero de carbono del planeta (Chucho & Chuncho, 2019, p.43). Por lo tanto, la conservación del parque no depende solo de la disponibilidad de recursos económicos y humanos sino también de la voluntad por conservación.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. El suelo

El suelo es un componente esencial del ambiente, en él se desarrolla la vida a través de los diferentes ciclos biogeoquímicos, puede tardar miles de años en formarse por esto es considerado un recurso natural no renovable y limitado de acuerdo con (Velastegui, 2019, p.4). Mientras que para (Burgos, 2020, p. 3) es la parte más superficial y visible de la corteza terrestre y, está constituido por residuos de rocas modificadas por la erosión, meteorización y otros procesos físicos, químicos y biológicos, que dan como resultado una disposición en capas bien diferenciadas. Cabe recalcar que la definición del suelo varía según las actividades que se desarrollan en él, para la (FAO, 2009,

p. 21) se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas, y el componente esencial de la “Tierra” y “Ecosistemas”.

Los suelos de origen volcánico con una moderada evolución, como los Andisoles nombrados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) o Andosoles nombrados por la Base Mundial de Referencia para los Recursos de Suelo (WRB - FAO), son los más comunes en los páramos, y se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica debido a las bajas temperaturas del lugar que no permiten su rápida descomposición, también tienen una alta capacidad de retención de humedad que a la vez los hace susceptibles de deslizamientos (Hofstede & Mena, 2000, pp. 9-10), por su color los suelos parameros son almacenes de carbono. En el siguiente gráfico se puede apreciar cómo están distribuidos los diferentes ordenes de suelo en el Ecuador.

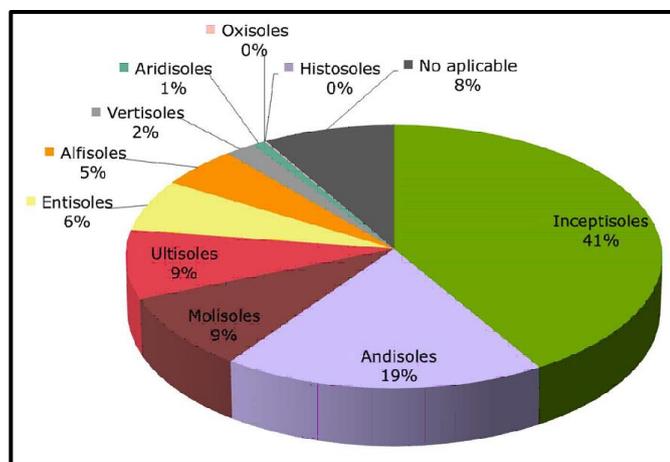


Ilustración 1-1: Ordenes de suelos del Ecuador

Fuente: (SIG TIERRAS, 2017).

1.2.2. Uso de suelo en el Ecuador

El INEC a través de la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria del Ecuador puso a disposición la siguiente información, donde el uso de suelo se refiere a la utilización de las tierras en el sector rural del país. Identificándose las siguientes categorías según su uso: cultivos permanentes, cultivos transitorios, barbecho, descanso, montes y bosques, páramos y otros usos como se observa en el siguiente Ilustración (Larrea, 2016, p. 20).

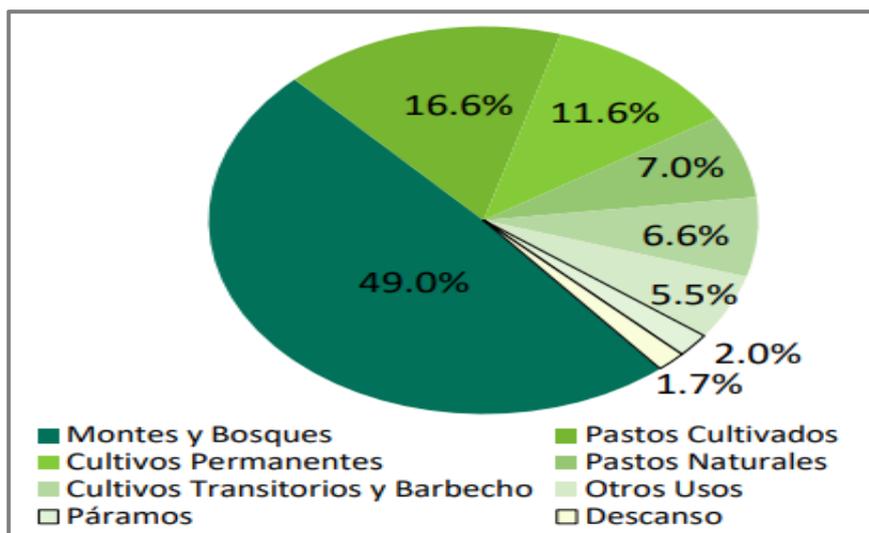


Ilustración 2-1: Porcentaje de participación en el uso de suelo de Ecuador

Fuente: (ESPAC, 2020, p. 7).

Para el año 2020 se determinó una superficie total nacional de 12,5 millones de hectáreas para diferentes usos, de las cuales el 49 % está destinado a montes y bosques. Por otro lado, la categoría páramo, posee valores muy bajos correspondientes a 249 139 y con un porcentaje de variación de 8,0 %.

1.2.3. Suelos en los páramos del Ecuador

Los suelos de páramo tienen muchas propiedades en común con las turberas, estos suelos negros y húmedos por lo general de origen volcánico, se caracterizan por tener un pH ácido, densidad aparente baja, relacionados directamente con el carbono orgánico. Estos tienen una capacidad de retención del agua muy alta, al ser ecosistemas de montaña que se encuentran a alturas superiores a los 3.000 msnm (Chuncho, 2019a, p. 74).

En Ecuador el páramo se ubica entre los 3 200 y 4 700 msnm, la mayoría son húmedos, sobre ellos caen lluvias de entre 500 y 2 000 mm de precipitación anual (Camacho, 2013, p. 79-80). Un dato importante es que la Cordillera Central recibe más lluvias que la Occidental que es donde se encuentra el PNL, y es debido a los diferentes factores de diferenciación como el suelo, la temperatura, precipitación, evapotranspiración, y velocidad de los vientos, lo cual se ve reflejado en el tipo de vegetación natural y cultivada en cada cordillera.

Una de las principales funciones ambientales que desempeña el páramo, relacionada con las sociedades humanas es la capacidad de sus suelos de captar, almacenar y distribuir agua a las tierras bajas (Camacho 2013, p. 81), donde es usada para múltiples actividades. El páramo también constituye el hogar de varias comunidades que han padecido en el pasado el desarraigo y marginación por entes poderosos que han hecho de este, de manera deliberada su lugar de

usufructo; en la actualidad estas poblaciones han adoptado una cultura de empoderamiento y autodeterminación, que ha conducido muchas veces a conflictos con actores externos, que ven el páramo como una fuente indefinida de agua para su propio beneficio (Camacho, 2013, p. 81).

Otra de sus funciones está relacionada con el actual calentamiento global, y es que los suelos parámales por su gran contenido de materia orgánica en forma de bio carbón, retienen enormes cantidades de carbono, evitando así su emisión a la atmósfera, convirtiéndose en uno de los principales sumideros de CO₂ (Mena 2010b, p. 113), ayudando a regular el clima.

1.2.4. Tipo de suelo del Complejo Llanganati

- *Distrandeps*: suelos sujetos a climas húmedos y nubosos, con texturas medias: de franco a franco limosas, elevado contenido de potasio y materia orgánica, y pobres en fósforo y nitrógeno. Se hallan bajo bosques y vegetación natural localizados en sitios de ondulaciones suaves o fuertes pendientes de la parte alta y estribaciones de la cordillera a altitudes de 2000 a 4000m con pendientes más grandes al 12% (RAMSAR, 2008, p. 8).
- *Hidrandeps*: suelos con texturas fino-limosas, resultan pegajosas al tacto, el Ph es sutilmente ácido y con una baja fertilidad. Poseen elevado contenido de agua y capacidad de retención de humedad preeminente al 100%. Permanecen cubiertos por pajonal de páramo y matorral húmedo. Se desarrollan en regiones con clima húmedo con precipitaciones mayores a los 1000 mm y entre 3 y 8°C de temperatura, tanto en fuertes pendientes como en las ondulaciones suaves de los páramos (RAMSAR, 2008, p. 8).
- *Cryaquepts*: suelos característicos de zonas frías húmedas a bastante húmedas, con un horizonte superficial rico en materia orgánica meteorizada, de color pardo oscuro sobre suelos alofánicos limosos. Permanecen saturados de agua, mal drenados y pantanosos, localizados en zonas planas o sutilmente cóncavas en la parte alta de la cordillera y pendientes menores al 12% en altitudes de 3200 a 4000m. (RAMSAR, 2008, p. 8).

1.2.5. Factores formadores del suelo

Los factores formadores de suelo son agentes que trabajan sobre un material original para transformarlo, a continuación, los factores que interactúan entre sí para dar lugar al suelo (Chinchilla, Alvarado y Mata, 2011, p. 34).

1.2.5.1. Organismos

Los organismos del suelo trabajan como agentes primarios para la conducción del ciclo de los nutrientes, la regulación de la dinámica de la materia orgánica, el secuestro del carbono y la

emisión de gases de invernadero, modificando la composición física del suelo y el almacenamiento de agua, incrementando la disponibilidad de nutrientes para la vegetación e incrementando la salud de las plantas (FAO, 2021, p.4).

1.2.5.2. Clima

Es el factor más influyente sobre la formación del suelo, por la influencia de la temperatura y la precipitación en la meteorización de la roca madre. Estos dos parámetros del clima interfieren en la velocidad de descomposición de la materia orgánica y en el crecimiento de las poblaciones de organismos (Chinchilla et al, 2011, p. 35).

1.2.5.3. Material parental

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, sobre el cual influye el clima y los organismos que lo van modificándolo, dando como resultado un suelo específico (Sacchi et al., 2015, p.5).

1.2.5.4. Relieve

Se refiere a las formas del terreno y la pendiente, influye de manera directa en la acumulación o acarreo de materiales los cuales determinan la profundidad del suelo, la concentración de sales, la erosión y más (Ramírez, 1997, p.15).

1.2.5.5. Tiempo

Se relaciona con la edad absoluta durante los otros factores han interactuado entre sí, hasta llegar a formar el nuevo suelo, el cual es un recurso no renovable a corto plazo, debido a que, para la formación de 1 cm de este, tienen que pasar cientos de años o miles años (Ramírez, 1997, p. 7).

1.2.6. Propiedades físicas de los suelos

1.2.6.1. Densidad aparente

Es la relación existente entre la masa y el volumen del suelo, en este volumen está considerado todo el espacio poroso que existe. Es una característica que nos da a conocer las condiciones en

las cuales se encuentra el suelo con respecto a la compactación, la porosidad, la disponibilidad de agua y oxígeno (Ramírez, 1997, p.9).

1.2.6.2. Textura

Indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcillas en una muestra de suelo. Nos permite saber la cantidad de agua y aire que retienen las partículas y la velocidad con que el agua atraviesa el suelo, para determinar cómo se puede trabajar en él (Godoy et al., 2103, p. 10).

Tabla 1-1: Niveles de textura del suelo

TEXTURA	
La arena	2 - 0.02 mm
El limo	0.02 - 0.002 mm
La arcilla	0.002mm

Fuente: (Ramírez, 1997, p.10).

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

1.2.6.3. Estructura

Se define por la manera en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Una vez que las partículas individuales se agrupan, toman la apariencia de partículas más grandes y se llaman agregados. Es la responsable de las relaciones de aireación infiltración, humedad y temperatura del suelo (FAO, 2009, p.45). Las partículas sólidas del suelo se unen entre sí de diversas formas, generando unidades de mayor tamaño llamadas agregados, unidades estructurales o peds (More, 2018, p.11).

1.2.6.4. Color

Es una de las características que guarda relación directa con la temperatura, está relacionada con la longitud de onda del espectro visible que el suelo refleja al recibir los rayos de luz. La coloración del suelo principalmente es el resultado de sus elementos más abundantes como: humus, óxidos, sulfatos, carbonatos, sulfuros, piedra caliza, silicatos, entre otros. Los colores del suelo tienen la posibilidad de ser uniformes o diferentes a partir de negros, pardos, hasta grisáceos, guardando una estrecha relación con sus principales componentes sólidos (Casco y Patiño, 2021, p. 22).

1.2.7. Propiedades químicas de los suelos

1.2.7.1. El pH

Es una de las propiedades fisicoquímicas de mayor relevancia en los suelos, debido a que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica. Además, establece la concentración de iones tóxicos, la Capacidad de Intercambio Catiónico y distintas características propiedades que apuntan a la fertilidad del suelo. En la escala de pH el valor máximo es 14, siendo el valor de pH igual a 7 el de un suelo neutro, y los que tienen valores inferiores a 7 corresponden a suelos ácidos, asimismo si presentan valores superiores a 7 corresponden a suelos básicos (Ramírez, 1997, p. 13).

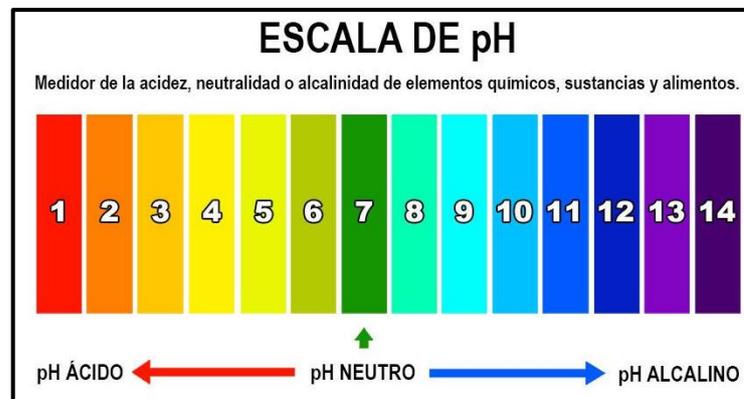


Ilustración 3-1: Escala de pH

Fuente: (Webquest Creator, 2015)

1.2.7.2. Capacidad de intercambio catiónico

Esta propiedad química mide la cantidad de sitios cargados negativamente en la superficie de los minerales y componentes orgánicos del suelo como arcillas, materia orgánica, o sustancias húmicas, con la capacidad de retener iones positivos como el calcio, sodio, potasio, magnesio, nitrato, etc. El nivel de CIC indica la habilidad del suelo para retener cationes, la disponibilidad y cantidad de nutrientes para la planta (FAO, 2022, p.2).

Otro autor la define como la medida, de la cantidad máxima de cationes que puede absorber o intercambiar 100 gramos de suelo y se expresa en meq/100 g de suelo o también como cmol/kg de suelo (Lambí et al., 2012, pp. 235-236).

La materia orgánica tiene gran influencia sobre la capacidad de intercambio catiónico haciendo que se incremente. De manera análoga ocurre con la temperatura, pero en este caso a medida que

esta disminuye la materia orgánica aumenta debido a la baja tasa de mineralización de esta, conocido también como proceso de pirolisis lenta (Godoy et al., 2013, pp. 19-23).

Por otro lado, un incremento en el pH trae como resultado un aumento en las cargas negativas debido a que el aluminio se precipita, y la concentración de hidrogeniones se reduce, por lo tanto, la CIC aumenta (Ramírez, 1997, p.12).

Tabla 2-1: Niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico en los elementos Ca, Mg, Na, K

Valor (meq/100g)				
Clasificación	Ca	Mg	Na	K
Muy bajo	0 - 3.5	0.0 – 0.6	0.0 – 0.3	0.00 – 0.30
Bajo	3.5 - 10	0.6 – 1.5	0.3 – 0.6	0.30 - 0.60
Normal	10 - 14	1.5 – 2.5	0.6 – 1.0	0.60 – 0.90
Alto	14 - 20	2.5 – 4.0	1.0 – 1.5	0.90 – 1.50
Muy alto	> 20	> 4.0	> 1.5	1.50 - 2.40

Fuente: (Rioja, 2002).

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

Tabla 3-1: Niveles de disponibilidad de CIC

Niveles de disponibilidad	Capacidad de Intercambio Catiónico
Baja	Menos que 10meq/100g
Media	10-20 meq/100g
Alta	Mayor que 20 meq/100g

Fuente: (FAO, 2013).

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

Suelos con baja CIC, son indicativos de su pobreza en nutrientes y materia orgánica por lo que no se recomienda su uso para actividades agrícolas.

Algunos suelos de páramo presentan cargas variables, por lo que suele usar la capacidad de intercambio catiónico efectiva CICE, que consiste en la suma de las bases más la acidez intercambiable, representada por los cationes Al^{+++} y H^+ (Lambí et al., 2012, p. 236). En algunos suelos de páramo la carga de las partículas coloidales es dependiente del pH, a pH bajo pueden desarrollarse más cargas positivas en las partículas de arena, limo y arcillas.

$$CICE = (Ca + Mg + K + Na) + (Al + H)$$

En general, suelos con valores de CICE superiores a 4 meq/100 gramos de suelos ácidos sugieren suficiente CIC para prevenir pérdidas considerables de cationes por lixiviación.

1.2.7.3. Importancia de la capacidad de intercambio catiónico en la agricultura

La capacidad de intercambio catiónico del suelo indica la capacidad para retener nutrientes, es importante en la fertilidad del 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. Por eso se dice que la CIC está relacionado con la fertilidad del suelo, actividades agrícolas como la labranza excesiva destruye la materia orgánica disminuyendo así el intercambio en el suelo, por ende, suelos con CIC alta son más fértiles.

Tabla 4-1: Relación entre la textura de los suelos y su capacidad de intercambio catiónico

TEXTURA	CIC Cmoles/kg de suelo
Arenoso	1-5
Franco arenoso	5-10
Franco limoso	5-15
Franco arcilloso	15-30
Arcilloso	>30

Fuente: (Toledo, 2016, p. 22).

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

1.2.8. Materia orgánica

La materia orgánica proviene de la descomposición de residuos vegetales, animales y otros residuos, es fuente primordial de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), carbono (C), hidrógeno (H), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Mejora las propiedades físicas del suelo, incrementando así la capacidad amortiguadora, y tiene gran influencia en la Capacidad de Intercambio catiónico (CIC).

Tabla 5-1: Niveles de disponibilidad de la Materia Orgánica

Nivel de disponibilidad	Materia Orgánica (%)
Bajo	Menor de 1,2 %
Medio	1,2-2,8 %
Alto	Mayor a 2,8 %

Fuente: (FAO, 2013)

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

1.2.9. Macro y micronutrientes

Se relaciona con la disponibilidad de nutrientes contenidos en el suelo, lo que determina el potencial que este tiene para suministrar alimento a las plantas que se desarrollarán sobre el

mismo. La división se lo ha realizado de forma convencional, esta lista en dos partes: los denominados macronutrientes y los micronutrientes (Casco y Patiño, 2021, p. 34).

1.2.9.1. Los macronutrientes

- Calcio (Ca)

El calcio contribuye al crecimiento, desarrollo de las paredes celulares y 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 que incluyen quemaduras, coloración amarillenta y retraso en el crecimiento (Venlasaga y Flores, 2021, p.14).

- Nitrógeno (N)

La disponibilidad de este componente es dependiente de la mineralización de la materia orgánica por los microorganismos, el proceso de mineralización se da en valores neutros, donde existe más desarrollo de las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno. Es el elemento principal que limita el incremento de las plantas forrajeras y gramíneas, por lo cual tiene la más trascendencia en la producción de materia seca e influye en la calidad de los pastos, al intervenir en el contenido de proteína cruda y digestibilidad. El nitrógeno influye sobre el aumento de los pastos al mantener el control de la promoción y desarrollo de nuevos brotes, se incrementa el número de hojas por planta y con ello el sector foliar (Cabalceta, 1999, p.240).

- Fósforo (P)

La mineralización del P orgánico por parte de microorganismos, libera ácido fosfórico que llega a la solución del suelo, que es de mucha importancia en la nutrición vegetal, principalmente en sistemas donde la mayor parte del P está en forma orgánica y se utiliza poco o nada de fertilizante inorgánico. La tasa de mineralización estará siempre en función del pH, contenido de materia orgánica, microorganismos, humedad y temperatura. Además, existen ácidos que los microorganismos liberan que pueden solubilizar el P nativo o precipitado (Cabalceta, 1999, p.241).

- Potasio (K)

Indispensable en el metabolismo de carbohidratos, formación, transformación y translocación de almidón; metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteína, controla y regula la actividad de otros

encontraron que el K se fija al suelo en porciones apreciables, es fundamental destacar que al utilizar más nitrógeno en los forrajes y aumentarse los rendimientos, también aumenta la extracción de K; debería indicarse que los pastos extraen más grandes porciones (Cabalceta, 1999, p.242).

- Magnesio (Mg)

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 (Venlasaga y Flores, 2021, p.14).

1.2.9.2. Micronutrientes

- Hierro (Fe)

Es importante para el crecimiento del cultivo y para la producción de alimento denominado como un catalizador en la formación de clorofila, debido a que forma parte de muchas enzimas causantes de la transferencia de energía, reducción y fijación de nitrógeno, y formación de lignina (Casco y Patiño 2021, p. 37).

- Manganeso (Mn)

Activa varias reacciones metabólicas importantes y desempeña una función directa en la fotosíntesis. Por esta razón, los expertos opinan que acelera la germinación y maduración, al tiempo que incrementa la disponibilidad de fósforo (P) y calcio (Ca) (Casco y Patiño 2021, p. 37).

- Boro (B)

El boro no se encuentra de manera elemental en la naturaleza suele presentarse como boratos es decir ligados a iones, esta inmovilizado en las rocas, la mayoría de los suelos muestra una baja concentración de boro y los que mayor concentración se asocian con actividades volcánicas. Este

elemento en las plantas que son deficientes en boro presentan aspectos achaparrados en raíces y tallos (Esperanza 2014, p. 11).

- Molibdeno (Mo)

Es requerido para la síntesis y actividad de la enzima nitrato reductasa y esencial para el proceso de fijación simbiótica del nitrógeno por las bacterias rizobios en las raíces de leguminosas (Casco y Patiño 2021, p. 54).

- Cobre (Cu)

Conocido por buen conductor eléctrico, en la mayoría se encuentra mezclado con carbonatos, sulfatos u óxidos minerales. El cobre se mueve constantemente por la tierra esta podría ser por las erupciones volcánicas, actividades humanas como extracción de minerales, fertilizantes, plaguicidas, fungicidas siendo los de mayor aporte de concentraciones en el suelo, en concentraciones elevadas es tóxico y sus efectos se los ve reflejando en las plantas, perjudicando el aumento radicular con heridas en las raíces y formando raicillas cortas de color pardo (Guartatanga y Siguencia 2019, p. 8).

- Zinc (Zn)

El zinc es un micronutriente sustancial para el aumento y desarrollo de las plantas, pero se convierte en un factor tóxico una vez que está en exceso. Es el vigésimo tercer componente químico más exuberante en la Tierra y tiene una gigantesca diversidad de usos, gracias a sus características anticorrosivas, antimicrobianas, cicatrizantes y estimulantes (Amezcuca y Lara 2017, p. 28).

1.2.10. Comportamiento del aluminio en el suelo

Dependiendo del grado de concentración, puede afectar con mayor o menor intensidad, a las plantas, la alta concentración de aluminio en el suelo tiene los siguientes efectos negativos en el desarrollo de las plantas:

- Aumenta la susceptibilidad a los cambios ambientales (frío, sequía, inundaciones)
- Ralentiza el incremento de la planta
- Afecta el desarrollo de las raíces
- Las plantas son más propensas a la sequía (Guzñay y Ortega, 2022, p.18).

1.2.11. Degradación del suelo

- Definición:

Fenómeno complejo relacionado con la reducción o pérdida de la producción biológica o económica de las tierras y sus componentes, derivado de las malas prácticas de manejo de cultivos y bosques (Calderón, 2015, p. 4).

- Causas de la degradación del suelo:

Las principales causas de degradación en el suelo son:

- Erosión (hídrica, eólica, glacial)
- Sobrepastoreo
- Disminución de la fertilidad en el suelo
- Pérdida de cobertura vegetal
- Contaminación
- Uso intensivo de agroquímicos
- Inadecuado manejo de riego

Estas son las principales causas de la degradación del suelo, disminuyendo su capacidad productiva, además de afectar la calidad de vida de las personas, debido al incremento de la sequía y uso insostenible del mismo (Ministerio del Ambiente, 2014, p. 10).

1.2.11.1. Degradación del suelo en el Ecuador

Alrededor de 47% del país tiene problemas relacionados con la degradación de tierra de los 34.68 Km² de tierras degradadas entre los años 1982-2002 casi el 20% aproximadamente corresponden a una degradación severa. En el Ecuador la región Costa en la provincia de Esmeraldas con un 55% del total nacional, seguido de la región Oriente en las provincias de Pastaza, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Sucumbíos con un 46.1% finalmente en la región Sierra Tungurahua, Pichincha y Chimborazo con el 20.5% del total de tierras con degradación severa (Ministerio del Ambiente, 2014, p.10)



Ilustración 4-1: Zonas vulnerables a desertificación y degradación

Fuente: (Segarra, 2014, p.7).

En este mapa podemos observar las provincias a las que pertenece el Parque Nacional Llanganates correspondientes a Tungurahua, Napo, Cotopaxi y Pastaza, las cuales muestran que sus zonas intervenidas son vulnerables a la degradación del suelo, de acuerdo con la coloración amarilla.

1.2.12. Páramo

1.2.12.1. Los páramos en el Ecuador

Los páramos cubren el 2% del territorio ecuatoriano en la actualidad, son ecosistemas frágiles, su altura va desde los 3.200 - 4.700 msnm, proveen de servicios ecosistémicos como: recursos hídricos de calidad y ser uno de los principales sumideros de carbono del mundo. Las precipitaciones en estas zonas son altas van desde los 500 y 2000 mm al año. Se encuentran distribuidos a lo largo de los Andes, y son de gran importancia para los hábitats y las especies endémicas (Chucho y Chunchu, 2019, p. 2).

- Para la diferenciación de páramos Acosta (1984, p.54) toma como referencia la altura, identificando tres categorías como se describe a continuación.

- Páramo inferior: va desde los 3.200 – 4.000 msnm la zona de pajonal, con ten tendencia a subir del límite inferior por intervención humana.
- Páramo medio: va desde los 4.000 – 4.5000 msnm.
- Páramo superior: este está por en encima de los 4.5000 msnm.

Otros factores de diferenciación considerados por Cañadas (1983, p.4) son la altura, precipitación, y la temperatura media anual, que permite dividir el páramo en pisos altitudinales, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 6-1: Pisos altitudinales de los Páramos de Ecuador

Bosque húmedo subalpino	250 a 500 mm	25.800 ha
Bosque muy húmedo subalpino	500 a 1000 mm	207.950 ha
Bosque pluvial subalpino	1000 a 2000 mm	213.125 ha
Subpáramo seco	250 a 500 mm	110.225 ha
Subpáramo húmedo	500 a 1000 mm	974.575 ha
Subpáramo muy húmedo	1000 a 2000 mm	1098.045 ha
Subpáramo lluvioso	>2000 mm	104.675 ha

Fuente: (Camacho, 2013).

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

Los páramos juegan un papel fundamental al ser considerados espacios de vida y territorios sagrados para los pueblos indígenas, que los consideran santuarios de agua dulce. Sin embargo, existe una gran incertidumbre sobre la magnitud de los efectos ambientales y sociales que tiene el cambio climático sobre los páramos a nivel nacional (Hofstede et al. 2014).



Ilustración 5-1: Páramos; Clima, flora, fauna

Fuente:(OVACEN, 2018).

1.2.12.2. Conservación de los páramos en el Ecuador

El estado de conservación de los páramos es más significativo yendo de norte a sur en la sierra Ecuatorial, afirmando que es mayor en los páramos centrales y occidentales. La mitad de todos los páramos de pajonal tiene un bajo estado de conservación y apenas una décima parte está en buen estado. La conservación de los páramos ecuatorianos es de gran importancia en especial los de la sierra central, de las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar y Cañar (Mena et al., 2006, p. 94).

El deterioro de los páramos ecuatorianos inicia con la invasión de los españoles durante el siglo XV, debido a la introducción de especies de corral como: vacas, ovejas y caballos. Otro de los factores influyentes, fueron el auge de la revolución industrial, cuando se disparó la producción de lana en la Colonia, ya que hubo rebaños de ovejas que pasaron de ser solo unas decenas a una cantidad insostenibles en estas zonas. El ecosistema páramo no está evolutivamente adaptado, como una sabana africana, a la existencia y acción de gigantes herbívoros, o la quema de pajonal para que surjan plantas nuevas y más apetecibles para el ganado, causando el progreso de la frontera agrícola a altitudes exageradas; otras actividades como la plantación de especies arbóreas exóticas como los pinos, y otras ocupaciones como el turismo mal planificado y la minería, han creado una situación de impactos negativos, estrés y amenazas evidentes para este ecosistema (Mena et al, 2006, p. 94).

1.2.13. Humedales

De acuerdo con la Convención Ramsar un humedal se define como la extensión de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes y temporales estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marinas cuya profundidad, en marea baja, no exceda de seis metros. Los humedales al servir de soporte continuo de nutrientes para el suelo controlan la erosión y los niveles de sedimentos además de prevenir inundaciones. Convirtiéndolo en un atractivo para diferentes actividades comerciales en estas zonas, aportando a la economía local (Briones et al., 1997, p.6).



Ilustración 6-1: Humedales Ramsar

Fuente: (Ecoticias, 2021).

1.2.13.1. Clasificación de los humedales por la Convención Ramsar

La Convención Ramsar es un tratado intergubernamental aprobado en 1971, cuyo objetivo es promover la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos naturales, incentivando a los países miembros a tomar acciones para el desarrollo sustentable, Ecuador es parte adjunta desde 1990, a la fecha el país ha declarado 18 sitios Ramsar que abarcan alrededor de 286 659 ha, de las cuales el 86% se ubican dentro de áreas protegidas (Ministerio de Ambiente, 2015, p.32).

A continuación, se detalla la caracterización establecida por la convención Ramsar:

- ***Estuarios***: son cuerpos de agua donde confluyen las aguas dulces de ríos y quebradas con el agua salada del mar, hasta desembocar en el océano alcanzando una salinidad equilibrada. La frontera del estuario está protegida de las olas, vientos y tormentas marinas por las arrecifes, islas, lodo o arena, que actúan como barrera protectora.
- ***Marino-costeros***: zonas entre tierra y océano que no se ven afectados por los caudales fluviales, como playas, manglares y arrecifes de coral.
- ***Fluviales***: tierras inundadas periódicamente como consecuencia del desbordamiento de los ríos, dominados principalmente por agua dulce.
- ***Palustres***: zonas que contienen aguas relativamente permanentes como son pantanos, turberas y Ciénegas En los páramos húmedos como el de Papallacta, Cotopaxi, Mojanda se hallan esta clase de turberas tropicales, en donde la materia orgánica se descompone lentamente debido a las bajas temperaturas, humedales cuya entrada de agua es únicamente dulce.
- ***Lacustres***: zonas cubiertas de aguas permanentes caracterizadas por una baja circulación lagos, lagunas, lagos artificiales, lagos glaciales y cráteres de volcanes. En el caso de Mojanda el sistema lacustre se conforma por 3 lagunas principales. Característicos por aguas lentas y profundidades mayores (Calderón, 2018, p. 21).

1.2.13.2. Uso racional de los humedales

Uno de los desafíos de la Convención RAMSAR es mejorar la cantidad y calidad de las humedades, su principal objetivo es revertir la pérdida, su uso racional de los humedales de forma internacional, desarrollar proyectos que fomenten la conservación y el uso sostenible de los recursos de los humedales y con esta la flora y fauna silvestre de los humedales.

Vale la pena mencionar los beneficios de las humedades:

- Controla la erosión y la sedimentación.
- Evitar las inundaciones.
- Reducción de la contaminación en aguas y mejora de la calidad de esta.
- Abastecimiento y mantenimiento de agua superficial y subterránea.
- Estabilidad de flora y fauna y hábitats por los mismos (Astrálaga, 2006, p.1).

1.2.13.3. Características de los humedales

Los humedales son zonas que no son realmente terrestres ni acuáticos, estos se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre cerca de ella donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas. Estas tienen la posibilidad de ser numerosas cosas simultáneamente como pueden ser permanentes o temporales, dulces o salobres, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Calderón, 2018, p. 19)

Los humedales son importantes en todo el mundo para el almacenamiento de carbono, gracias a la alta productividad de las plantas y la baja descomposición de la materia orgánica que se crea en sus suelos inundados. Las áreas protegidas internacionalmente se mantienen conservando y los ecosistemas permanecen gestionando para conservar un óptimo estado de diversidad biológica y servicios del medio ambiente (Duque et al., 2016, p. 1).

1.2.14. Parque Nacional Llanganates

Decretado como Parque Nacional Llanganates en 1996 mediante la Resolución Ejecutiva 002 y publicado en el Registro Oficial No. 097 del mismo año. Localizado geográficamente en la Cordillera de los Andes, en 4 provincias como son: Cotopaxi, Napo, Pastaza y Tungurahua, con una extensión de 219.931 hectáreas, y un rango altitudinal entre 860 y 4571 metros sobre el nivel del mar. Notorio de elevadas pendientes y riscos afilados debido a los sistemas montañosos que brindan al paisaje cierta dificultad para su acceso, a exceptuando de los sitios ocupados por lagunas.

Según Izurieta (2007, p. 1) la palabra Llanganates proviene de tres palabras quichuas: “llanga” significa mina o fragua, “na” hace referencia a un lugar para realizar alguna actividad, y “Ati”

puede traducirse como “señor de Píllaro”, perteneciente a una dinastía del período Inca este nombre antes descrito. En un principio fue denominada Llanganati del lenguaje quichua, al castellanizarse se designó como Llanganates. Parque Nacional Llanganates fue reconocido como Área Importante para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad (IBA) por las entidades Birdlife International, Aves y conservación en el 2005. Debido a que aloja importantes especies de aves, En el 2008 se declaró sitio de interés Ramsar por la importancia biológica de los diversos ecosistemas de tipo altoandino presente (Bravo, 2021, p. 20).



Ilustración 7-1: El Parque Nacional Llanganates

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

1.2.15. Clima

Con respecto al clima, el Parque Nacional Llanganates incluye tres clases de clima del país.

- Clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo a húmedo: presente entre los 3.000 y 3.200 msnm, con una precipitación aproximadas entre 500 y 2.000 mm, y posee temperaturas medias anuales que van en el rango de 12 y 20 °C.
- Clima ecuatorial frío de alta montaña: entre los 3.000 y 3.200 msnm, tiene una precipitación entre 800 y 2.000 mm, y temperaturas medias anuales menores a 12 °C.
- Clima tropical megatérmico muy húmedo: va entre los rangos de 1.000 y 2.000 msnm, tiene una precipitación mayor a 2.000 mm, con temperaturas mayores a 22 °C (Vargas et al. 2000, p. 3).

1.2.15.1. Laguna de Pisayambo

Dentro del Parque Nacional Llanganates, está ubicada la laguna de Pisayambo está en el área alta cercana al ingreso de Sunfopamba a 45 kilómetros al nororiente del cantón Píllaro. La laguna es de simple ingreso debido a que se la puede visualizar a partir de la carretera que hay dentro del parque. La fuente hídrica más representativa del complejo Llanganati es la Laguna de Pisayambo,

debido a sus dimensiones mide 3 kilómetros de largo y 2,5 kilómetros de ancho, y es característica por su forma elíptica, su belleza natural, cantidad y calidad del agua. Esta formación hídrica esta retenida por un embalse artificial, que tiene como fin la generación hidroeléctrica por medio de la central hidroeléctrica de Pucará ubicada en la periferia del parque; el agua luego de ser utilizada por la central hidroeléctrica retoma su caudal para más adelante ser clorada y usada para el riego (López, 2019, p. 51).



Ilustración 8-1: Laguna de Pisayambo

Fuente: (Viajando, 2022).

1.2.15.2. Laguna de Antejos

Una de las lagunas caracterizadas por su expandida belleza es la laguna de antejos la misma que está conformada por dos lagos juntos, separados por una mínima altura con sus aguas cristalinas azuladas, utilizadas en la pesca deportiva por sus niveles de eutrofización impiden el desarrollo de especies dulceacuícolas. El terreno es cenagoso en su entorno en esta región predominan pajonales naturales de los páramos andinos y vegetación nativa (Romo, 2016, p. 60).



Ilustración 9-1: Laguna de Antejos

Fuente: (Ecuador Tierra, 2019).

1.2.16. Cobertura vegetal en las zonas pansarumi y sunfopamba

El Parque Nacional Llanganates está ubicado en la “Subregión Norte de la Cordillera Oriental”, a partir de los 600 msnm, esta subregión incluye los siguientes tipos de vegetación:

- **Páramo herbáceo:** se caracteriza por su vegetación densa, compuesta principalmente por gramíneas superiores a 50 cm de altura. Es el ecosistema de páramo con mayor extensión a nivel nacional. Se ubica desde 3.400 hasta 4.300 msnm en el norte, y desde 2.900 hasta 3.900 msnm en el sur (Vistin et al., 2020, p.23).
- **Páramo de frailejones:** caracterizado por tener una dominancia de frailejones *Espeletia pycnophylla* y por hallarse entre los 3500 msnm y 3700 msnm. En los Llanganates existe un área pequeña con este tipo de vegetación dominada por la subespecie endémica para el territorio *E. Pycnophylla subsp. llanganatensis*
- **Páramo de almohadillas:** este tipo de vegetación esta entre los 4000 msnm y 4500 msnm y está compuesto primordialmente de hierbas, almohadillas y algunos grupos arbustivos como el *Polylepis*.
- **Herbazal lacustre montano alto:** esta principalmente en los alrededores de las lagunas andinas.
- **Bosque siempreverde montano alto:** cobijado entre los 2900 msnm y 3600 msnm, además incluye la vegetación también conocida como ceja andina.
- **Bosque de neblina montano:** el cual está entre los 2000 msnm y los 2900 msnm, este tipo de vegetación está dominado principalmente por epífitas.
- **Bosque siempreverde montano bajo:** el cual se encuentra entre los 1300 msnm y 2000 msnm, incluye árboles con un dosel de 25 m y 30 m, en la mayoría de los casos (Ministerio de Ambiente, 2013, p.15).

1.2.17. Métodos instrumentales

1.2.17.1. Espectrofotometría de absorción

Los métodos analíticos espectroscópicos se basan en medir la cantidad de radiación que producen o absorben las especies moleculares o atómicas de interés. El vapor del analito es irradiado haciendo uso de una fuente de radiación externa. Si esta longitud de onda es apropiada, la absorben átomos del analito promoviéndolos a estados excitados. Luego, los átomos se relajan a su estado fundamental mediante la transferencia de energía a otros átomos o moléculas del medio. Se detecta la radiación que no es absorbida de manera que cada elemento deja su huella a través de las longitudes de onda vacías. La espectroscopía atómica se utiliza extensamente para analizar

átomos metálicos en cantidades traza (ppm, ppb) en minerales, muestras biológicas, metalúrgicas, farmacéuticas, aguas, alimentos, suelos y sedimentos (Alarcón, 2011, p. 34).

1.2.17.2. Espectrofotometría de absorción atómica (AAS)

La espectrometría de absorción atómica de llama es un método analítico maduro, que está presente en cualquier laboratorio analítico para determinaciones elementales de metales. No obstante, hay campo aún para la innovación en especial en lo que respecta a la introducción de la muestra en el atomizador y el aumento de las eficiencias de muestreo del analito y los tiempos de residencia en el atomizador (Alarcón, 2011, p. 34).

- Descripción de la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica

La técnica de absorción atómica en llama en una forma rápido y fiable podemos decir que: la muestra en estado líquido es aspirada a través de un tubo capilar y conducida a un nebulizador donde ésta se desintegra y forma un rocío o pequeñas gotas de líquido. Las gotas formadas son conducidas a una flama, donde se genera una secuencia de eventos que originan la formación de átomos. Estos átomos absorben cualitativamente la radiación emitida por la lámpara y la cantidad de radiación absorbida está en función de su concentración. La señal de la lámpara cuando pasa por la flama llega a un monocromador, que tiene como finalidad el discriminar todas las señales que acompañan la línea de interés. Esta señal de radiación electromagnética llega a un detector o transductor y pasa a un amplificador y al final a un sistema de lectura, por lo cual en la industria tiene una enorme aplicación para determinaciones cualitativas y cuantitativas de metales pesados presentes en los productos (Remache, 2013, p. 26).

1.2.18. Instrumentación

Los componentes de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica son, fuente de radiación, atomizador, sistema selector de onda y detector. A continuación, se muestra un diagrama que permite apreciar cada una de las partes que integran a un equipo de absorción atómica.

1.2.18.1. Fuente de radiación

En la lámpara se excitan los átomos del elemento al saltar de niveles y emiten su radiación característica que es absorbida por el analito de la muestra. Es necesario que la fuente de luz que emita las líneas atómicas características de un solo elemento, el que se encuentre analizando.

La fuente de radiación debe tener 3 características primordiales:

- Mono cromaticidad: la línea de resonancia debe seleccionar con toda precisión exactamente a la longitud de onda del elemento a determinar.
- Intensidad: ser lo suficientemente intensa a la longitud de onda de interés.
- Estabilidad: suficiente como para lograr realizar las medidas sin fluctuaciones considerables (Gomis, 2008, p. 7).

1.2.18.2. Atomizador

Únicamente los átomos en estado fundamental absorben radiación, por lo tanto, el espectrofotómetro de absorción atómica el atomizador es el principal encargado de proporcionar átomos en estado fundamental, por lo cual se necesita suministrar a las muestras energía, de manera inmediata, en cantidad suficiente para disociar la molécula. La energía térmica necesaria para atomizar la muestra se puede dar de diversas formas: llama, cámara de grafito, generador de hidruros, vapor frío (Remache, 2013, p. 28).

1.2.18.3. Monocromador

Encargado en como selector de longitud de onda, su finalidad es controlar la “pureza” de la radiación emitida consiguiendo el menor ancho de banda de longitud de onda posible, consta de un grupo de lentes, espejos y ranuras para dispersar, separar, enfocar y restringir la radiación no deseada (Vásconez, 2012, p. 32).

1.2.18.4. Detector

Es el dispositivo encargado de captar la señal óptica que proviene del monocromador y transformarlo en una señal electrónica, esta es capaz de ser convertida en un valor que puede ser interpretado por los interesados (Remache, 2013, p. 32).



Ilustración 10-1: Equipo de Espectrometría de Absorción Atómica ESPOCH

Fuente: (Laboratorio ESPOCH, 2022).

1.3. Bases legales

1.3.1. Constitución de la república del Ecuador

Que, el Art. 71, de la Constitución de la República del Ecuador, determina que: “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promover el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p.1).

El Art. 406, determina que: “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)

Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe

Que el Art. 1, del Acuerdo de Escazú, determina que:” El objetivo del presente Acuerdo es garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible”(Naciones Unidas, 2021, p.3).

1.3.2. Código Orgánico del Ambiente

Que, el Art. 99 de este Código, dispone que, “Será de interés público la conservación, protección y restauración de los páramos, moretales y ecosistema de manglar. Se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo, de conformidad con la ley.”

Art. 100, Para la protección, uso sostenible y restauración del ecosistema páramo, se considerarán las características ecosistémicas de regulación hídrica, ecológica, biológica, social, cultural y económica.

Para la protección, uso sostenible y restauración del ecosistema páramo, se considerarán las características ecosistémicas de regulación hídrica, ecológica, biológica, social, cultural y económica (Ministerio del Ambiente, 2017, p.43).

1.3.3. Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad

El Art. 46, describe que; “Se prohíbe el establecimiento de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en los páramos que mantengan su cobertura nativa original, no se podrá forestar o establecer nuevos sistemas agroforestales sobre los 3.500 metros sobre el nivel del mar, al norte del paralelo 3° 00’ de latitud sur, y sobre los 3.000 metros sobre el nivel del mar, al sur de este paralelo. Se exceptúan de esta disposición las plantaciones forestales y sistemas agroforestales con especies nativas realizadas por las comunidades con fines de subsistencia, considerando para este efecto una superficie máxima de una hectárea por familia, y las plantaciones forestales con especies nativas realizadas con fines de protección en áreas degradadas” (Ministerio del Ambiente, 2008, p.3).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Área de estudio

El Parque Nacional Llanganates se creó mediante Resolución N°00002 el 18 de enero de 1996, Registro Oficial N°907, 19 de marzo de 1996. Abarca un perímetro de 347, 96 Km y una superficie de 219 707 ha y se encuentra al norte y centro de la Cordillera Oriental, en la jurisdicción territorial de las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Pastaza y Napo.

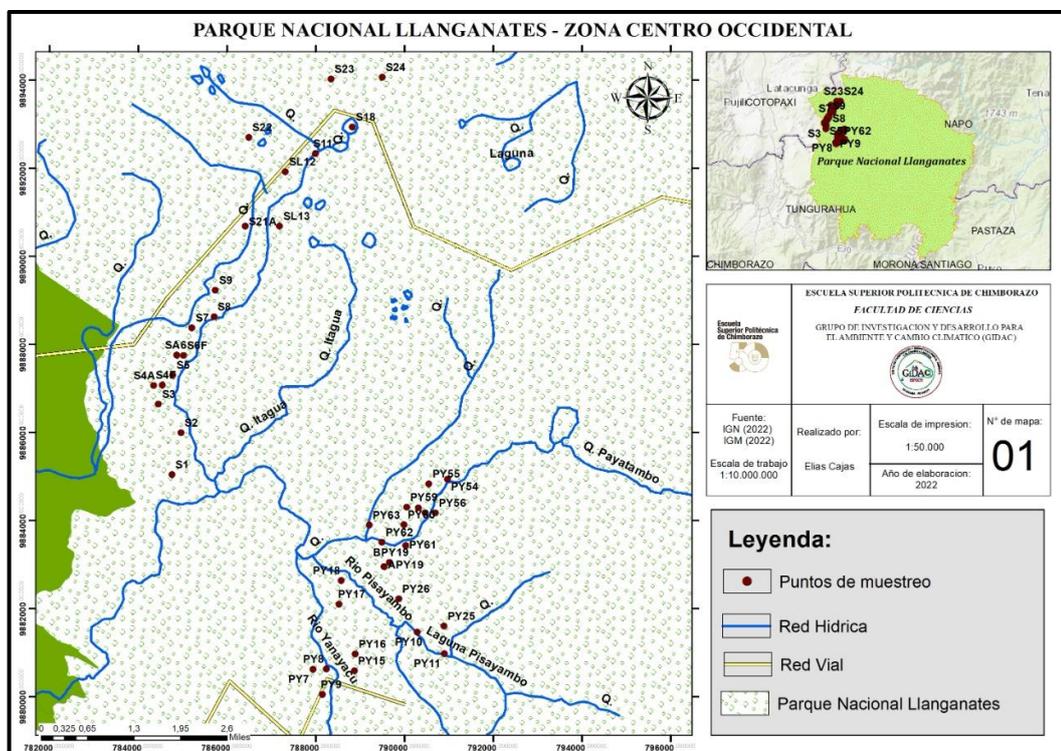


Ilustración 1-2: Mapa del área de estudio, zona noroccidental del PNL

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

La zona altoandina del PNL posee algunos hábitats que no solo son paleo-ambientales singulares en los Andes, si no que presentan condiciones ambientales distintas particularmente por la abundancia de pantanos, turberas y la localización de varias lagunas en el ecotono entre páramos y bosques montanos de las estribaciones de la cordillera oriental.

El Sector noroccidental del PNL presenta lagunas, ciénegas, turberas y pantanos localizados en amplias planicies estacionalmente inundables como la de las lagunas de Anteojos, Chaloacocha, y la Cocha de Mulatos, su ingreso se lo hace desde la parroquia de San Miguel de Salcedo hasta llegar al refugio de Panzarumi, también se puede ingresar por el sector occidental desde Píllaro

hasta llegar al refugio de Sunfopamba que se localiza próximo a la comunidad de San José de Poaló, en la provincia de Tungurahua, dentro del cual se encuentra la represa de Pisayambo y algunas lagunas como la de Quillopaccha, turberas y pantanos que la alimentan.

2.1.1. Ubicación geográfica

El Parque Nacional Llanganates (PLN) se localiza geográficamente entre los ríos Chalupa y Verdeyacu al norte; Yanayacu y Patate al occidente; Pastaza al sur; y, Anzu y Jatunyacu al este. De acuerdo con el Plan de Manejo del PLN emitido por el Ministerio del Ambiente en el año 2011, las coordenadas geográficas de su localización son las siguientes (Endara et al., 2012, p. 10).

Tabla 1-2: Coordenadas geográficas del PNL

	Latitud Sur	Longitud Occidental
Norte	00°52'24"	78°20'00"
Sur	01°25'24"	78°08'54"
Este	01°03'00"	77°55'00"
Oeste	01°13'24"	78°28'42"

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

2.2. Características biofísicas

La zona de los Llanganates pertenece a la Ecorregión Páramo del Norte de los Andes, lo que lo cataloga como sobresaliente a nivel global, y de máxima prioridad a nivel regional, además es considerado como sitio de importancia de conservación por “The Nature Conservancy y el Centro de Datos para la Conservación de Sudamérica” en su estudio de la Cordillera Real Oriental (Endara et al., 2012, p. 11).

2.2.1. Clima

El PNL incluye tres de las nueve clases de climas del Ecuador, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2-1: Tipos de Cimas en el PNL

Clasificación	Rango Altitudinal (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo a húmedo.	3000 y 3200	500 y 2000	12 y 20
Clima Ecuatorial frío de alta montaña.	3000 y 3200	800 y 2000	< 12
Clima tropical mega térmico muy húmedo.	1000 y 2000	> 2000	> 22

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

A pesar de que los Llanganates no tienen una estación seca bien definida, se conoce que los meses en que menos llueve son entre octubre a marzo. Por otro lado, aunque la información pluviométrica es escasa, es evidente que la precipitación anual es más alta en la parte oriental y disminuye hacia el occidente en las vertientes bajas del callejón interandino (Vázquez et al., 2005, p. 10). Sin embargo, de acuerdo con información proporcionada con el Ministerio de Ambiente, Agua, y Transición Ecológica, se estima que la precipitación anual fluctúa entre 1000 y 4000 mm.

2.2.2. Temperatura

En el páramo se aprecian cambios extremos de temperatura, nubosidad y pluviosidad en pocos minutos, debido a la influencia de la altitud. Las fluctuaciones de temperatura durante el día oscilan entre 12° y 22°, y durante la noche pueden llegar fácilmente a menos 0° (Izurieta, 2007, p. 10).

2.2.3. Hidrología

Definitivamente el agua es uno de los recursos más abundantes en los Llanganates, gracias a sus condiciones meteorológicas que permiten abundante precipitación, frecuentes neblinas, y las numerosos lagunas, pantanos y tuberías que lo conforman. Permitiendo así que esta región de origen a importantes cuencas hidrográficas como la del río Napo y Pastaza que son los principales afluentes del río Amazonas. Sus ríos son muy torrentosos y estrechos cuando caen por laderas empinadas, lo que muchas veces desencadena una erosión sustancial que por fortuna puede ser controlada gracias a la espesa vegetación de la zona (Izurieta, 2007, p. 8). El PNL está conformado por más de 80 lagunas y espejos de agua, que se encuentran localizados sobre los 3500 m, los más sobresalientes son los del sector del embalse de Pisayambo y los páramos de la vía Salcedo-Tena.

2.2.4. Geología y geomorfología

Los Llanganates se consideran como una región vulnerable, por su singular geomorfología que cuenta con amplias terrazas y declives pronunciados en las estribaciones de la cordillera Oriental, por lo que es necesario implementar mecanismos que permitan controlar la erosión, destrucción de remanentes boscosos, desecación de pantanos e incendios ocasionales causados por el sobrepastoreo en ciertas áreas.

La cordillera de los Llanganates presenta las siguientes formaciones geológicas, que se caracterizan por ser muy diferentes a las del resto de los Andes, ya que datan de diferentes orígenes y edades.

Tabla 3-2: Formaciones geológicas del PNL

Símbolo	Formación	Litología	Periodo
Qc	Cangagua	Toba	Cuaternario
MPlp	Formación Pisayambo	Lava andesítica, Ivn, basalto, b	Plioceno
PMzm	Grupo Margajitas	Arcilla semimetamorfizada, Filitas, pizarras, cuarcitos.	Mesozoico
Pzl	Grupo Llanganates	Filita, esquistos, genesis.	Paleozoico
KPCT	Formación Tena	Arcilla roja, arenisca	Cretáceo superior
KH	Formación Hollín	Arenisca, cuarcita	Cretáceo inferior
G	Granito de Abitagua	Granito, granodiorita	Mesozoico
KN	Formación Napo	Arenisca, caliza, lutita	Cretáceo medio
Kch	Sedimentos Cerro Hermoso	Arcilla calcárea negra, caliza	Cretáceo

Fuente: (Vázquez et al., 2005, p. 6).

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

La cordillera de los Llanganates también posee una de las anomalías más representativas de los Andes, ya que en su punto más alto “Cerro Hermoso” se identificaron rocas sedimentarias de origen marino en lugar de rocas volcánicas, y esto debido a los movimientos tectónicos que permitieron que los depósitos marinos se desplazaran desde la Amazonía, sobre una base de rocas metamórficas paleozoicas comunes de los cerros Andinos. Además, se tiene evidencias de que, durante el Pleistoceno, las zonas más altas ubicadas sobre los 3500 m se encontraban cubiertas por glaciares que luego irían desapareciendo debido a la erosión fluvial (Vázquez et al., 2005, p. 6).

2.3. Tipo y diseño de investigación

2.3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo No Experimental, ya que no se realiza una manipulación intencional de las variables, sino que se observan en su entorno natural, evaluando una situación ya existente. El diseño es transeccional o transversal, porque los datos se recopilaban en un momento único y determinado, y de tipo correlacional porque se analiza la incidencia o relación causa-efecto entre dos o más categorías, conceptos o variables.

2.3.2. Según el enfoque de estudio

La investigación tiene un enfoque cuantitativo porque, se trabajó con aspectos observables y medibles y se aplicó la recolección de datos con uno o varios instrumentos de medición para luego ser analizados e interpretados, para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

2.3.3. Alcance de la investigación

La investigación tiene un alcance correlacional, ya que con este se busca conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más variables en una muestra o contexto específico. Para evaluar el grado de asociación entre variables en los estudios correlacionales primero se mide cada una de estas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Dichas correlaciones se sustentan en hipótesis que serán sometidas a prueba para probarlas o descartarlas.

2.4. Población

Para determinar el universo se debe tener claro la unidad de análisis del estudio para lo cual se considera como población o universo a todo el espacio de suelo que va a recibir el tratamiento, que comprende a las localidades de Panzarumi y Sunfopamba que corresponden a la zona noroccidental del Parque Nacional Llanganates, cuya extensión es de 1480 ha Y 1745 ha respectivamente.

Tabla 4-2: Población de Estudio

Zona	Área (ha)	Porcentaje %
Panzarumi	1 480	45,89
Sunfopamba	1 745	54,11
TOTAL	3 225	100

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022., 2022.

2.5. Muestra

Las muestras serán tomadas a dos profundidades de 30 cm y 60 cm con la ayuda de anillos de kopecky para conservar su humedad y medir su densidad aparente. Se tomarán dos muestras por cada punto o parcela establecido, obteniéndose un total de 84 unidades muestrales

2.5.1. Diseño experimental

2.5.1.1. Selección de los puntos de muestreo

El método de muestro que se empleó en esta investigación fue el muestro no probabilístico, por conveniencia debido a que este nos permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos, principalmente en la conveniente accesibilidad y proximidad del objetivo este

dependiendo del juicio del investigador (Otzen y Manterola, 2017, p. 4). En la siguiente tabla se puede observar los puntos y coordenadas exactas donde se tomaron las muestras.

Tabla 5-2: Coordenadas de los Puntos de Muestreo

LUGAR	PARCELA	CÓDIGO	X- COORD	Y-COORD	ALTITUD (msnm)
Sunfopamba	P1	PY7	787943	9880615	3605
	P2	PY8	788239	9880628	3616
	P3	PY9	788154	9880052	3610
	P4	PY10	790293	9881463	3594
	P5	PY11	790898	9880977	3609
	P6	PY15	788876	9880588	3727
	P7	PY16	788892	9880966	3798
	P8	PY17	788523	9882095	3543
	P9	PY18	788573	9882632	3597
	P10	APY19	789544	9882949	3592
	P11	BPY19	789664	9883050	3591
	P12	PY25	790894	9881605	3773
	P13	PY26	789873	9882218	3703
	P14	PY54	790971	9884934	3654
	P15	PY55	790552	9884831	3643
	P16	PY56	790698	9884172	3636
	P17	PY57	790472	9884169	3626
	P18	PY58	790317	9884285	3636
	P19	PY59	790054	9884305	3684
	P20	PY60	789991	9883907	3633
	P21	PY61	790028	9883434	3604
	P22	PY62	789498	9883502	3645
	P23	PY63	789206	9883898	3678
Panzarumi	P1	S1	784760	9885040	3438
	P2	S2	784964	9885993	3514
	P3	S3	784453	9886642	3474
	P4	S4A	784344	9887068	3568
	P5	S4F	784542	9887074	3496
	P6	S5	784779	9887301	3504
	P7	SA6	784870	9887759	3597
	P8	S6F	785022	9887747	3533
	P9	S7	785213	9888373	3607
	P10	S8	785710	9888626	3664
	P11	S9	785738	9889226	3859
	P12	S11	788000	9892338	3972
	P13	SL12	787317	9891920	3986
	P14	SL13	787186	9890688	3879
	P15	S18	788825	9892934	3984
	P16	S21A	786410	9890683	3950
	P17	S22	786491	9892702	4076
	P18	S23	788344	9894031	4046
	P19	S24	789502	9894070	3930

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

2.6. Muestreo

Una vez seleccionados los puntos o parcelas de muestreo se procede a la remoción de la cobertura vegetal, luego con ayuda de la hoyadora se cava de manera vertical, obteniéndose dos muestras superficiales por parcela de entre 1 a 2 kg de peso, una se recolectada a 30 cm de profundidad y la otra a 60 cm, para luego ser trasladadas en bolsas plásticas que deberán estar bien etiquetadas para su posterior análisis en laboratorio.

El siguiente mapa permite ver con mayor facilidad la distribución de los puntos de muestreo en los diferentes ecosistemas considerados en las zonas de Panzarumi y Sunfopamba.

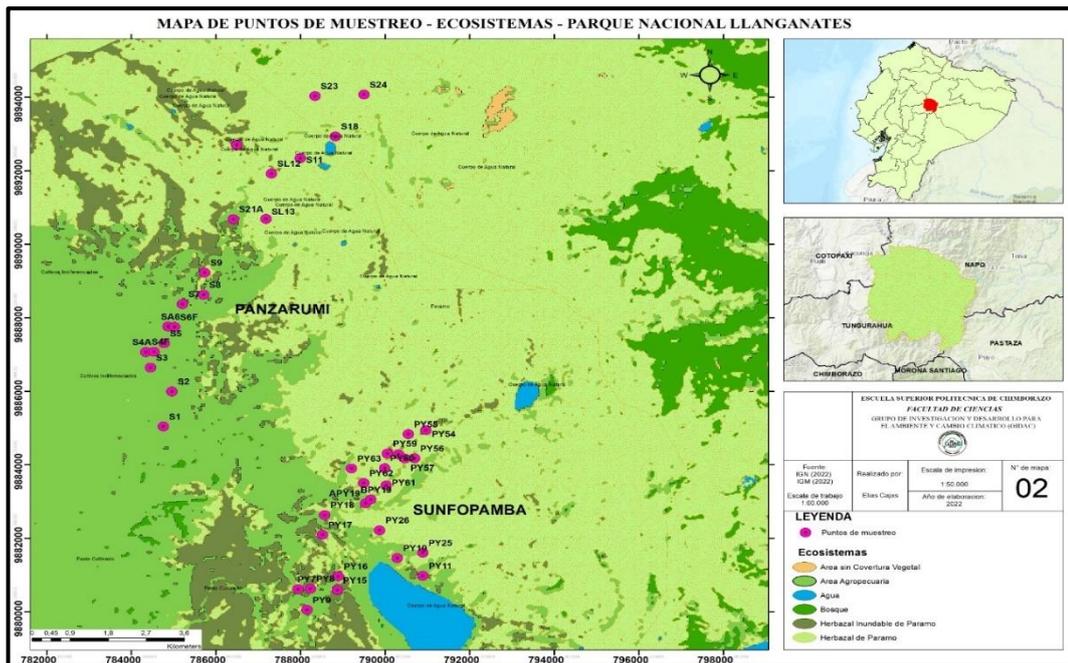


Ilustración 2-2: Mapa de distribución de los puntos de muestreo.

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

Debido a la heterogeneidad de la zona de estudio, se eligió un patrón de muestro zigzag respetando una equidistancia de 100 metros entre cada punto, con la ayuda de un geoposicionador, que posteriormente nos permitirá confirmar las coordenadas (Mendoza y Espinoza, 2017, p. 19).

2.6.1. Codificación y etiquetado de muestras

Cada muestra será recolectada en una bolsa plástica que deberá estar bien etiquetada con un marcador permanente, con la siguiente información: fecha de toma de muestra, profundidad de muestreo, nombre del propietario, ubicación de la muestra en la parcela o paisaje y un código de la muestra, que permitirá ubicar fácilmente la muestra cuando ingrese al laboratorio (Mendoza y Espinoza, 2017, p. 22).

2.6.2. Toma de muestras en campo

Las muestras se toman de manera superficial, con una profundidad máximo de un metro, para este caso se tomaron dos muestras por punto, la primera a 30 cm y la segunda a 60 cm respectivamente, cavando hoyos. Este sistema es practico, fácil y rápido de usar, además que permite abaratar costos; el material del instrumento muestreador dependerá de los parámetros a analizarse, por lo que se recomienda el uso de materiales a base de acero inoxidable o plástico, evitando los cromados, pintados o una superficie diferente que pueden transferir sus propiedades a la muestra o alterarla (Vidal, 2014, p. 25).

2.6.3. Conservación de las muestras

No se debe empacar las muestras en fundas de papel, menos envolver en papel periódico ya que sus residuos son fácilmente transferibles y pueden alterar el resultado del análisis. Por el contrario, se recomienda almacenar las muestras en bolsas plásticas, amarrar el extremo sacando todo el aire posible, etiquetar o rotular por fuera, y ubicarlas en una bolsa más grande para su traslado.

Para su traslado es importante evitar el contacto de las muestras con agentes externos como combustibles, fertilizantes, cal, estiércol, u otro producto que pueda alterar su composición o contaminarlas. Para análisis de las características fisicoquímicas, como macro y micronutrientes, textura, MO, CIC, es suficiente con 0,5 kg de muestra (Vidal, 2014, p. 21).

Lo primero que se debe considerar para la conservación de las muestra en el laboratorio es el secado al aire libre a una temperatura no mayor a los 35 °C y una humedad relativa menor al 60 %, porque una temperatura mayor a la indicada puede alterar algunas características físico químicas del suelo y también producir cambios en el estado de oxidación de elementos como el Fe²⁺, y en el potasio de cambio, y la forma de presentarse el N y el P, así como desencadenar algunas reacciones microbiológicas. Estas transformaciones serán más relevantes cuanto mayor sea el tiempo de secado de la muestra. En general es recomendable que las muestras se analicen tan pronto como sea posible, caso contrario deben conservarse en cámara frigorífica a 4 °C.

2.6.4. Almacenamiento de las muestras

Para su almacenamiento es necesario secar la muestra, para ellos se debe extender y destruir con cuidado los agregados o grumos que resaltan a simple vista, con la ayuda de un rodillo de madera, o un pistilo de caucho. Cabe recalcar que las muestras deben secarse antes de las 24 horas de su recolección para evitar exudación dentro de la bolsa y reducir las reacciones químicas y bioquímicas que sean posible fuente de error (Vidal, 2014, p. 22).

Una vez seca la muestra se puede pasar a la fase de preparación, o bien almacenarlas hasta que pueda entrar en la rutina de los análisis de laboratorios.

2.7. Materiales, Equipos y Reactivos

2.7.1. Materiales

- Flexómetro
- Excavadora
- Martillo de goma
- Cilindros de acero inoxidable (Anillo de Kopecky)
- Bolsas plásticas ziploc
- Rotulador permanente
- Cinta film
- Espátula
- Vaso de precipitaciones
- Varilla de agitación
- Balones de aforo
- Frascos de vidrio ámbar
- Pipeta volumétrica
- Pera de succión
- Envases herméticos de plástico
- Erlenmeyer
- Piseta
- Embudo buchner
- Papel filtro
- Micropipetas
- Pipetas gravimétricas
- Vasos plásticos
- Cubeta de 10 ml
- Estante de cubetas
- Para pasar suelos, 10 ml
- Tubos de dilución
- Embudo de filtración
- Jeringa de 1 ml

2.7.2. Equipos

- GPS
- Multiparámetro
- Bomba al vacío
- Balanza analítica
- Balanza digital
- Espectrofotómetro de absorción atómica Ice 3000 SERIES
- Ordenador
- Fotómetro PTB7510 Soiltest 10 de Palintest

2.7.3. Reactivos

- Agua ultrapura
- Agua destilada
- Acetato de amonio
- Ácido nítrico
- Estándar de Calcio
- Estándar de Magnesio
- Estándar de Potasio
- Estándar de Sodio

2.7.4. Preparación de los estándares

Preparar los estándares a partir de las soluciones madre de sodio, calcio, potasio y magnesio que vienen con una concentración comercial de 1000 ppm. Tomar 0,5 ml del frasco de sodio y aforar a 50 ml con agua desionizada, obteniéndose una solución de 10 ppm, a partir de esta hacer diluciones para obtener estándares de 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 y 2 ppm en 50 ml de agua desionizada tomando alícuotas de 1, 2, 4, 8 y, 10 ml, y repetir el mismo proceso para obtener los estándares de potasio. Tomar 1 ml del frasco de magnesio y aforar con agua desionizada hasta 50 ml, obteniéndose una dilución de 20 ppm a partir de la cual debe preparar los estándares de 0.4, 0.8, 1.6, 2 y 4 ppm, en 50 ml de agua desionizada tomando alícuotas de 1, 2, 4, 5 y, 10 ml de la disolución, repetir el proceso para la obtención de los estándares de calcio.

2.7.5. Preparación de las muestras

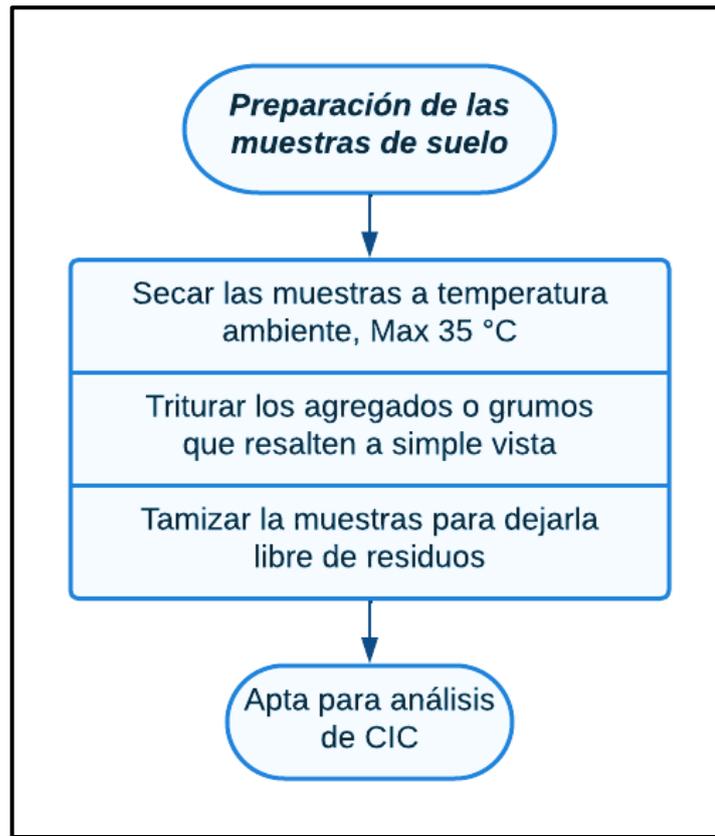


Ilustración 3-2: Preparación del suelo

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

2.7.6. Determinación de los cationes intercambiables Na, K, Mg y Ca+

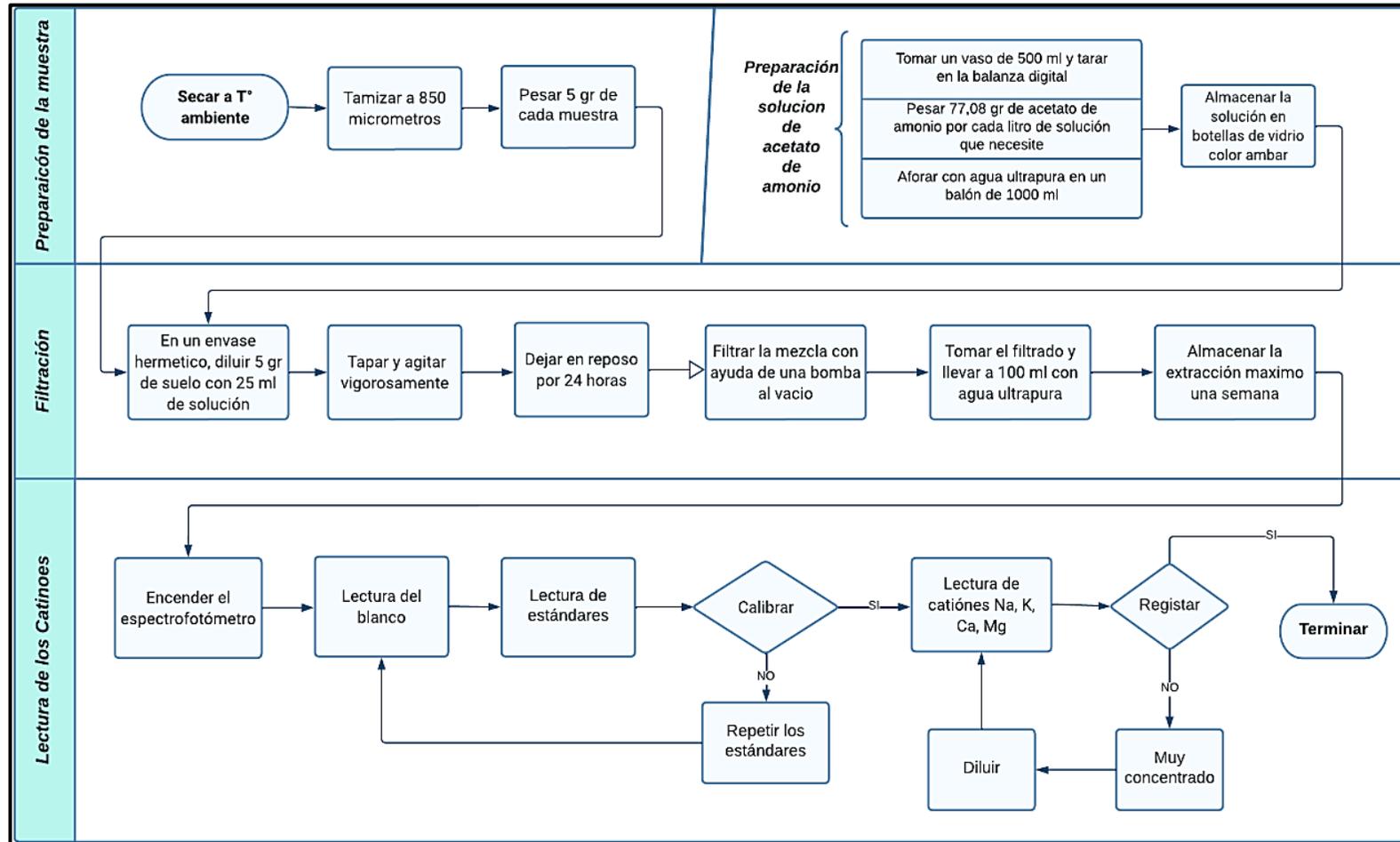


Ilustración 4-2: Proceso de intercambiable

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

2.7.7. Determinación de Aluminio

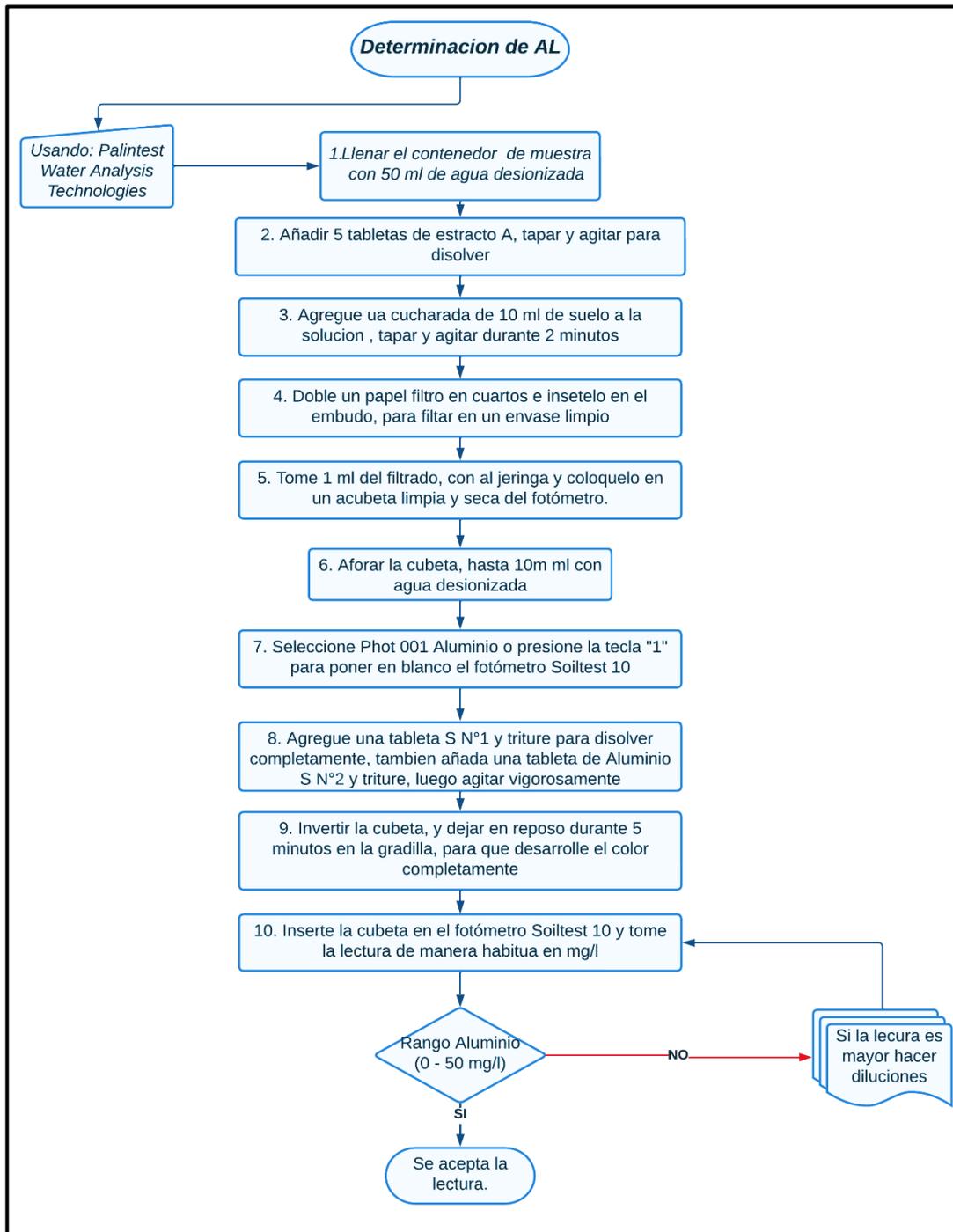


Ilustración 5-2: Determinación de aluminio

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

2.8. Capacidad de intercambio catiónico

La determinación de la capacidad de intercambio catiónico CIC consiste en la sumatoria de los cationes intercambiables más la acidez intercambiable representada por Al^{3+} y H^+ .

$$CICE = [(Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+) + (Al^{3+}H^+)]$$
$$CICE = \frac{Cmol}{Kg\ suelo}$$

Donde:

CICE= Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva.

Foto de medición en el espectro

2.9. Uso de IDW de ArcGIS

Se recomiendo el uso de esta herramienta para bases de datos pequeñas, o cuando la distancia de muestreo es muy grande e incluso cuando la distancia de muestreo es mayor al rango de la correlación espacial. Dado que el IDW interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando un promedio de distancia ponderada, este no puede ser mayor que la entrada máxima o inferior que la entrada mínima.

El método IDW está basado principalmente en la inversa de la distancia elevada a una potencia matemática, el parámetro potencia permite controlar el significado de puntos conocidos en los valores interpolados, en función de su distancia respecto del punto de salida (ArcGIS Pro, 2020).

2.10. Hipótesis de investigación

A mayor uso de suelo, menor capacidad de intercambio catiónico en la zona centro occidental del Parque Nacional Llanganates.

Los ecosistemas influyen en la disminución de la capacidad de intercambio catiónico de la zona centro occidental del Parque Nacional Llanganates.

2.10.1. Variables

Tabla 6-2: Variables de estudio

Variable dependiente	Variable independiente
Capacidad de intercambio catiónico.	Ecosistemas.

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022., 2022.

2.10.1.1. Análisis descriptivo de las variables de estudio

Los parámetros seleccionados para el análisis estadístico corresponden a las variables dependiente e independiente, donde la capacidad de intercambio catiónico abarca los cationes intercambiables calcio, sodio, potasio, magnesio, hidrogeno y aluminio y los ecosistemas que se han considerado para el estudio son Herbazal de páramo, Herbazal inundables y Tierra agropecuaria, tanto para la zona de Panzarumi como Sunfopamba. También se calculó las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma, siendo el sesgo y la curtosis estandarizados las de mayor interés porque nos permiten determinar si la distribución de la muestra es normal, siempre y cuando los valores medidos se encuentren dentro del rango de -2 a +2, de no ser así, cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar sería invalida. Se debe tener en cuenta que luego de tener un resumen estadístico, se debe aplicar pruebas de estadística paramétrica si las muestras analizadas presentan una distribución normal, y una estadística no paramétrica si las muestras están muy dispersas.

Tabla 7-2: Resumen estadístico CIC

Recuento	84
Promedio	11,1803
Mediana	7,78
Varianza	120,93
Desviación estándar	10,9968
Coefficiente de variación	98,3591%
Error estándar	1,24514
Mínimo	1,01
Máximo	47,38
Rango	46,37
Sesgo estandarizado	6,27314
Curtosis estandarizada	5,35724

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022., 2022.

La tabla 7-2, nos indica que debido a que el sesgo y la curtosis estandarizados no se encuentran dentro del rango de [-2, +2], se afirma que los datos analizados para la capacidad de intercambio catiónico no presentan una distribución normal, por lo que se debe aplicar un método no paramétrico.

Por ejemplo, La prueba H de Kruskal Wallis es un método no paramétrico que evalúa la hipótesis de que las medianas dentro de cada grupo son iguales, para saber si existen diferencias significativas entre los mismos, combinando los datos de todos los grupos y ordenándolos de mayor a menor, luego se calcula el rango promedio para los datos de cada grupo, y si el valor de P es mayor o igual que 0,05 no existe diferencia significativa entre las medianas con un nivel de confianza del 95 %. Se empleará esta prueba ya que permite corroborar las diferencias más

relevantes entre dos o más grupos de una variable independiente con más de dos grupos, respecto a una variable ordinal o continua, como en este caso dónde se cuenta con tres ecosistemas bien definidos que serán relacionados con la capacidad de intercambio catiónico.

Tabla 8-2: Prueba de Kruskal-Wallis para CIC por Ubicación ecosistema

Ubicación ecosistema	Tamaño de la muestra	Rango Promedio
P_HDP	10	47,2
P_HIP	6	46,8333
P_TAGP	12	58,5
S_HDP	16	24,2188
S_HIP	18	26,8333
S_TAGP	22	41,6591
Estadístico = 21,4447 Valor-P = 0,000667396		

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022., 2022.

Donde:

P_HDP. – Panzarumi_Herbazal del páramo

P_HIP. – Panzarumi_Herbazal inundable del páramo

P_TAGP. – Panzarumi_Tierra agropecuaria

S_HDP. – Sunfopamba_Herbazal del páramo

S_HIP. – Sunfopamba_Herbazal inundable del páramo

S_TAGP. – Sunfopamba_Tierra agropecuaria

La tabla 8-2 evalúa la hipótesis de que las medianas de CIC dentro de cada uno de los seis niveles sean iguales, y nos indica que debido a que el valor de -P es menor A 0,005, si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel de confianza de 95%. Para determinar cuáles medianas con significativamente diferentes de otras, se puede hacer uso de un Ilustración de cajas y bigotes que muestra la distribución de datos en cuartiles, resaltando el promedio y los valores atípicos, las cajas podrían tener líneas que se extienden verticalmente llamadas bigotes, las cuales indican la variabilidad fuera de los cuartiles y cualquier punto fuera de estas se considera un valor atípico.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis Descriptivo

Tabla 1-3: Análisis PNL

CAT.	Promedio	Mediana	SD	C.V	Máximo	Mínimo	Rango	Sesgo	Curtosis
Na+	0,271564	0,1755	0,5811	213,97 %	5,27	0,05	5,22	30,5631	132,973
K+	0,300474	0,1805	0,3967	132,03 %	3,12	0,08	3,038	18,7135	60,5636
Ca2+	9,472	6,5605	9,9064	104,59 %	46,07	0,14	45,928	6,6981	6,8831
Mg2+	1,11466	0,6511	1,3891	124,62 %	7,89	0,29	7,602	12,3463	24,0142
H+	0,000619	0,0002	0,0013	214,75 %	0,01	0,00003	0,010487	21,4331	74,7227
Al	0,136333	0,1585	0,1003	73,59%	0,32	0,012	0,309	0,3198	-0,61922
C.I.C (mEq/100g)	11,1803	7,78	10,9968	98,36%	47,38	1,01	46,37	6,27314	5,35724

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

La tabla 1-3 muestra los valores obtenidos para los diferentes cationes medidos en la zona noroccidental de PNL, obteniéndose un valor promedio de sodio de 0.2716 meq/100g siendo este valor muy bajo de acuerdo con la Tabla 1-1 que clasifica a los cationes presentes en el suelo en diferentes rangos de concentración; el potasio presenta un valor promedio de 0.3004 meq/100g por lo que también se lo considera muy bajo mostrando una estrecha correlación entre estos dos cationes. El calcio presentó un promedio de 9.472 meq/100g deduciendo que su concentración es muy alta al superar los 2,40 meq/100g establecidos en la Tabla 1-1. Por su parte, el magnesio tiene un valor promedio de 1.1146 meq/100g, lo que significa que su presencia en el suelo es baja considerando al rango de 0,6 – 1,5 establecido por (Rioja, 2002, p.54).

El sesgo y la curtosis permiten determinar si la distribución de los datos es normal o no, se habla de distribución normal cuando los valores de estos estadísticos se encuentran dentro del rango [-2, +2]. Bajo esta consideración en la tabla 3-1 el único catión que tiene una distribución normal es el aluminio, ya que sus mediciones guardan relación entre si debido a las condiciones de homogeneidad del suelo, no obstante, en este caso solo se tomaron en consideración 12 de las 84 muestra analizadas en los demás cationes, por lo que esta distribución variaría al considerar las 84 muestras.

- Sodio

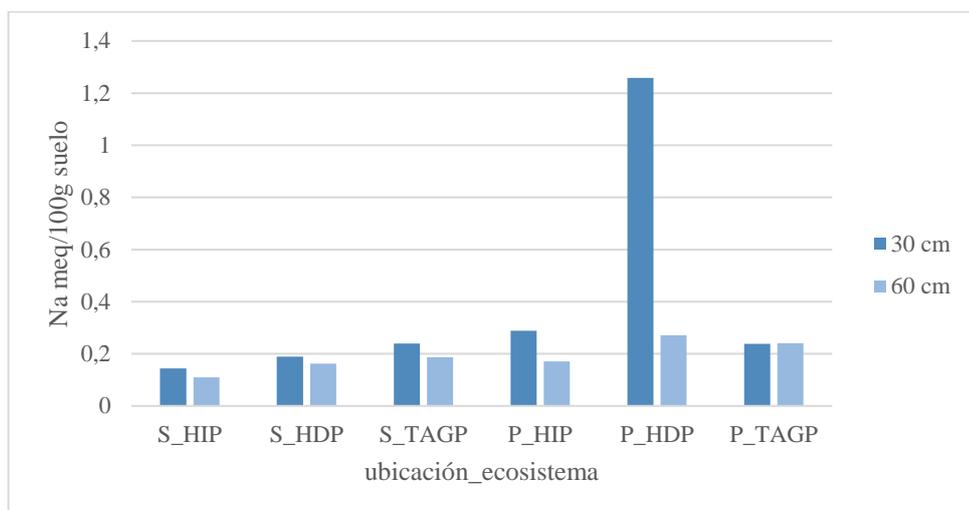


Ilustración 1-3: Resultados de Sodio

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

De acuerdo con los análisis realizados en los diferentes ecosistemas el catión Na^+ como se muestra en el Ilustración 1-3 es más representativo en la zona de Panzarumi a 30cm de profundidad, la mayor concentración de este se encuentra en el herbazal del páramo, seguido del herbazal inundable del páramo y, tierra agropecuaria. Por otro lado, a 60 cm de profundidad en dicha zona, mayor concentración tiene el herbazal de páramo, seguido de tierra agropecuaria y, herbazal inundable de páramo. Posteriormente, en la zona de Sunfopamba es más abundante en el ecosistema de tierra agropecuaria, seguido del herbazal del páramo y, herbazal inundable de páramo para las dos profundidades respectivamente.

En la Tabla 1-3 el promedio de estas zonas es 0.271564 el cual se considera bajo de acuerdo con los rangos establecidos por (Rioja, 2002, p.3). Sin embargo, el herbazal del páramo presentó una alta concentración de sodio el mismo que influye negativamente en la estructura del suelo siendo responsable de la dispersión de las partículas, e impide la filtración de agua en los coloides degradándolos físicamente (Fertilab, 2007, p. 2) afectando a la asimilación de nutrientes por las plantas y la actividad microbiana.

- Potasio

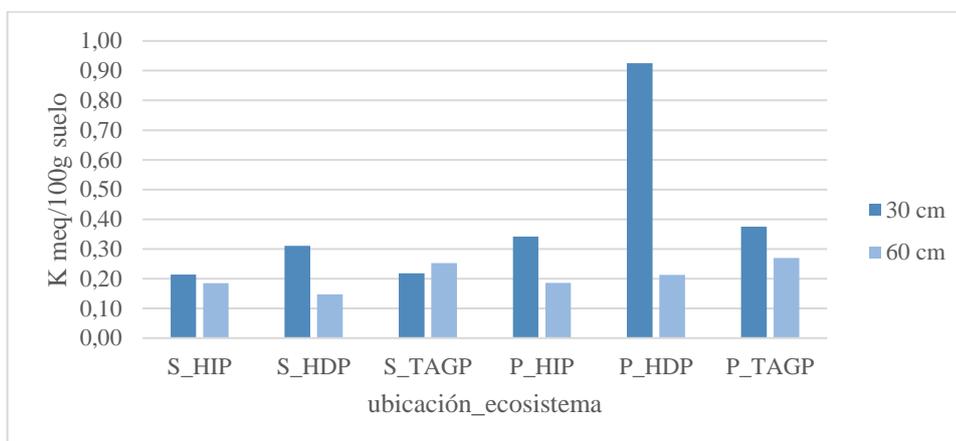


Ilustración 2-3: Resultados de Potasio

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

El Ilustración 2-3 reporta niveles de potasio bajos tanto en la zona de Sunfopamba como Panzarumi a excepción del ecosistema herbazal del páramo, donde es evidente un incremento de este catión alcanzando una concentración de 0.92 meq/100 suelo la cual se considera alta de acuerdo con (Rioja, 2002), además cabe recalcar que este elemento es indispensable para el crecimiento vegetativo y disminuir el potencial osmótico del agua celular (Estupiñán et al., 2009). Es importante mencionar que en estas zonas de páramo donde son abundantes las precipitaciones, el potasio tiende a lixiviarse, por esta razón sus concentraciones son mayormente bajas en los demás ecosistemas, lo cual se relaciona con el alto contenido de calcio de estos suelos (Casco y Patiño, 2021, p. 35).

- Calcio

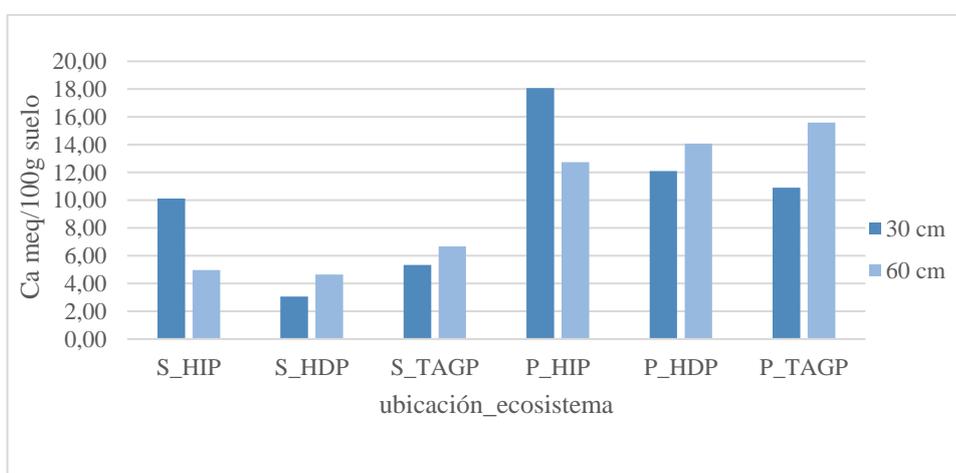


Ilustración 3-3: Resultados de Calcio

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

De acuerdo con los resultados obtenidos el calcio se encuentra distribuido en altas concentraciones en las dos zonas de estudio, no obstante, en el ecosistema herbazal de páramo y, tierra agropecuaria de Sunfopamba los niveles de concentración son más bajos.

Químicamente, existen varias razones por las que el calcio tiende a aumentar. La primera radica en que la concentración de calcio es directamente proporcional al piso altitudinal; es decir a mayor altura que se encuentre el ecosistema, mayor será la presencia de este catión, otro factor que influye es el contenido de arcilla ya que, este está directamente relacionado con los valores altos de calcio contenido en el suelo. Adicionalmente la metodología de laboratorio usada para la extracción de Ca^{++} también altera la obtención de resultados, debido a que el acetato de amonio actúa como un disolvente fuerte en suelos con alto contenido de carbonatos, obteniéndose en consecuencia valores sobreestimados de calcio (Combatt et al., 2016, p.3).

- Magnesio

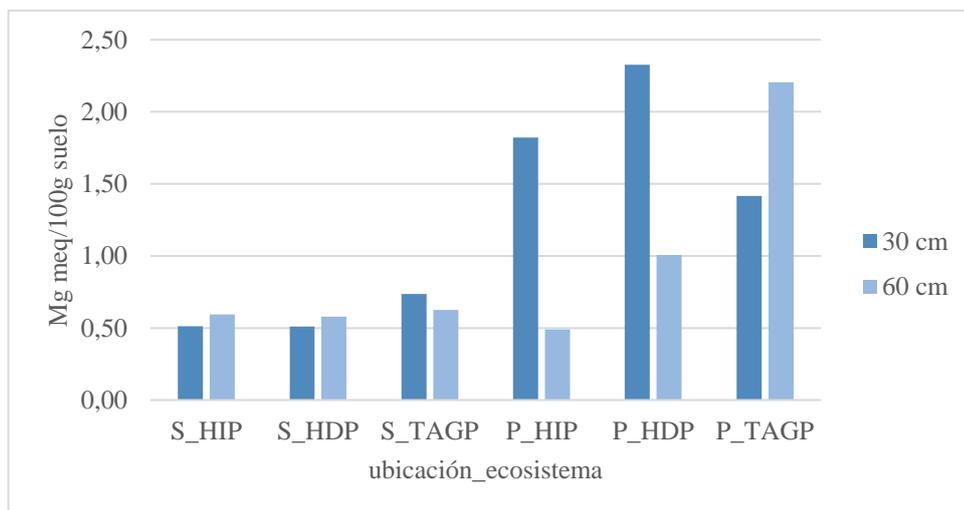


Ilustración 4-3: Resultados de Magnesio

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

El análisis de Magnesio mostró que la mayor concentración de este elemento está presente en la zona de Panzarumi y en menor medida en la zona de Sunfopamba. En suelos de páramo es común encontrar una deficiencia de bases como el magnesio debido a las condiciones meteorológicas y abundantes lluvias que hacen que este sea lixiviado con facilidad. El análisis químico físico realizado por (Páez y Díaz, 2022) reporta un pH ligeramente ácido con un promedio de 5.90 en la zona de Panzarumi y 6.37 en Sunfopamba, lo cual guarda una relación directamente proporcional con el magnesio, es decir que mientras más ácido sea el suelo mayor será la deficiencia de magnesio como lo menciona (Llambí et al., 2012, p.232) en su libro Ecología, hidrología y suelos de páramos.

- Hidrógeno

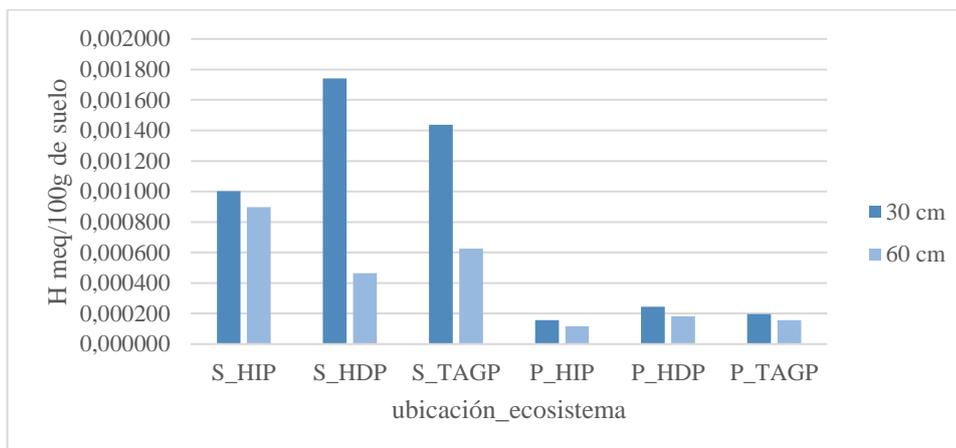


Ilustración 5-3: Resultados de Hidrógeno

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

Los iones del hidrógeno fueron obtenidos a través del pH y los resultados se reportan en el Ilustración 5-3. A una profundidad de 30 cm la mayor presencia de este ion corresponde a la zona de Sunfopamba donde es más evidente en el ecosistema herbazal de páramo, seguido de la tierra agropecuaria y, herbazal inundable de páramo. Mientras que, a 60cm de profundidad se la mayor concentración pertenece al herbazal inundable de páramo, seguido de la tierra agropecuaria y, herbazal del páramo.

Por otro lado, en la zona de Panzarumi existe mayor concentración de hidrógeno a 30cm en el herbazal del páramo, seguido de tierra agropecuaria y en menor proporción en el herbazal inundable del páramo, de forma análoga ocurre con los análisis realizados a 60 cm.

Entre mayor sea la concentración de H⁺ menor será el pH y mayor la acidez del suelo.

- Aluminio

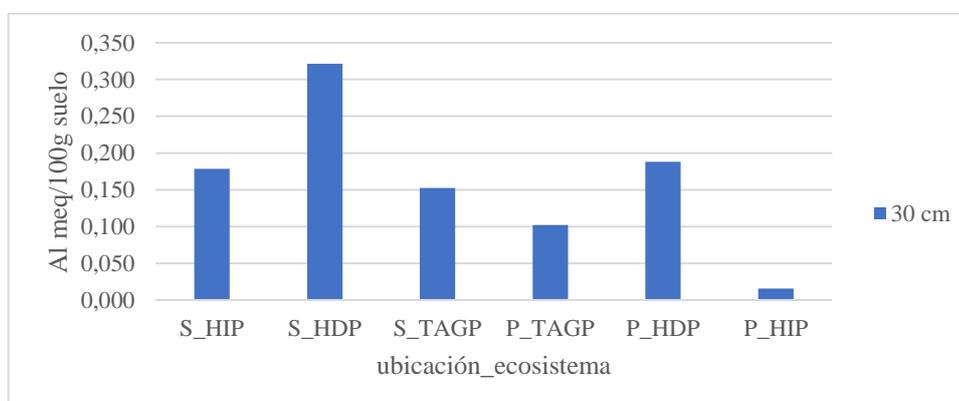


Ilustración 6-3: Resultados de Aluminio

Realizado por: Cevallos, E.; Macías, S., 2022.

Las concentraciones de aluminio difieren significativamente en cada ecosistema como se observa en el Ilustración 6-3, donde la mayor presencia de este catión le pertenece al ecosistema herbazal de páramo, y en menor proporción al herbazal de páramo inundable, mientras que valores intermedios de 0,150 y 0,100 meq/100 suelo se encuentran en la tierra agropecuaria, lo cual se puede corroborar con las mediciones de pH registradas por (Díaz & Páez, 2022) que indican que este ecosistema tiene un pH ligeramente ácido, por esta razón la presencia de Al^{3+} es baja de acuerdo con (Rioja, 2002, p.43) ya que estos dos parámetro guardan una relación directamente proporcional.

El promedio de aluminio es de 0.1363, de acuerdo con (Castellanos, 2000) de 0.11- 0.25 meq/100g está en un rango de baja de concentración de este elemento. El aluminio se reporta como el factor más limitante de la producción agrícola en suelos ácidos por esta razón el pH de las zonas de estudio es ligeramente ácido así entre más bajo sea el pH del suelo habrá más Al^{3+} y las altas concentraciones de aluminio intercambiable Al^{3+} en el suelo resultan tóxicas (Sadeghian, 2016, p. 2).

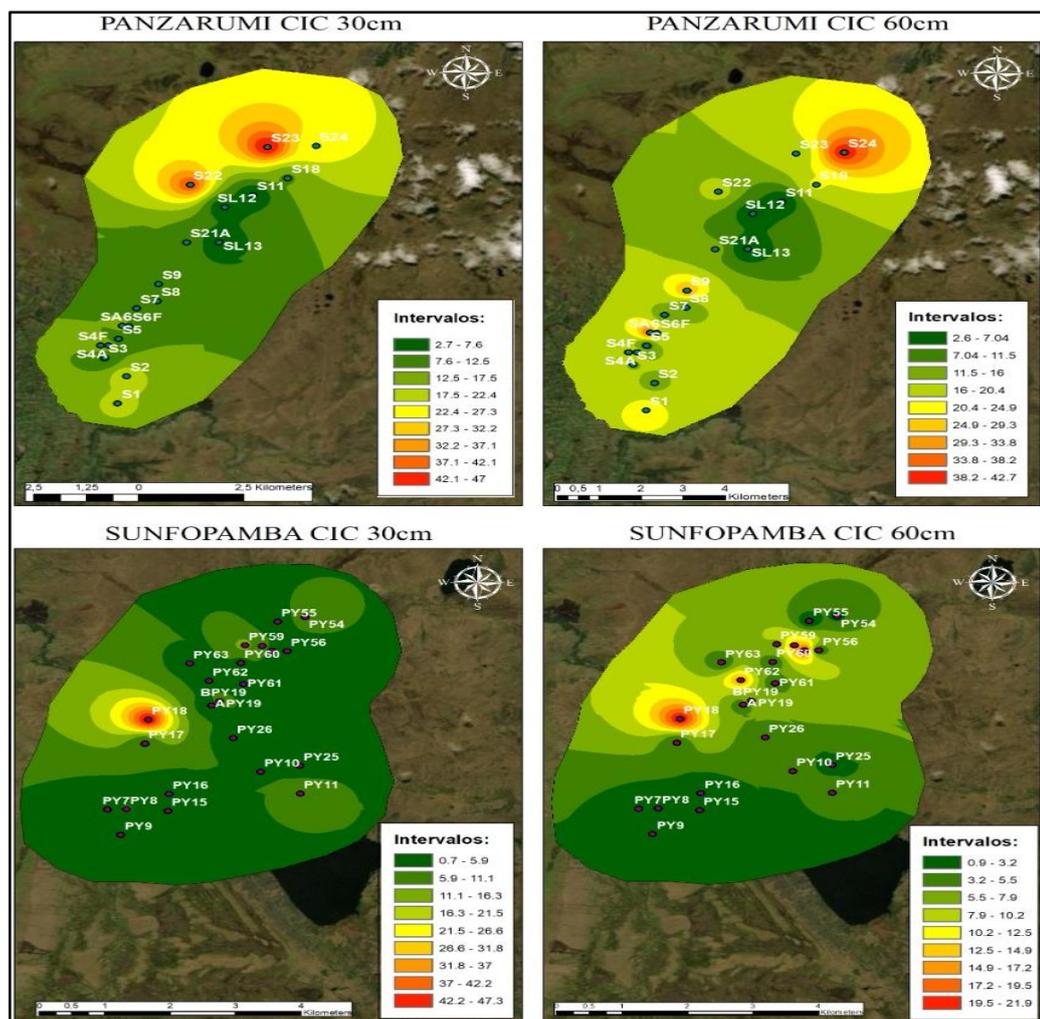


Ilustración 7-3: Capacidad de Intercambio Catiónico en la zona noroccidental del PNL

Realizado por: Cajas, E. 2022.

Este mapa de dispersión permite relacionar la profundidad con las dos localidades de la zona Noroccidental del Parque Nacional de Llanganates, aquí se puede evidenciar como la capacidad de intercambio catiónico es mayor en Panzarumi para las dos profundidades de muestreo, mientras que para Sunfopamba ocurre lo contrario. Teniendo en cuenta que la propiedad de CIC guarda una relación directamente proporcional con el porcentaje de materia orgánica, de acuerdo con (FAO, 2013, p.23), esto se puede corroborar con los datos reportados por (Díaz y Páez, 2022, pp.87-100) en su trabajo titulado “Análisis comparativo de carbón orgánico del suelo de las zonas Panzarumi y Sunfopamba del sistema Ramsar del Parque Nacional Llanganates ” donde reportan valores de materia orgánica superiores al 2,8 %, de manera más notable en la zona de Panzarumi que es donde se encuentran las mayores concentración de CIC.

Por otro lado, también podemos observar que los puntos S 22, S 23 y S 24 pertenecientes al ecosistema herbazal de páramo tienen una coloración bastante cálida indicativa de altas concentraciones de CIC en Panzarumi, mientras que en Sunfopamba en este mismo ecosistema los puntos PY de la parte norte presentan una coloración verde que corresponde a rangos de bajas concentraciones de CIC. Lo que nos hace pensar que el herbazal de páramo de Panzarumi se encuentra más conservado que el de Sunfopamba, esto tiene sentido si los vemos desde el punto de vista de la accesibilidad, ya que la Vía Píllaro - Poaló permite el ingreso con mayor facilidad hacia Sunfopamba que es donde hay mayor intervención antrópica y por ende menor capacidad de intercambio catiónico.

CONCLUSIONES

- Se identificaron 3 tipos de ecosistemas, herbazal de páramo, herbazal inundable y tierra agropecuaria en dos localidades de la zona noroccidental del Parque Nacional Llanganates correspondientes a Panzarumi y Sunfopamba, reconociendo que en la primera existe una menor variabilidad y por ende un mayor estado de conservación del suelo al mantener rangos de Capacidad de Intercambio Catiónico altos.
- Mediante la aplicación de espectrofotometría de absorción atómica se logró identificar la concentración de los iones sodio, potasio, calcio y magnesio, detectándose que su presencia es abundante en Panzarumi, mientras que para los iones de hidrógenos y aluminio ocurre lo contrario, por otro lado, las bases intercambiables tienden a disminuir en Sunfopamba debido a la influencia de las diferentes actividades antrópicas ejercidas, haciendo que sus suelos sean más ácidos
- Empleando el método Interpolación con la Distancia Inversa Ponderada IDW se logró evidenciar
- la distribución de las concentraciones de Capacidad de Intercambio Catiónico, tanto en Panzarumi como en Sunfopamba, determinando que el ecosistema Herbazal de páramo de la primera localidad presenta mayor concentración de CIC que en la segunda. Por lo tanto, Panzarumi tiene suelos con mayor cantidad de nutrientes y presenta un mayor estado de conservación.
- Se determinó que la profundidad guarda una relación inversamente proporcional con la CIC, ya que, a mayor profundidad de muestreo, la capacidad de intercambio catiónico disminuye tanto en Panzarumi como en Sunfopamba, debido a la influencia de las características del suelo como su textura, tipo de arcilla y contenido de materia orgánica, que difieren en cada localidad.

RECOMENDACIONES

- Implementar el uso de herramientas de teledetección de alta precisión por parte del MAATE, que propicie información actualizada a otros investigadores para tener así un mayor control en esta área protegida.
- Analizar la concentración del aluminio a 60cm para estudiar su relación con los demás iones intercambiables, sobre todo en suelos que presenten un pH ácido debido a su influencia en la Capacidad de Intercambio Catiónico.
- Desarrollar un proceso efectivo de planificación y manejo sostenible de los recursos naturales en la zona Noroccidental del Parque Nacional Llanganates.
- Realizar estudios de campo de manera longitudinal o evolutivo para determinar cómo influyen los cambios de estación en la Capacidad de Intercambio Catiónico en los ecosistemas de páramo.
- Realizar estudios que analicen de manera integral la variable climática y el proceso de degradación de la tierra, para identificar con exactitud las áreas con problemas de desertificación o susceptibles de la misma.

GLOSARIO

Turberas: Son ecosistemas conocidos principalmente por actuar como reservorios de agua dulce de gran tamaño, son sumideros de carbono y albergan especies únicas además de ser un recurso económico para la sociedad (Díaz et al. 2008).

Moretales: Hace referencia a bosques inundables (Ministerio de Ambiente del Ecuador 2011).

Marisma: Característico de humedales, santuario de aves migratorias contiene gran variedad de comunidades vegetales (García, Bazo y Fernández 2014).

Bio-carbón: Material producido por el calentamiento de la materia vegetal en una atmósfera pobre en oxígeno (Ávila 2020, p. 24).

Alofónico: con gran cantidad de humedad, relacionados son suelos negros y con alto contenido de arcilla y alta capacidad de retener humedad (Tamayo 2020, p. 49).

Cenagoso: terreno que tiene abundante cieno, barro o lodo (RAE, 2022).

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA-SOLIS, M. *Los páramos andinos del Ecuador*. Quito, Ecuador: Publicaciones científicas M.A.S. 1984.

ALARCÓN, C. Validación del método analítico para la determinación de mercurio en muestras de agua natural, residual y de consumo por medio de espectroscopía de absorción atómica con técnica de vapor frío [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato-Ecuador. 2011. pp. 1-96. [Consulta: 19 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1916/1/BQ%2027.pdf>

AMEZCUA, J.C.; & LARA, M. “El zinc en las plantas”. *Ciencia* [En línea], 2017, 68(3), pp. 28-35. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf

ARCGIS PRO. Cómo funciona IDW. *ESRI* [En línea]. 2020. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-idw-works.htm>

ASTRÁLAGA, M. “La Convención Ramsar y los ecosistemas de Manglar”. *Consejera Principal para las Américas* [En línea], 2006, 1(1), pp. 1-6. [Consulta: 27 julio 2022]. Disponible en: http://www.ramsar.org/types_mangroves_present.pdf

ÁVILA, K. Propuesta de obtención de pellets de carbón-zeolita para la remediación de suelos afectados por actividades mineras [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología. Cuenca-Ecuador. 2020. pp. 15-80. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10392/1/16018.pdf>

BRAVO, C. Evaluación espacio-temporal de procesos de fragmentación y redes ecológicas en el Parque Nacional Llanganates [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2021. pp. 7-90. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/14781/1/236T0542.pdf>

BRIONES, E.; et al. *Inventario de Humedales del Ecuador* [En línea]. Ecuador: FLACSO-Biblioteca & Eco Ciencia. 1997. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/58660.pdf>

BURGOS, J. El Suelo: es la parte superficial de la corteza terrestre [En línea]. 2020. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/453720337/El-suelo-es-la-parte-superficial-de-la-corteza-terrestre-docx>

CABALCETA, G. *Fertilización y nutrición de forrajes de altura* [En línea]. Costa Rica: XI Congreso Nacional Agronomico / III Congreso Nacional de Suelos, 1999. [Consulta: 12 julio 2022]. Disponible en: https://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_239.pdf

CALDERÓN, M. *Preparación del reporte nacional revisado y envío a la convención de las naciones unidas de lucha contra la desertificación* [En línea]. Ecuador: Ministerio del Ambiente, 2015. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/Informe%20Final%20Reporte%20corregido.pdf>

CALDERÓN, M.J. *Oferta hídrica, almacenamiento de agua y carbono en dos escenarios altoandinos del páramo de Mojanda-Ecuador* [En línea]. La Plata-Buenos Aires : Universidad Nacional de La Plata. 2018. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69324/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAMACHO, M. “Los Páramos Ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible”. *Universidad Central del Ecuador*, vol. 372, n° 1 (2013), (Quito-Ecuador) pp. 78-92.

CAÑADAS, L. “El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador”. *Banco Central del Ecuador* [En línea]. 1983 (Quito – Ecuador), 1(1), pp. 197-203. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.sudoc.abes.fr/cbs/xslt/DB=2.1//SRCH?IKT=12&TRM=019719469&COOKIE=U10178,Klecteurweb,D2.1,E89d8f5ee-8d6,I250,B341720009+,SY,QDEF,A%5C9008+1,,J,H2-26,,29,,34,,39,,44,,49-50,,53-78,,80-87,NLECTEUR+PSI,R190.110.218.99,FN>

CASCO, G.; & PATIÑO, L. Evaluación vertical de los cationes: K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e H⁺ en suelos altoandinos de la microcuenca del río Atillo [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de

pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2021. [Consulta: 5 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15340/1/236T0573.pdf>

CASTELLANOS, J. *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas* [En línea]. Guanajuato, Mexico : s.n. 2000. [Consulta: 21 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manual-de-uso-del-yeso-agricola>

CHINCHILLA, M.; et al. “Factores formadores y distribución de suelos de la subcuenca del río Pirrís, Talamanca, Costa Rica”. *Agronomía Costarricense* [En línea], 2011a, 35(1), pp. 33-57. [Consulta: 4 julio 2022]. ISSN 0377-9424. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242011000100003&script=sci_arttext

CHINCHILLA, M.; et al. “Factores formadores y distribución de suelos de la subcuenca del río Pirrís, Talamanca, Costa Rica”. *Agronomía Costarricense* [En línea], 2011b, 35(1), pp. 33-57. [Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: www.mag.go.cr/revagr/index.htmlwww.cia.ucr.ac.cr

CHUNCHO, C.; & CHUNCHO, G. “Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión”. *Bosques Latitud Cero* [en línea], 2019, 9(2), pp. 71-83. [Consulta: 27 junio 2022]. ISSN 2528-7818. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344180955_Paramos_del_Ecuador_importancia_y_afectaciones_Una_revisi#~:text=El%20t%C3%A9rmino%20de%20b%C3%BAsqueda%20fue%20%20E2%80%9Cp%C3%A1ramos%20ecuador%20E2%80%9D.%20De,biol%C3%B3gica%20y%20capacidad%20para%20almacenar%20y%20regular%20agua.

COMBATT, E.; et al. “Evaluation of four extracting solutions for the extraction of Ca²⁺ and Mg²⁺ into soil simples”. *J. Sci. Technol. Appl* [En línea], 2016, 1(1), pp. 70-76. [Consulta: 22 septiembre 2022]. ISSN 0719-8647. Disponible en: <https://doi.org/10.34294/j.jsta.16.1.6>.

DIAZ, K.; & PAEZ, P. Análisis comparativo de carbón orgánico del suelo de las zonas Panzarumi y Sunfopamba del sistema Ramsar del Parque Nacional Llanganates. Riobamba-Ecuador: ESPOCH, 2022.

DÍAZ, M.; et al. “Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile”. *Revista chilena de historia natural* [En línea], 81(4), 2008, pp. 455-468. [Consulta: 23 octubre 2022]. ISSN 0716-078X. Disponible en:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2008000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

DUQUE, D.; et al. Análisis del carbono secuestrado en humedales altoandinos de dos áreas protegidas del Ecuador. *Ecología Aplicada* [En línea], 2016, 15(2), pp. 1-7. [Consulta: 26 julio 2022]. ISSN 1726-2216. DOI 10.21704/rea.v15i2.756. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v15n2/a12v15n2.pdf>.

ECOTICIAS. Los humedales Ramsar siguen amenazados por la mala gestión del agua [En línea]. 2021. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: https://www.ecoticias.com/medio-ambiente/207561_humedales-ramsar-siguen-amenazados-mala-gestion-agua

ECUADOR MI TIERRA. Laguna de Anteojos en Salcedo islas encantadas de Ecuador. 2019. [En línea]. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://ecuadormitierra.com/laguna-de-anteojos-en-salcedo/>

ENDARA, I.; et al. *Plan de Manejo, Parque Nacional Llanganates* [En línea]. Quito-Ecuador: Ministerio del Ambiente, 2012. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: <http://suiadoc.ambiente.gob.ec/documents/10179/242256/34+PLAN+DE+MANEJO+LLANGANATES.pdf/e19b71d9-3727-47dc-94be-6e1e63292754>.

ESPAC. Boletín Técnico Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [En línea]. 2020. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: www.ecuadorencifras.gob.ec.

ESPERANZA, M. Efectos del aporte de boro sobre el crecimiento radical en plántulas de *Arabidopsis thaliana* [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Pablo Olavide Sevilla. Sevilla. 2014. pp. 1-145. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://rio.upo.es/xmlui/bitstream/handle/10433/1510/tesis-esperanza-martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ESTUPIÑÁN, L.H.; et al. Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo el granizo, (Cundinamarca - Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [En línea], 2009, 12(2), pp. 79-89. [Consulta: 22 septiembre 2022]. ISSN 0123-4226. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262009000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

FAO. *Biodiversidad* [En línea]. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2021. [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/es/>

FAO. *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas* [En línea]. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2013, pp. 1-33. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: www.fao.org/publications

FAO. *Guía para la descripción de suelos* [En línea]. Roma: FAO, 2009. [Consulta: 5 julio 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>

FAO. *Propiedades Químicas del Suelo. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)* [En línea]. 2022. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>

FAO-SWALIM. *Guía para la descripción de suelos* [En línea]. Roma: FAO. 2009. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>

FERTILAB. *El Sodio y la fertilidad del suelo* [En línea]. 2007 [Consulta: 20 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/EL%20SODIO%20Y%20LA%20FERTILIDAD%20DEL%20SUELO.pdf>

FLORES, G.; & VENLASAGA, G. Influencia de la acidez del suelo en la capacidad de intercambio catiónico (BASES+CIC) de la microcuenca del río Atillo y Ozogoché, del parque nacional Sangay [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2021. pp. 5-56. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/15339/1/236T0572.pdf>

GARCÍA, P.; et al. “Las plantas de la marisma del parque nacional de Doñana (España): elemento clave para la conservación de un humedal europeo paradigmático”. *Ciencia UAT* [En línea], 2014, 9(1). pp. 60-75. [Consulta: 23 octubre 2022]. ISSN 2007-7521. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582014000100060

GODOY, R.; et al. *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas* [En línea]. 2013. [Consulta: 25 octubre 2022]. ISBN 978-92-5-307783-0. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>

GOMIS YAGÜES, V. *Espectroscopia de emisión y absorción atómica* [En línea]. Alicante: Universidad de Alicante. 2008. [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>

GUARTATANGA, E.; & SIGUENCIA, K. Recuperación de suelos contaminado con cobre y plomo mediante métodos biológicos al interior del campamento Guarumales- Corporación Hidroeléctrica del Ecuador, CELEC EP - Unidad de Negocio Hidro paute [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2019. pp. 5-89. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17835/1/UPS-CT008444.pdf>

GUZÑAY, J.; & ORTEGA, H. Evaluación del comportamiento del aluminio en suelos de sistemas lacustres y valles Periglaciares de las microcuencas de Atillo y Ozogoché [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2022. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15436/1/236T0577.pdf>

HOFSTEDE, R.; & MENA, P. *Los beneficios escondidos del páramo: Servicios ecológicos e impacto humano*. II Conferencia Electrónica sobre Uso Sostenible y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes. Lima: CONDESAN. 2000.

HOFSTEDE, R.; et al. "Impact of Pine Plantations on Soils and Vegetation in the Ecuadorian High Andes". *Mountain Research and Development* [En línea], 2002, 22(2). pp. 159-167. [Consulta: 28 septiembre 2022]. ISSN 02764741. DOI 10.1659/0276-4741(2002)022. Disponible en: [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2002\)022\[0159:IOPPOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2002)022[0159:IOPPOS]2.0.CO;2)

HOFSTEDE, R.; et al. Los páramos andinos ¿Qué Sabemos?, estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. *UICN* [En línea], 2014. pp. 2-79. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: www.uicn.org/sur.

IZURIETA, X. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)-Versión 2006-2008. *RAMSAR* [En línea]. Quito-Ecuador. 2007a. pp. 1-40. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EC1780RIS.pdf>.

IZURIETA, X. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)-Versión 2006-2008. *RAMSAR* [En línea]. Quito-Ecuador. 2007a. pp. 1-40. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EC1780RIS.pdf>

JÁCOME, S. Estudio para la determinación de un Sitio Ramsar en la Provincia de Cotopaxi [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Cotopaxi – Ecuador. 2017. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4270>

LARREA, F. Centro Administrativo de Desarrollo Agrícola para el pequeño productor en Yaruqui [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Internacional del Ecuador, Facultad para la Ciudad, El paisaje y La arquitectura. Quito-Ecuador. 2016. pp. 1-96. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1038/1/T-UIDE-0848.pdf>

LLAMBI, L.; et al. *Páramos Andinos Ecología, hidrología y suelos de páramos* [En línea]. Venezuela: El antebrazo. 2012. [Consulta: 23 octubre 2022]. ISBN 9789942115492. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>

LÓPEZ, L. Valoración económica de los bienes y servicios ambientales estéticos y recreativos e hídricos del Parque Nacional Llanganates, periodo 2018 [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador. 2019. pp. 3-120. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/18076>

MENA VÁSCONEZ, P.; & HOFSTEDER, R. “Los páramos ecuatorianos”. *Botánica Económica de los Andes Centrales* [En línea], 2006, 42(1), pp. 91-109. [Consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2006.pdf>

MENA, P. “Los páramos ecuatorianos: Paisajes diversos, frágiles y estratégicos”. *AFESE* [En línea], 2010a, 1(54), pp. 101-113. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: <https://afese.com/img/revistas/revista54/paramos.pdf>

MENA, P. “Los páramos ecuatorianos: Paisajes diversos, frágiles y estratégicos”. *AFESE* [En línea], 2010b, 1(54), pp. 97-122. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://afese.com/img/revistas/revista54/paramos.pdf>

MENDOZA, R.B.; & ESPINOZA, A. *Guía Técnica para Muestreo de Suelos*. S.l.: Complejo Grafico TMC. 2017.

MINISTERIO DE AMBIENTE. *de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* [En línea]. 2011. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf.

MINISTERIO DE AMBIENTE. *Gestión Integrada para la lucha contra desertificación, degradación de la tierra y adaptación al cambio climático* [En línea]. Cuenca: 2014. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/GIDDACC.pdf>.

MINISTERIO DE AMBIENTE. *Plan de Manejo Llanganates* [En línea]. 2013. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/436815080/34-Plan-de-Manejo-Llanganates>

MINISTERIO DE AMBIENTE. *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*[En línea]. 2015. [Consulta: 27 julio 2022]. Disponible en: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/sitios-ramsar>

MORE, M.A. *Evaluación del fertilizante orgánico a base de escobajo de uva tratado mediante hidrólisis enzimática para la mejora de los niveles de macronutrientes (NPK) en suelo agrícola.* Arequipa: Universidad Católica de Santa María. 2018.

OTZEN, T.; & MANTEROLA, C. “Sampling Techniques on a Population Study”. *Int. J. Morphol* [En línea], 2017, 35(19), pp. 227-232. [Consulta: 22 noviembre 2021]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

OVACEN. *Páramo; Clima, flora, fauna y características* [En línea]. 2018. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/paramo/>.

PLAZA, J. Impacto del tipo de cobertura forestal sobre las propiedades edáficas en una zona de bosque montano en el Parque Nacional el Cajas, provincia del Azuay [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas. Cuenca-Ecuador. 2018. pp. 1-70. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30305/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

RAE. *Cenagoso, cenagosa / Definición* [En línea]. 2022. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/cenagoso>

RAMÍREZ, R. *Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los Suelos* [En línea]. Santa fe de Bogota: Produmedios. 1997. [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>

RAMSAR. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)-Versión 2006-2008. *FIR* [En línea], 2008. pp. 1-40. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EC1780RIS.pdf>

REMACHE, A. Validación de métodos para el análisis de metales en diferentes matrices por espectrofotometría de absorción atómica [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Central Del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química. Quito-Ecuador. 2013. pp. 1-210. [Consulta: 19 julio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1859/1/T-UCE-0017-39.pdf>

RIOJA MOLINA, A. *Propuesta de diseño del jardín colga, Apuntes de Fitotecnia General* [En línea]. 2002. pp. 1-104. [Consulta: 19 septiembre 2022]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4620/VOLUMEN%20%20_%20ANEXOS%20A,%20B,%20C,%20D%20y%20E.pdf

ROMO, M. Análisis del impacto de la actividad ganadera en la cobertura vegetal de los páramos del parque nacional Llanganates [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016. Quito-Ecuador. pp. 1-152. [Consulta: 27 julio 2022]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/17465/1/66530_1.pdf

SACCHI, G.; et al. “Influencia de temperaturas de calentamiento sobre propiedades físicas y químicas de suelos con distinto material parental y uso antrópico”. *Spanish Journal of Soil Science* [En línea], 2015, 5(1), pp. 214-226. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6474644>.

SADEGHIAN, S. La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. *Ciencia, tecnología e innovación para la caficultura colombiana* [En línea]. 2016, pp. 1-12. [Consulta: 21 septiembre 2022]. ISSN 0120 - 0178. Disponible en: www.cenicafe.org.

SEGARRA, P. *Sinergias entre Degradación de la Tierra y Cambio Climático en los Paisajes Agrarios del Ecuador* [En línea]. Quito: ECOPAR. 2014. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57189.pdf>.

SIG TIERRAS. *Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador | Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica* [En línea]. 2017. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.sigtierras.gob.ec/mapa-de-ordenes-de-suelos/>

TAMAYO, G. *Estudio de impacto ambiental del proyecto: “Gestión integral de desechos sólidos y sanitarios del cantón Mera, provincia de Pastaza”* [En línea]. 2020. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.municipiomera.gob.ec/ESTUDIOS/desechosSolidosMera.pdf>

VARGAS, A.; et al. *Vegetación y flora del parque nacional llanganates. Biodiversidad en el parque nacional llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas* [En línea], Ecuador-Ambato: EditRevista, 2000. [Consulta: 11 julio 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237686769>

VÁSCONEZ, M. *Validación del método de espectrofotometría de absorción atómica electrotermica para la determinación de cobre y vanadio en aguas limpias y residuales* [En línea]. Ecuador-Quito: Revista UCE, 2012. [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1198/1/T-UCE-0008-05.pdf>

VÁZQUEZ, D.; et al. *Biodiversidad en los bosques secos de la zona Cerro Negro - Cazaderos, occidente de la provincia de Loja.* Ecuador-Quito: Vázquez, Miguel, 2021. ISBN 9978-44-755-5, pp.15-89.

VÁZQUEZ, M. *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas* [En línea]. Ecuador: EcoCiencia, 2000. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/40777.pdf>

VAZQUEZ, R.; et al. *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates* [En línea]. Ecuador-Quito: Ecociencia, 2000. [Consulta: 25 octubre 2022]. ISBN 9978-41-638-2. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/40777.pdf>

VELÁSTEGUI, Giovanni. *Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de ingeniera agrónoma* [En línea]. Ecuador-Ambato: Revista UTA, 2019. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20641.pdf>.

VENLASAGA, G.; & FLORES, G. *Influencia de la acidez del suelo en la capacidad de intercambio catiónico (BASES+CIC) de la microcuenca del río Atillo y Ozogoché, del parque nacional Sangay* [En línea]. Riobamba: Andes editorial, 2021. [Consulta: 12 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/15339/1/236T0572.pdf>

VIAJANDOX. *Laguna Pisayambo Píllaro* [En línea]. Ecu Ediciones, 2022. [Consulta: 21 octubre 2022]. Disponible en: <https://ec.viajandox.com/pillaro/laguna-pisayambo-A1053>

VIDAL, M. *Guía para el muestreo de suelos* [En línea]. Lima-Perú: MAVET, 2014. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>.

VISTIN, E.; et al. *Monitoreo del Herbazal del páramo una estrategia de medición del cambio climático en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo* [En línea]. Ciencia Digital, 2020. [Consulta: 13 julio 2022]. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1195/2945>

WEBQUEST CREATOR. *Importancia del pH.* [en línea]. Ecuador: Ediandes, 2015. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.webquestcreator2.com/majwq/ver/ver/44315>



ANEXOS

ANEXO A: VISITA A LA ZONA DE ESTUDIO



ANEXO B: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS, ROTULADO Y ETIQUETADO



**ANEXO C: PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN EXTRACTORA ACETATO DE AMONIO
($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) Y FILTRACIÓN DE MUESTRAS**



ANEXO D: PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN

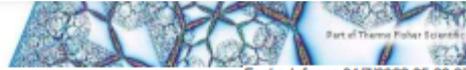


ANEXO F: DETERMINACIÓN DE ALUMINIO USANDO PALINTEST WATER ANALYSIS TECHNOLOGIES



ANEXO G: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CATIÓN SODIO

Thermo
SCIENTIFIC



Nombre Operador: Lab. Investigación

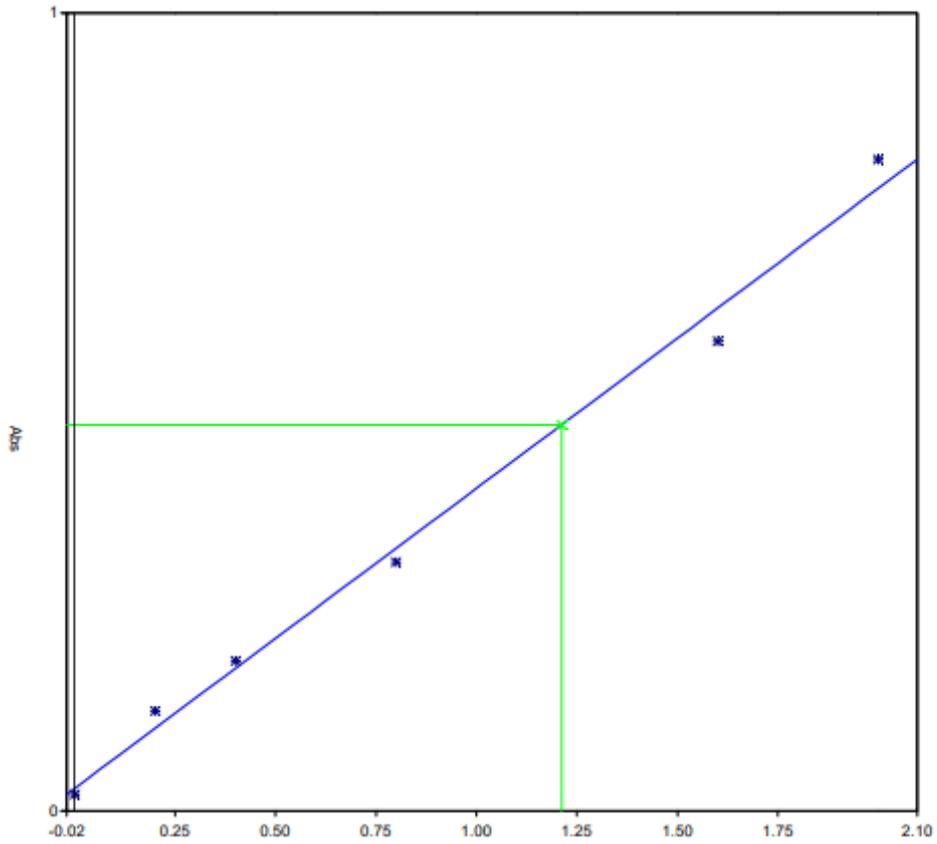
Fecha Informe: 04/7/2022 05:20:27

Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\SODIO\ERIKA-ATILLO.SLRSA.SLR

Nombre Análisis: Análisis 1 03:06:30 04/7/2022

Calibración - Na

Normal: Ajuste lineal



ANEXO H: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CATIÓN POTASIO

Thermo
SCIENTIFIC



Nombre Operador: Lab. Investigación

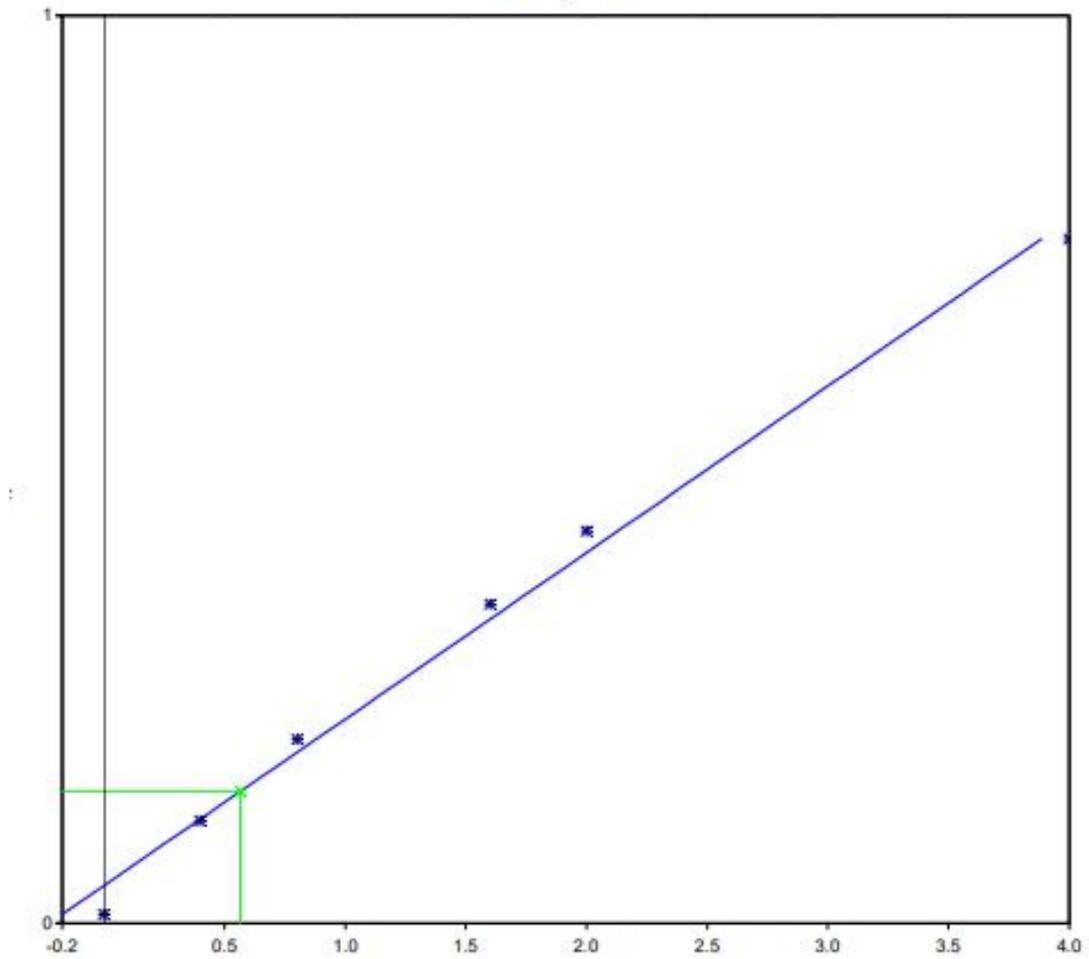
Fecha Informe: 08/7/2022 10:51:34

Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\POTASIO\MACIAS-CEVALLOS.SLR

Nombre Análisis: Análisis 1 09:00:02 08/7/2022

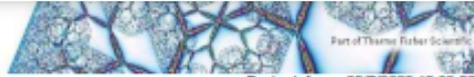
Calibración - K

Normal: Ajuste lineal



ANEXO I: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CATION CALCIO

Thermo
SCIENTIFIC



Nombre Operador: Lab. Investigación

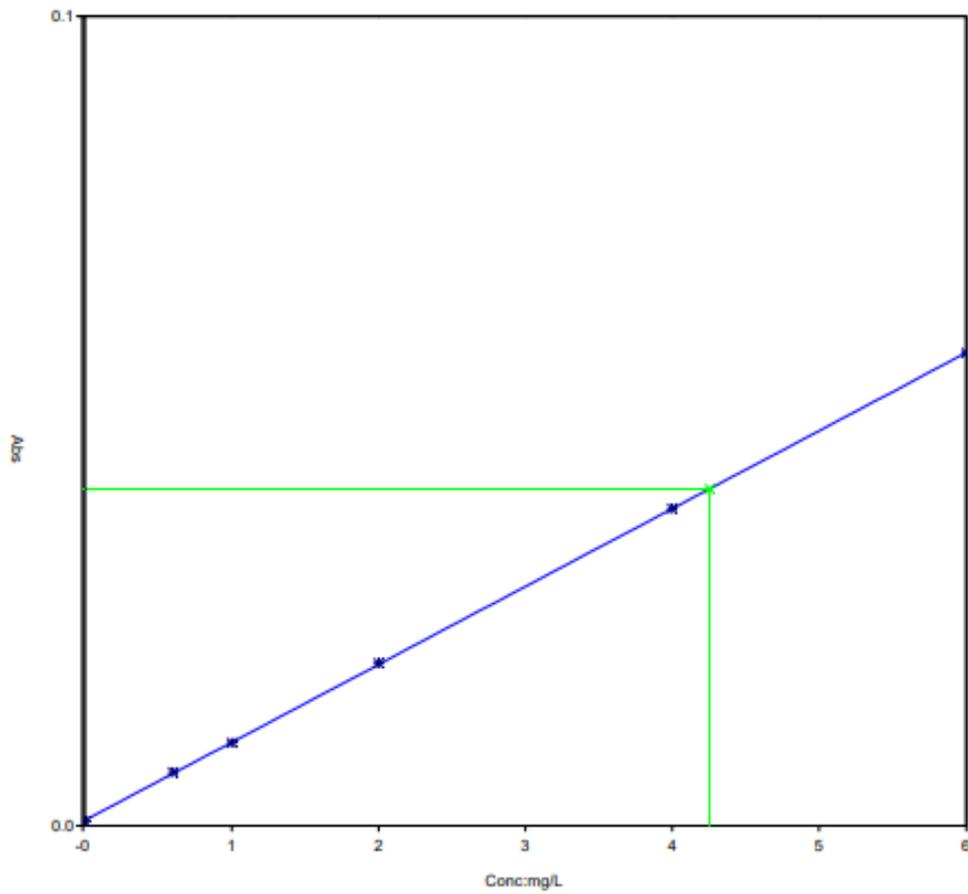
Fecha Informe: 05/7/2022 12:39:57

Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\CALCIO\PISAYAMBO MACIAS CEVALLOS.SLR

Nombre Análisis: Análisis 1 10:24:08 05/7/2022

Calibración - Ca

Normal: Ajuste linear



Detalles calibrac.

ANEXO J: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL CATION MAGNESIO

Thermo
SCIENTIFIC



Nombre Operador: Lab. Investigación

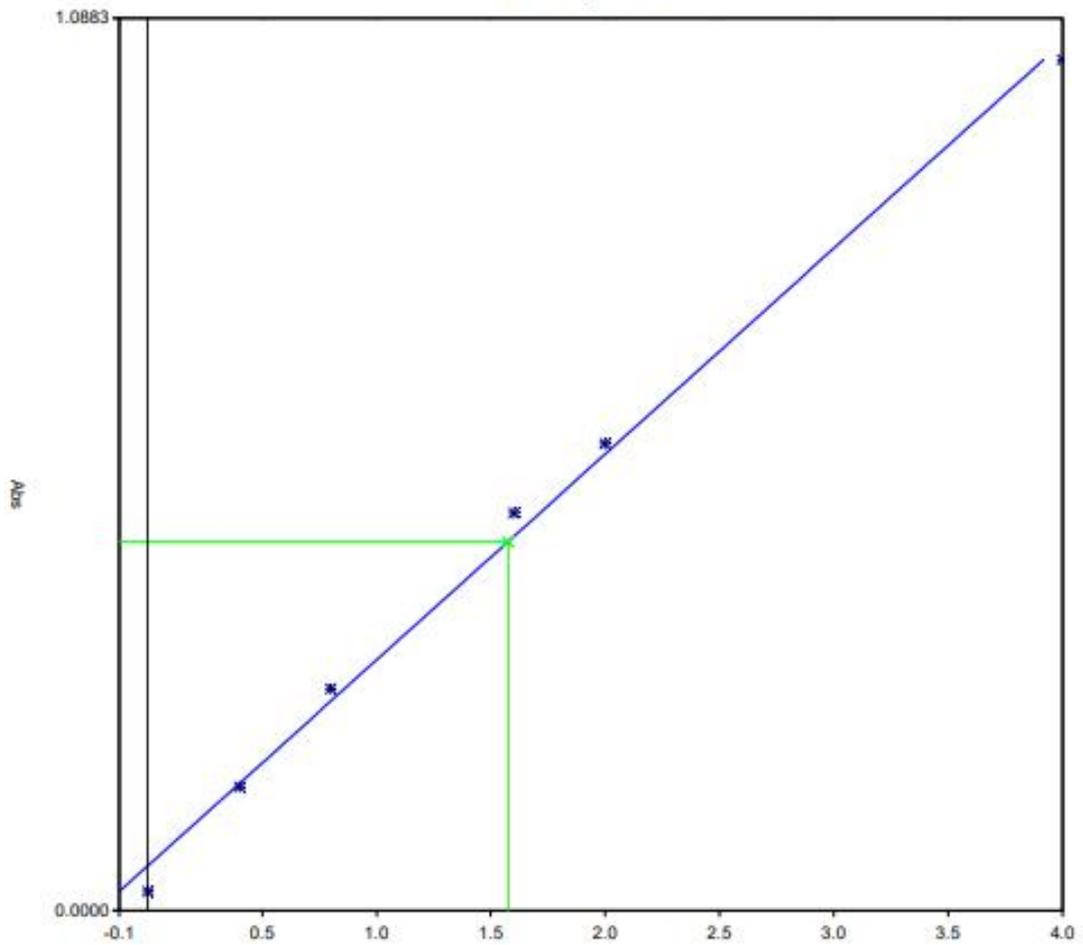
Fecha Informe: 08/7/2022 12:55:15

Fichero Result.: C:\SOLAARM\DATA\MAGNESIO\MACIAS-CEVALLOS.SLR

Nombre Análisis: Análisis 1 11:03:56 08/7/2022

Calibración - Mg

Normal: Ajuste lineal





epoch

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: 19 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Eliana Isabel Cevallos Jiménez Sofía Verónica Macías Zamora
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Facultad de Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniera en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo, MSc.



0138-DBRA-UPT-2023