



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS DE PÁRAMO**  
**INTERVENIDOS Y NO INTERVENIDOS DE LA COMUNIDAD EL**  
**CALVARIO, CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE**  
**TUNGURAHUA**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ CAGUANA**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS DE PÁRAMO  
INTERVENIDOS Y NO INTERVENIDOS DE LA COMUNIDAD EL  
CALVARIO, CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR:** JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ CAGUANA

**DIRECTOR:** DRA. ROSA DEL PILAR CASTRO GOMEZ

Riobamba – Ecuador

2023

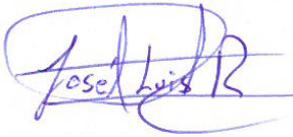
**©2023, José Luis Rodríguez Caguana**

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

Yo, José Luis Rodríguez Caguana, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de febrero del 2023



**José Luis Rodríguez Caguana**

**0350359436**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS DE PARAMO INTERVENIDOS Y NO INTERVENIDOS DE LA COMUNIDAD EL CALVARIO, CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DEL TUNGURAHUA**, realizado por el señor **JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ CAGUANA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. María Elena Vallejo Sanaguno <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-02-17
Dra.: Rosa del Pilar Castro Gómez <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-02-17
Ing. MSc Raúl Armando Ramos Veintimilla <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-02-17

## **DEDICATORIA**

A Dios por bendecirme en cada día de mi vida, por permitirme alcanzar mis metas y objetivos a diario, y sobre todo por brindarme la oportunidad de seguir avanzando con cada uno de mis propósitos y agradecerle por hacer de mi vida una maravillosa aventura con su presencia. A mi abuela que en paz descansa, pero sé que desde el cielo ella está orgullosa de mi avance en la vida ya que su sueño y su anhelo fue verme triunfar y lo estoy logrando abuelita querida y siempre recordada mamá. Con mucho amor, para mi madre que cada día lucho para que cumpliera mis metas a corto y largo plazo para ti mamita querida Alfonsina Caguana quien es la mejor madre y amiga incondicional por sus consejos, porque mis sueños son los sueños de ella, por todo el apoyo, la educación el cariño y el amor soy la persona quien soy, por estar a mi lado siempre en todas las circunstancias de mi vida motivándome a seguir planteándome nuevas metas. A mis hermanos Freddy y Deysi que siempre confiaron en mí, que lo iba a lograr tarde o temprano por brindarme todo su cariño y confianza por esos momentos compartidos desde nuestra niñez gracias por tan apreciado apoyo queridos hermanitos. A esa persona anónima que me ayudo a levantarme cuando más necesitaba llego ella para brindarme su apoyo incondicional y a no dar un paso atrás gracias a ti por llegar a mi vida siempre tendrás ese lugar en mi corazón. A mis sobrinos Cristian y Daniel por ser la alegría de mis días en esos momentos que más me sentía hundido ellos con su inocencia me brindaron una sonrisa y el motiva para seguir adelante. A mi familia a por sus palabras de aliento para culminar mis propósitos y metas y a seguir a pie de lucha por un mejor futuro gracias por todo familia.

**José**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme despertar cada día y alcanzar mis metas y objetivos que me planteo. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, principalmente a la Carrera de Ingeniería Forestal por contribuir en mi formación profesional. A la doctora Rosa Castro como directora de tesis, por su apoyo, amistad, cariño, por los consejos a lo largo de mi vida estudiantil, por ser una amiga, por motivarme a esforzarme, por ser una persona maravillosa y por la dedicación impartida en las aulas. Al ingeniero Raúl Ramos como asesor del trabajo de Integración Curricular, por su apoyo y tiempo, al igual que la paciencia y por ayudarme a formarme profesionalmente. Un enorme agradecimiento para mi madre y mis hermanos por apoyo incondicional durante mi vida estudiantil gracias por todo este triunfo va para ustedes hermanitos queridos.

**José**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Justificación .....	4
1.4. Hipótesis o pregunta de investigación .....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes investigativos .....	6
2.2. Referencias teóricas .....	7
2.2.1. <i>Ecosistema páramo</i> .....	7
2.2.2. <i>Páramos ecuatorianos</i> .....	7
2.2.2.1. <i>Tipos de paramos ecuatorianos</i> .....	8
2.2.2.2. <i>Historia del uso de los páramos ecuatorianos</i> .....	10
2.2.3. <i>Importancia del páramo</i> .....	11
2.2.3.1. <i>Importancia biológica</i> .....	11
2.2.3.2. <i>Importancia económica</i> .....	12
2.2.3.3. <i>Importancia social</i> .....	13
2.2.3.4. <i>Importancia cultural</i> .....	14
2.2.3.5. <i>Normas, políticas y leyes para el páramo ecuatoriano</i> .....	14
2.2.4. <i>Suelo</i> .....	15
2.2.5. <i>Suelo de páramo</i> .....	15
2.2.5.1. <i>Características específicas</i> .....	15

2.2.5.2.	<i>Tipos de suelos de páramo en el Ecuador</i> .....	17
<b>2.2.6.</b>	<b><i>Servicios ambientales de los suelos del páramo</i></b> .....	<b>18</b>
2.2.6.1.	<i>Retención y provisión de agua</i> .....	18
2.2.6.2.	<i>Almacenamiento de carbono</i> .....	19
<b>2.2.7.</b>	<b><i>Degradación del paramo</i></b> .....	<b>20</b>
2.2.7.1.	<i>Influencia del cambio climático global</i> .....	20
2.2.7.2.	<i>Efectos de la agricultura</i> .....	20
2.2.7.3.	<i>Influencias de la ganadería</i> .....	21
2.2.7.4.	<i>Consecuencias de la deforestación y reforestación</i> .....	21
2.2.7.5.	<i>Efecto de la quema</i> .....	21
<b>2.2.8.</b>	<b><i>Calidad o estado de salud de los suelos</i></b> .....	<b>22</b>
2.2.8.1.	<i>Indicadores de calidad de suelos</i> .....	22
2.2.8.2.	<i>Indicadores físicos de calidad</i> .....	23
2.2.8.3.	<i>Indicadores químicos de calidad</i> .....	23
2.2.8.4.	<i>Indicadores biológicos de calidad</i> .....	26

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1.</b>	<b>Ubicación geográfica del área de estudio</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.</b>	<b>Características del sitio</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3.</b>	<b>Materiales y equipos</b> .....	<b>29</b>
3.3.1.	<i>Materiales y equipos de escritorio</i> .....	29
3.3.2.	<i>Materiales y equipos de laboratorio</i> .....	29
3.3.3.	<i>Materiales y equipos de campo</i> .....	29
<b>3.4.</b>	<b>Metodología</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4.1.</b>	<b><i>Para el cumplimiento del primer objetivo (Análisis Físico-químico y biológico)</i></b> ....	<b>30</b>
3.4.1.1.	<i>Georreferenciación y selección del área de muestreo</i> .....	30
3.4.1.2.	<i>Toma de muestras de suelo intervenido y no intervenido del páramo el Calvario</i> .....	30
<b>3.4.2.</b>	<b><i>Fase de laboratorio</i></b> .....	<b>31</b>
3.4.2.1.	<i>Análisis físico del suelo</i> .....	31
3.4.2.2.	<i>Análisis químico del suelo</i> .....	32
<b>3.4.3.</b>	<b><i>Análisis biológico de los suelos intervenidos y no intervenidos</i></b> .....	<b>32</b>
3.4.3.1.	<i>Diseño experimental</i> .....	33
3.4.3.2.	<i>Análisis estadístico propuesto</i> .....	34
<b>3.4.4.</b>	<b><i>Para el cumplimiento del segundo objetivo (Contenido del Carbono Orgánico)</i></b> ....	<b>34</b>

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1.</b>	<b>Georreferenciación del área de estudio .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.</b>	<b>Características físicas del suelo de páramo El Calvario .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1.</b>	<b><i>Zona intervenida</i> .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2.</b>	<b><i>Zona no intervenida</i> .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.</b>	<b>Propiedades químicas del páramo El Calvario .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3.1.</b>	<b><i>Zona intervenida</i> .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3.2.</b>	<b><i>Zona no intervenida</i> .....</b>	<b>38</b>
<b>4.4.</b>	<b>Cuantificación del contenido de microorganismos .....</b>	<b>39</b>
<b>4.5.</b>	<b>Contenido de Carbono orgánico del suelo .....</b>	<b>41</b>

## CAPÍTULO V

<b>5.</b>	<b>MARCO PROPOSITIVO .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.</b>	<b>Propuesta .....</b>	<b>43</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Familias diversas en género y especie de varios grupos de plantas presentes en los páramos.....	12
<b>Tabla 2-2:</b> Clasificación de los suelos.....	23
<b>Tabla 1-3:</b> Distribución de los distintos tratamientos del suelo intervenido y no intervenido.	33
<b>Tabla 2-3:</b> Cuadro de ANOVA .....	34
<b>Tabla 1-4:</b> Resultados de las propiedades físicas en área de intervención humana .....	36
<b>Tabla 2-4:</b> Resultados de las propiedades físicas en área sin intervención humana .....	36
<b>Tabla 3-4:</b> Propiedades químicas del suelo bajo influencia de la intervención humana.....	37
<b>Tabla 4-4:</b> Propiedades químicas del suelo sin intervención humana.....	38
<b>Tabla 5-4:</b> Análisis de varianza de la presencia de colonias de microorganismos en las dos áreas de estudio.....	39
<b>Tabla 6-4:</b> Prueba de Tukey de la presencia de microorganismos en los suelos no intervenidos e intervenidos .....	40
<b>Tabla 7-4:</b> Contenido de CO% de las zonas intervenidas del páramo el Calvario.....	41

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 3-1:</b>	Ubicación geográfica de los páramos en estudio del sector el Calvario .....	28
<b>Ilustración 3-2:</b>	Distribución de las áreas muestreadas .....	31
<b>Ilustración 4-1:</b>	Mapa referencial del uso de suelo de la Comunidad el Calvario .....	35
<b>Ilustración 4-2:</b>	Promedio de la presencia de microorganismos según el tipo de tratamiento y suelo .....	40
<b>Ilustración 4-3:</b>	Contenido de Carbono orgánico del suelo intervenido y no intervenido.....	42

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE MUESTRAS
- ANEXO B:** TOMA DE MUESTRAS
- ANEXO C:** PESO DE LA MUESTRA
- ANEXO D:** TIPO DE MUESTRA – FECHA DE MUESTREO
- ANEXO E:** ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO INTERVENIDO
- ANEXO F:** ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO NO INTERVENIDO
- ANEXO G:** ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO INTERVENIDO
- ANEXO H:** ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO NO INTERVENIDO

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad la evaluación de la calidad de suelos intervenidos y no intervenidos en los suelos de páramo de la comunidad El Calvario, perteneciente al cantón Tisaleo. Se analizaron las propiedades físicas y químicas y biológicas; además se cuantificó y se determinó el contenido de carbono orgánico de las muestras de suelo obtenidas en el sector de estudio; Se utilizó un diseño experimental completamente al Azar para saber el rango de la actividad microbiana de los dos suelos evaluados. La fase de análisis respecto a las propiedades físicas, químicas de las muestras extraídas del suelo intervenido y no intervenido, se desarrollaron en el laboratorio AGRORUM de la ciudad de Quito y TOXCHEM de la ciudad de Riobamba, mientras que los análisis biológicos se realizó en el cantón Chambo de la provincia de Chimborazo, con esto se buscó especificar parámetros cuantificables en aspectos de: textura, densidad aparente, pH, análisis químico (micro y macronutrientes presentes en las muestras) y las UFC unidades de formadoras colonias de microorganismos, En los suelos de páramo intervenido se obtiene un valor promedio de 7,28% de materia orgánica y en suelos sin intervención fue de 9,14%, con dichos porcentajes se demuestra que los valores coinciden con la clase estructural de los suelos, cuya diferencia es la baja capacidad de intercambio catiónico entre los suelos de las distintas zonas de estudio, siendo evidente que la presencia de la actividad humana en el sector influye en muchas propiedades del suelo, determinado similitudes entre las dos áreas, puesto que estos suelos medianamente ácidos por lo general son de tipo areno franco con una deficiencia de potasio. Considerando los resultados de la presente investigación, se sugiere continuar con el seguimiento a largo plazo de los parámetros evaluados con la finalidad de mantener la calidad de los suelos.

**Palabras clave:** <SUELOS>, <PÁRAMO>, <INTERVENIDO>, <NO INTERVENIDO>, <SIMILITUD>, <UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS (UFC)>.



0541-DBRA-UTP-2023

## ABSTRACT

This research aimed to evaluate the quality of intervened and non-intervened soils in the moorland of El Calvario community, Tisaleo City. The physical, chemical, and biological properties were analyzed. In addition, the organic carbon content of the soil samples obtained in the study sector was quantified and determined. A completely randomized experimental design was used to determine the range of microbial activity of the two soils evaluated. The analysis phase regarding the physical and chemical properties of the samples extracted from the intervened and non-intervened soil were developed in the AGRORUM laboratory in the Quito City and TOXCHEM in Riobamba City, while the biological analyzes were carried out in the Chambo City of Chimborazo Province with this we sought to specify quantifiable parameters in aspects of: texture, apparent density, pH, chemical analysis (micro and macronutrients present in the samples) and the units of microorganism colony-forming. An average value of 7.28% of organic matter is obtained and in soils without intervention in the soils of intervened moorland was 9.14%. It was demonstrated that the values coincide with the structural class of the soils, whose difference is the low cation exchange capacity between the soils of the different study areas, being evident that the presence of human activity in the sector influences many soil properties. It was determined similarities between the two areas, since these moderately acid soils are generally of the sandy loam type with a potassium deficiency. It is suggested to continue with the long-term monitoring of the parameters evaluated to maintain the quality of the soils considering the results of the present investigation.

Keywords: <SOILS>, <MOORLAND>, <INTERVENED>, <NOT INTERVENED>, <SIMILITUD>, <COLONY FORMING UNITS (CFU)>.

Riobamba, March 7<sup>th</sup>, 2023



PhD. Dennys Tenelanda López  
ID number: 0603342189

## INTRODUCCIÓN

Los páramos constituyen ecosistemas andinos particulares. su clima, su ubicación, entre otros elementos, le han dado al páramo propiedades únicas a nivel regional y mundial. En la comunidad de El Calvario, al igual que en otras comunidades ubicados cerca o dentro del páramo, uno de los temas de mayor controversia es el funcionamiento y uso de la tierra. Una opción para la conservación es la exploración de los impactos causados por las ocupaciones humanas en la calidad física, química y microbiológica del recurso suelo del páramo.

Este análisis de la información a tener en cuenta en los planes de protección y cuidado del suelo y más en general del páramo, permitirá también sensibilizar a la sociedad sobre el buen funcionamiento del suelo, siendo el páramo un ecosistema estratégico gracias a los servicios ecosistémicos esenciales que presta a las personas de forma directa e indirecta, como el suministro de agua y el almacenamiento de carbono atmosférico.

El presente trabajo de investigación en base a una estructura de cinco capítulos, los cuales demuestran la recopilación de información necesaria para la sustentación de los hallazgos pertinentes, ante ello, la documentación se encuentra esquematizada de la siguiente manera:

Capítulo I: Problema de investigación, en este apartado se detalla a profundidad las razones por las cuales algún sujeto experimental requiere ser analizado con un propósito investigativo. En este sentido, se plantean objetivos de alcance, (general y varios específicos), una justificación que proporciona relevancia al tema y como último paso la hipótesis o pregunta de investigación.

Capítulo II: Marco teórico comprende los antecedentes investigativos donde se toman investigaciones similares al tema propuesto considerando los últimos años a la fecha; además, se introdujo las referencias teóricas que involucra la revisión bibliográfica en fuentes confiables con relación a las variables de estudio mismos que fundamenten la consecución de los datos encontrados.

Capítulo III: Marco metodológico, en relación con el diseño experimental designado para documentación a nivel científico esta sección está dispuesta a criterios del investigador, pero, en general determina el enfoque, alcance, diseño, tipo, métodos, técnicas e instrumentos de investigación empleados. En específico, este documento parte de la descripción del área de

estudio, continua con la fase de indagación en campo y laboratorio donde intervienen variables físicas, químicas y biológicas.

Capítulo IV: Marco de análisis e interpretación de resultados, se encuentran el procesamiento de los hallazgos obtenidos en relación con la aplicación metodológica con los cuales se procede su discusión con la finalidad de argumentar y cuestionar. Adicional, se contrastaron hipótesis.

Capítulo V: Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones, de acuerdo con la naturaleza de la investigación dando como finalizado el trabajo y así recomendando a los futuros estudios investigativos en que se realicen la misma zona

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Los páramos son áreas naturales que albergan a gran cantidad de ecosistemas de gran diversidad, muchos de ellos endémicos. Por la necesidad humana estos espacios han sido explotados con la finalidad de beneficiarse de los recursos existentes, sean estos, minerales, especies vegetativas, entre otros; por tal razón, se ven comprometidas las propiedades físicas-químicas de los suelos de los páramos con presencia de factores externos que provocan cambios degenerativos.

En Ecuador, las actividades de expansión agrícola, ganadera e infraestructura para caminos peatonales y ciclistas generan una degradación en la estructura del suelo de páramo. Además, ponen en riesgo las propiedades físicas y biológicas que contienen en su forma natural; La ejecución de dichas actividades genera un impacto negativo en el medio ambiente, puesto que disminuye y degrada gran parte del suelo de páramo, se extinguen especies de flora-fauna y existen alteraciones en el hábitat de microorganismos.

Tomando en cuenta los inconvenientes antes mencionados es necesario determinar las alteraciones en los suelos intervenidos y no intervenidos para contrastar los efectos generados en los páramos por la comunidad El Calvario, perteneciente a la reserva faunística Chimborazo, localizado a 20 minutos del volcán Carihuairazo.

### 1.2. Objetivos

#### Objetivo General

- Determinar la influencia de la intervención en los suelos del páramo de la comunidad El Calvario, cantón Tisaleo, provincia del Tungurahua en el contenido de materia orgánica.

#### Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades físicas-químicas y biológica de los suelos intervenidos y no intervenidos del páramo El Calvario.

- Cuantificar el contenido de carbono orgánico de los suelos intervenidos y no intervenidos del páramo de la comunidad El Calvario.

### **1.3. Justificación**

Los páramos contienen diversas propiedades ecológicas, las cuales permiten brindar servicios ambientales a los habitantes y a toda la sociedad, puesto que garantiza la provisión de agua de buena calidad para el consumo humano y desarrollo de varias actividades económicas, regula el comportamiento del clima y ayuda a la reserva de carbono atmosférico para disminuir los efectos generados por el calentamiento global.

Para evaluar la calidad de los suelos de páramo en la comunidad El Calvario, fue necesario aplicar un estudio en campo en el que se llevó a cabo el procedimiento recomendado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), y una fase de laboratorio, el cual estuvo a cargo del Laboratorio de Suelos y Aguas AGRORUM ubicado en la ciudad de Quito con su sucursal en Guayaquil para los análisis químicos mientras que las variables físicas se realizó en el laboratorio TOX-CHEM ubicado en las calles 12 de abril y Otto Arosemena. Riobamba Ecuador. El presente trabajo se desarrolló con el apoyo del GAD del cantón Tisaleo y guía de los docentes de la ESPOCH.

El presente trabajo de Integración Curricular se efectuó con todas las normas de seguridad y la metodología propuesta por la universidad salesiana de Quito; Puesto que se puede determinarlos parámetros físicos-químicos y variables biológicas del suelo; con estos resultados se puede contribuir para proyectos futuros que se realicen en el área de estudio con la finalidad de proteger y conservar el páramo y emisión de ordenanzas por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado de Tisaleo perteneciente a la provincia de Tungurahua que de cierta manera limiten ciertas actividades que afectan el estado actual del páramo en este sector.

### **1.4. Hipótesis o pregunta de investigación**

#### **Hipótesis nula**

No existen diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre los suelos de páramo intervenido y no intervenido.

### **Hipótesis alternativa**

Existen diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre los suelos de páramo intervenido y no intervenido

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes investigativos

El trabajo de Integración Curricular denominado “Calidad del suelo mediante indicadores físicos, químicos y biológicos en suelos bajo páramo, pasto y cultivo, parroquia Achupallas provincia de Chimborazo”, para el año 2020 en la Universidad Nacional de Chimborazo se desarrolló la investigación bajo el enfoque cuantitativo y cualitativo aplicado in situ donde se toma 5 muestras por cada uno de los tres tipos de suelos mencionados, estos son analizados de acuerdo a parámetros físicos respecto al color, textura y densidad; además, según parámetros químicos como el pH y la cantidad de carbono presente. Como resultados se tiene variación en textura, posee colores negro y gris, variación en valores de DAP, muestra un pH ácido y de carbono orgánico posee un rango de 11,16% a 21,95%. Respecto al análisis biológico se reconoce la presencia 3 órdenes y 8 familias en clases de insectos (Cabezas, et al., 2020 p. 12).

El tema “Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna Monjas Bajo parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe” es presentado en la Universidad Politécnica Salesiana. La investigación parte de un diagnóstico de la situación actual de los suelos del páramo de la localidad, en este sentido se zonifica en dos partes aquellos con rasgo de intervención antrópica y otros sin ningún tipo de intervención; ambas áreas son analizadas según criterios químicos, físicos y biológicos. Se obtienen valores respecto a la materia orgánica con un porcentaje de 10,43% en suelo intervenido y; 11,33% en suelos sin intervención; con los resultados se menciona que aún en suelos donde se identifica la actuación hombre no dista un comportamiento atípico de los componentes superficiales de los páramos (Cárdenas, 2015 p. 14).

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante el trabajo de integración curricular “Evaluación de la calidad biológica de suelos de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua”, determina la indagación ejecutada en función a la estimación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) dispuestos en suelos de plantaciones Herbáceas, Arbustivas y Leñosas en congruencia con cinco concentraciones y tres repeticiones. Para el análisis experimental se toma 3 muestras tratadas con el método de disoluciones sucesivas y en el medio de cultivo solidificado se cuantifican los microorganismos, encontrando así, en las muestras de suelo bajo alto todos los tipos al 5%, individualmente especies vegetativas herbáceas

7633000 colonias, vegetación arbustiva 5667000 colonias y almohadilla 867000 colonias. En conclusión, la especie herbáceas es la mejor opción para la repotenciación de páramos al contener la apropiada calidad microbiológica y ser de gran diversidad (Machado, 2022 pp. 13-14).

## **2.2. Referencias teóricas**

### **2.2.1. Ecosistema páramo**

La palabra páramo, aparentemente un vocablo de origen celta incorporado tempranamente al español es el nombre que se le da a los ecosistemas típicos de las grandes alturas tropicales de América del Sur (Luteyn, 1999 pág. 15).

El concepto “páramo” continúa siendo de difícil definición; según si es considerado como un ecosistema, un bioma, un paisaje, un área geográfica, una zona de vida, incluso un estado del clima, el término de lo considerado como páramo puede ser variante (Herrera, 2016).

El páramo es un ecosistema natural en el límite de la selva densa de los Andes, dominado por pastos, rosales, arbustos, pantanos y pequeños bosques. son considerados ecosistemas clima frio con su relieve de montaña al encontrarse en una altitud que varía desde los 3100 metros hasta incluso los 5000 metros sobre el nivel del mar, bastante frágil y con un reducido potencial de aprovechamiento ya que son regiones estratégicas por su altitud y climatología cuya función es la retención de aguas y la regulación hídrica durante todo el año (Luteyn, 1999 pág. 15)

### **2.2.2. Páramos ecuatorianos**

Los pantanos en Ecuador han sido utilizados y modificados desde tiempos inmemoriales, juegan un papel importante, destacando su significado social como espacio vital en el que se realizan actividades agrícolas y ganaderas (Medina, 2001 pág. 3). El frágil ecosistema del páramo juega un importante papel ecológico como hábitat de innumerables especies (flora endémica y paisaje único), como colector y fuente de agua para la población del Páramo e incluso en áreas metropolitanas (COSTECAM CIA. LTDA., 2017 p. 12). Cumple muchas funciones, es un ecosistema creador de vida, es un territorio sobre la tierra en el que viven varias sociedades (COSTECAM CIA. LTDA., 2017). Los páramos ecuatorianos son parte de la historia agraria, que debido al crecimiento de la población fueron ocupados por campesinos. Las alturas entre las que se encuentra este ecosistema, habitualmente tropical, son muy variadas, pero en general están en la

línea de los bosques sucesivos (bosques andinos) y alcanzan la posibilidad de la existencia de plantas bajo nieves eternas (Caranqui, et al., 2019 p. 16).

Los páramos son frágiles ecosistemas neotropicales de altura. En Ecuador, tienen una altitud media de 3300 metros sobre el nivel del mar, cubren el 7% de su territorio y proporcionan servicios ecosistémicos como recursos hídricos de calidad y, sobre todo, sumideros de carbono (Camacho, 2013 p. 27). Sus suelos de baja densidad aparente, de composición porosa proporcionan retención de agua y alta conductividad hidráulica, donde prosperan plantas endémicas y una variada fauna (Abrego, 2012 pág. 2). Estos ecosistemas también tienen un significado social y cultural, están habitados por una población marginada, pero producen recursos económicos con una producción agrícola de alimentos diversificada y la administración del turismo y la recreación; desafortunadamente, siguen siendo dañados debido al cambio de uso de la tierra, la introducción de plantas exóticas, los incendios, el calentamiento global y, en algunos sectores, la minería (Chucho, et al., 2019 pp. 72-74).

#### *2.2.2.1. Tipos de paramos ecuatorianos*

- Páramo de pajonal

Es el más extenso y responde de forma común a la idea que tenemos del brezal. Son extensiones cubiertas por campos de diversos géneros (especialmente *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa*) coloreadas por manchas de bosque en lugares protegidos (con *Polylepis*, *Buddleja*, *Oreopanax* y *Miconia*), arbustos de géneros como *Valeriana*, *Chuquiraga*, *Arcytophyllum*, *Pernettya* y *Brachyotum*, herbáceas y pequeños humedales (pantanos) en lugares mal drenados (Cabezas, et al., 2020 p. 22). Este tipo de arrozal es frecuentemente pastoreado y se puede suponer una buena extensión de otros tipos de arrozales (herbáceos, arbustivos, etc.) (Izco, et al., 2017).

- Páramo de Frailejones

Se encuentra a partir de los 2.800 metros sobre el nivel del mar. Su área está dominada por la existencia de las vainitas (*Espeletia pycnophylla*) (Camacho, 2013 p. 23). Son páramos ubicados únicamente en las provincias de Carchi y Sucumbíos, y en una pequeña proporción, en el centro de la nación, en los Llanganates. Los páramos, los bofedales (humedales altoandinos y costeros) y los llamados "pajonales" que se encuentran en los valles y montañas son "componentes de la flora terrestre" y, por lo tanto, recursos forestales protegidos por la legislación forestal (Zari, et al., 2018).

En Ecuador, está delimitada por los pantanos del norte de las provincias de Carchi y Sucumbíos, con una pequeña y excepcional mancha en los pantanos de Llanganates (que no corresponde estrictamente a páramo, sino más bien a tranquilo y boscoso). Al norte, parece una continuación del frailejón y el pajonal, con pequeñas manchas de bosque denso en barrancos resguardados (Camacho, 2013 p. 34).

- Páramo herbáceo de almohadillas

Los pastos son sustituidos por plantas herbáceas que forman matorrales que pueden cubrir casi el 100% del área. La vegetación forma almohadillas duras, especialmente de los géneros *Azorella*, *Werneria* y *Plantago*. Además, hay arbustos dispersos y otras plantas herbáceas sin adaptaciones llamativas, como *Lycopodium*, *Jamesonia*, *Gentiana*, *Gentianella*, *Satureja*, *Halenia*, *Lachemilla*, *Silene* y *Bartsia*. Un caso típico de este tipo de páramo es el sector de las "antenas" cerca del páramo de la Virgen en la Reserva Ecológica Cayambe Coca (Caranqui, et al., 2019).

- Páramo húmedo o pantanoso

Los brezales pantanosos se caracterizan por su mal drenaje. Las plantas típicas son *Tsoetes*, *Lilaeopsis*, *Cortaderia*, *Chusquea*, *Neurolepis* y varios géneros que forman cojines, *Oreobolus* y el musgo de turba *Sphagnum magellanicum*. Este tipo de vegetación se encuentra en los páramos más húmedos de la cordillera oriental, especialmente en los de Cayambe, Antisana, Llanganates y Sangay. Además, se caracteriza por la conjunción de las dos anteriores en las que no existe un dominio específico de una u otra forma de vida. Un estudio fitosociológico más descriptivo garantizará la realidad de este tipo de páramo o su integración en otro páramo de clima intermedio (Posada, 2016 pp. 22-23).

- Páramos secos

El matorral subjetivo escaso está dominado por *Stipa* y otras hierbas resistentes a la desecación como *Orthrosanthus* y *Buddleja*. Las mayores extensiones de esta clase se encuentran en el sur de Azuay y norte de Loja, donde hay una estacionalidad más marcada (Lozano, et al., 2016 pp. 56-57).

- Páramos sobre arenales

Se forma sobre un suelo arenoso resultado de procesos erosivos intensos, como en la situación de los arenales del Chimborazo como podemos mencionar a las dunas de palmira, son una ejemplificación de los páramos secos en el Ecuador. Es posible que esta supuesta afinidad esté

ligada a intensos procesos de erosión. Esto no quiere decir que todos estos páramos estén erosionados, sino que el hecho de estar sobre bancos de arena los hace bastante propensos a la erosión. Existen indicios de erosión eólica en conjunto con la erosión por sobrepastoreo. Según (Camacho, 2013 p. 17).

- Superpáramos

El superpáramo se encuentra en las montañas más altas, donde pocas especies vegetales tienen la capacidad de sobrevivir en condiciones edáficas y climáticas por encima de los 4200 metros sobre el nivel del mar. Según (Soto, 2018 p. 16) cita que el suelo tiene una gran superficie abierta, aunque en regiones protegidas por grietas y piedras, crecen plantas de los géneros *Draba*, *Culcitium*, *Chuquiraga*, *Cortaderia*, *Baccharis* y *Gentiana*, entre otras, y líquenes. Las plantas muestran una adaptación ecofisiológica a la alta radiación solar durante el día y a las temperaturas gélidas durante la noche (otros, 2012 pág. 45).

- Páramos arbustivos

Considerados endémicos del Parque Nacional Podocarpus ubicado en el sur del país (provincia de Loja). Llamados localmente "paramillos", son bastante diferentes a los anteriores, en términos vegetación, a los anteriores. Existe vegetación arbustiva y herbácea dominada por *Puya*, *Miconia*, *Neurolepis*, *Oreocallis*, *Weinmannia* y *Blechnum* (Vistin, et al., 2020). Hay que señalar que no todos los pantanos de la provincia de Loja corresponden a esta clase: existe también un pantano pajonal especial. Además, este tipo de vegetación posiblemente deba considerarse dentro de otro tipo general de ecosistemas y no como un tipo de páramo.

#### *2.2.2.2. Historia del uso de los páramos ecuatorianos*

El estado de conservación de los páramos septentrional, meridional y oriental es mejor que el de los páramos central y occidental (Coppus, 2001 pág. 225). El páramo pajonal es uno de los más dañados. Se considera que la mitad de los páramos pajonales están en mal estado y sólo una décima parte está en buen estado (Hofstede, 2002 pág. 3). La diferencia entre el estado de conservación de los páramos del país se debe a que las provincias de la cordillera central y sobre todo la occidental tienen más disponibilidad e históricamente más habitantes (Martínez, et al., 2009 pp. 15-17).

En diferentes miradores de las partes altas de los Andes ecuatorianos se encuentran fortificaciones, miradores, embalses y otros índices de civilizaciones como el Kañari, el Puruhá,

el Caranqui y el Aguacate (Camacho, 2013 p. 12). El páramo constituyó uno de los recursos aglutinadores del Imperio Inca, como demuestran, a modo de ejemplo, las numerosas fortificaciones y observatorios estratégicos incaicos (pucarás) en las alturas andinas. La colonización incaica permitió el progreso de la agricultura, incorporó la implantación de camélidos y con ellos el uso directo del páramo para caminos, fortificaciones y otros. La llegada de Europa traerá especies del antiguo conjunto de naciones, como vacas, ovejas y caballos (Camacho, 2013 pp. 14-16).

Las reformas agrarias de los años sesenta y setenta provocaron un cambio drástico en la agricultura clásica de las tierras altas, así como una intensificación del pastoreo en las tierras bajas (Camacho, 2013 p. 10). El aumento de la urbanización a lo largo de los años ha incrementado la demanda de productos agrícolas en detrimento de unos pocos agricultores. Por ello, el modelo clásico de uso de la tierra andina no fue suficiente, provocando el uso de sustancias químicas, imprescindibles para conservar y aumentar la producción (Aranguren, 2018 pp. 15-17).

### **2.2.3. Importancia del páramo**

#### *2.2.3.1. Importancia biológica*

Tienen una importante diversidad biológica en cuanto a las propiedades fundamentales de este ecosistema. El alto costo de los páramos para la diversidad biológica no está en la riqueza de sus especies, sino en su singularidad (Llambí, et al., 2012 p. 34). Debido a las adaptaciones a las condiciones extremas, en el páramo se encuentran muchas especies que no se encuentran en otros lugares (Gómez, et al., 2015 pp. 22-24).

- **Fauna**

El páramo sirve de corredor biológico para muchas especies emblemáticas y relevantes, como el oso de anteojos o andino (*Tremarctos ornatus*), el cóndor (*Vultur gryphus*) o el puma (*Felis concolor*). Muchas de las aves de páramo dependen de los restos de *Polylepis* para alimentarse y refugiarse durante los Andes. También hay ciervos, buitres, lobos, halcones y mucho más. En el páramo viven muchas especies de anfibios endémicos, destacando por su variedad las ranas de los géneros *Eleutherodactylus* y *Atelopus*. Son subjetivamente pobres en reptiles; las únicas especies presentes son varios lagartos de los géneros *Stenocercus*, *Phenacosaurus*, *Proctoporus* y *Anadia* y algunas serpientes no venenosas de los géneros *Atractus*, *Liophis* y *Safenophis* (Prolipa, 2017).

- **Flora**

Los páramos, en toda su expansión en el Neotrópico, cubren alrededor del 2% de la superficie de las naciones; sin embargo, cuentan con unas 125 familias, 500 géneros y 3400 especies de plantas vasculares. Entre las plantas no vasculares, las cifras también son notables: 130, 365 y 1.300 respectivamente para familias, géneros y especies (Astwood, et al., 2019 pp. 45-48).

**Tabla 1-2:** Familias diversas en género y especie de varios grupos de plantas presentes en los páramos

<b>Grupo</b>	<b>Familia</b>	<b>#de géneros</b>	<b># de especies</b>
<b>Plantas sin flores</b>		447	<b>3045</b>
<b>Plantas con flores</b>	Asteraceae	101	<b>858</b>
<b>(las 5 familias con mayor diversidad en los páramos)</b>	Poaceae	41	<b>27</b>
	Orchidaceae	25	<b>152</b>
	Scrophulariaceae	14	<b>144</b>
	Melastomataceae	9	<b>107</b>
<b>Helechos y afines</b>	Dryopteridaceae	5	<b>77</b>
<b>Musgos</b>	Dicranaceae	17	<b>67</b>
<b>Hepáticas</b>	Lejeuneaceae	16	<b>38</b>

**Fuente:** (Astwood, et al., 2019).

**Realizado por:** Rodríguez Caguana, José, 2023.

Las plantas de los páramos tienen una morfología característica: rosetas monumentales y enanas, mechones, cojines, alfombras, arbustos enanos y caducifolios son varias formas de propagación de las plantas en esta región.

Con esta morfología y otras características anatómicas y fisiológicas típicas, entre las que son notorios los pelos densos y las hojas pequeñas, coriáceas y brillantes, suplen las condiciones de vida extremas de las alturas (Yépez, 2016 p. 35).

El endemismo podría alcanzar el 60% (es decir, 6 de cada 10 especies encontradas tienen la posibilidad de ser exclusivas del Páramo), aunque los datos no son concluyentes, existen alrededor de 270 especies endémicas ecuatorianas que permanecen en el Páramo (Caranqui, et al., 2019 p. 13).

### 2.2.3.2. *Importancia económica*

A nivel económico el páramo que ha sido intervenido es importante debido a los siguientes aspectos:

- **Producción agrícola y ganadería**

Los sistemas agrarios de las turberas son en su mayoría mixtos. Hay regiones de sociedades agrícolas y otras pastoriles, pero en ambas hay recursos, ganadería y agricultura. Los Páramos son regiones con cultivos originales como la patata (*Solanum tuberosum*), la oca (*Oxalis tuberosa*), el melloco (*Ullucus tuberosus*) y la mashua (*Tropeolum tuberosum*) de enorme diversidad genética. También existen otros cultivares menos difundidos como la achira (*Canna edulis*), la papa china (*Colacasia esculenta*) y la zanahoria blanca (*Arracacha esculenta*) (El Agro, 2019 pp. 14-16).

Aunque se estima que la ganadería económicamente viable no es viable en este ecosistema, existe un pastoreo extensivo en las ciénagas por encima del límite de cosecha de 3.500 a 4.000 bovinos, equinos, ovinos y caprinos. El suelo, con sus características específicas y, en particular, su alto contenido en materia orgánica, lo hace apto y bueno para el cultivo, aunque no fue creado para este tipo de uso (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016 p. 12).

- **Turismo**

El páramo es uno de los ecosistemas del norte de los Andes más visitados por millones de turistas, que vienen a disfrutar de sus misteriosos paisajes y de las diversas expresiones de su cultura. Por la diversidad de sus paisajes, su riqueza étnica y las ocupaciones a realizar (ecoturismo, bicicletas, caballos, regiones de adaptación al montañismo, etnoturismo, etc.), ciertas regiones de páramos son y tienen la posibilidad de ser utilizadas para el turismo de montaña (Gómez, 2018 pp. 4-7).

### 2.2.3.3. *Importancia social*

El significado social primordial es el de ser un lugar donde se vive. Los páramos y los recursos naturales representan un lugar de vida y convivencia cotidiana, donde cada una de las ocupaciones, ya sean económicas, sociales y culturales, giran en torno a la naturaleza. Debido a las exigencias de la experiencia en los ecosistemas de altura, las poblaciones han construido diferentes respuestas culturales que contribuyen a interacciones sociales distintas, diferentes a las de la metrópoli (Delgado, 2014 pp. 32-33).

El páramo comunitario constituye un lugar de convivencia social, demostrado en tareas como las mingas, evidenciando el sentido de solidaridad, complementariedad, pertenencia y reciprocidad.

#### *2.2.3.4. Importancia cultural*

La pluralidad cultural y étnica de sus habitantes hace de la alta montaña un sitio exclusivo donde aún se encuentran aspectos originarios e indígenas. La mayor población indígena "quichuahablante" vive en los páramos, practica su agricultura con varias prácticas bastante normalizadas, habla su lengua, tiene su cultura y su vestimenta y está en un constante proceso de cambio y habituación, lo que lleva a mencionar que, es una cultura diversa y vibrante (Zavala, 2016 pp. 18-19). Además, sus habitantes han adquirido una gigantesca cuota de conocimientos etnobotánicos, transmitidos de generación en generación y utilizados en la medicina clásica andina.

#### *2.2.3.5. Normas, políticas y leyes para el páramo ecuatoriano*

Tal y como se recoge en las propuestas de la Ley de Sostenibilidad Forestal de Ecuador y de la Ley de Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica, la definición de ecosistema de páramo es la siguiente:

El ecosistema tropical altoandino, que se extiende en el norte de los Andes, entre el límite alto actual o potencial de los bosques andinos cerrados y la línea de nieves permanentes, se caracteriza por una vegetación no leñosa predominante, altos niveles de radiación ultravioleta, bajas temperaturas y alta humedad. Con respecto al páramo, el artículo 406 de la Constitución de la República del Ecuador de 2008 señala que es un ecosistema frágil y en peligro de extinción, además establece que el Estado regulará la conservación, productividad y uso sostenible, restauración y límites de dominio de este y otros ecosistemas (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017).

El Ministerio del Ambiente ordena que se implemente la "Política de los Ecosistemas Andinos del Ecuador (PEAE)" como política pública. La PEAE define políticas para el ecosistema del páramo, mencionando que el Estado impulsará la evaluación de los servicios ecológicos que presta el páramo (retención de agua, captura de carbono); promoverá el desarrollo de un sistema coherente de incentivos y compensaciones por servicios ambientales para asegurar su calidad y sostenibilidad; y promoverá la investigación, promoción y difusión de información que mejore el pensamiento científico y tecnológico de los páramos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016 pp. 113-114). El artículo N° 45 de la Ley de Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica menciona que el Ministerio del Ambiente regulará y promoverá la conservación, el funcionamiento de Sostenibilidad de los humedales y sus recursos naturales (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016 pp. 113-114).

El artículo 46 de la misma ley señala que en los humedales que conserven su cobertura natural original, no se podrá plantar bosques ni introducir nuevos sistemas agroforestales por encima de los 3500 m.s.n.m., con excepción de las plantaciones forestales y sistemas agroforestales con especies originarias. realizadas por sociedades con fines permanentes, tomando en cuenta este impacto, cuya superficie máxima es de una hectárea por familia, y las plantaciones forestales con especies nativas se realizan con fines de defensa en superficies degradadas (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016 pp. 113-114).

#### **2.2.4. Suelo**

El concepto de suelo, derivado del latín solum, que significa base o fondo, se estima como la parte más superficial de la corteza terrestre. Representa la interfaz entre las esferas biológica, hidrológica, litológica y atmosférica de la planta, siendo la columna vertebral de la mayor parte de la vida en la Tierra (Tarbuck, 2005 pp. 175-177).

El suelo puede definirse de diferentes maneras, según los criterios adoptados en cuanto a su implantación, formación, origen y/o funcionalidad. Partiendo de un concepto más general y científico: el suelo es un producto de la erosión de las piedras, que se manifiesta en los trozos superficiales de la corteza terrestre y a veces tiene restos de materia orgánica; es una mezcla de sólidos pulverizados, agua y viento, que, si se dispone de recursos nutritivos, puede sustentar la vegetación (Tarbuck, 2005 pp. 175-177).

#### **2.2.5. Suelo de páramo**

##### **2.2.5.1. Características específicas**

- **Condiciones climáticas**

La mayoría de los pantanos tienen un clima frío y húmedo. La temperatura en los pantanos desciende entre 0,5 y 0,7°C por cada 100 metros de altitud (a partir de 2000 metros). Las fluctuaciones de temperatura durante el día son elevadas (a menudo muy por encima de los 15 °C con una importante radiación solar).

A temperaturas moderadamente bajas, la actividad biológica disminuye. En consecuencia, disminuye la mineralización de la materia orgánica, lo que contribuye a su acumulación en porciones monumentales (Beltrán, et al., 2011 p. 4).

(Beltrán, et al., 2011 p. 4). Cita que la proporción de lluvias en el páramo puede tener cambios fundamentales (desde 500 hasta mucho más de 3000 mm/año) y no la proporción de precipitaciones es de humedad constante con precipitaciones latentes (nieblas, lloviznas, etc.) que dan humedad constante al suelo del páramo y aseguran su evolución inmediata.

- **Características físicas y químicas**

Físicamente, los suelos de páramo se caracterizan por su baja densidad aparente, su enorme capacidad de retención de agua, su alta microporosidad, su buena protección contra los microagregados y su alta susceptibilidad a la erosión por desecación. Químicamente, los suelos de Páramo tienen un pH de 5-7, una capacidad de intercambio muy variable y un alto contenido de materia orgánica (Jaramillo, 2002 p. 1).

Las propiedades de textura, composición, alto contenido de materia orgánica y baja densidad aparente dan como resultado una alta porosidad global con una buena distribución de macro y microporos, lo que permite una adecuada retención del agua disponible y una buena interacción agua-aire (Jaramillo, 2002 p. 1).

- **Vulnerabilidad de los suelos de páramo**

El suelo de páramo es extremadamente sensible al cambio, ya que se ha adaptado durante miles de años a unas condiciones ecosistémicas bastante específicas y a veces extremas (Brader, 2017 pp. 160-161). La alta vulnerabilidad de los páramos se debe a:

Elevada capacidad de retención de agua: tras la desecación o el secado, no recuperan su estado original. Su papel como reguladores del agua puede estar cambiando  
Baja densidad aparente y porosidad elevada: al secarse son sensibles a la erosión, no soportan labranza mecanizada ni la labranza fuerte, su composición se descompone, se compacta, se vuelve más friable y pierde su capacidad de retención de agua (Brader, 2017 pp. 160-161).

- Baja densidad aparente y alta porosidad: al secarse, están sujetos a la erosión, no soportan el laboreo mecanizado o intensivo, se descomponen en su composición, se compactan, se vuelven más friables y pierden su capacidad de retener agua.
- Alto contenido en materia orgánica: Los cambios pueden conducir a un debilitamiento de la materia orgánica y a la liberación de carbono del suelo (Brader, 2017 pp. 160-161).

- Bajo pH: Dado que el pH ácido de estos suelos limita mucho la agricultura, es habitual tratar de elevar el pH a niveles adecuados para el cultivo mediante la alteración de diversos procesos químicos.
- Carga del suelo dependiente del pH: Al alterar el pH, las partículas del suelo pueden cambiar el tipo de iones que contienen en su zona.
- Temperaturas bajas del ecosistema: el suelo es sensible a los cambios de temperatura. Varios procesos biológicos dependen de la temperatura, por lo que un aumento de la misma también puede incrementar la actividad microbiana del suelo, la mineralización de la materia orgánica y provocar cambios en las tasas de meteorización (Brader, 2017 pp. 160-161).

#### 2.2.5.2. *Tipos de suelos de páramo en el Ecuador*

(Sotillo, 2017 pp. 15-17) menciona ciertas características del origen del suelo del Ecuador.

- Los suelos de los páramos son volcánicos, ya sea por la meteorización de la roca volcánica (sur) o por la ceniza volcánica contemporánea (norte y centro).
- Los suelos del norte y del centro se denominan andosoles. Son suelos jóvenes, con horizontes poco diferenciados, y debido a la enorme riqueza en materia orgánica, son de color negro. Tienen un alto grado de capacidad de retención de agua y una gigantesca permeabilidad, lo que garantiza un desarrollo óptimo del sistema radicular y una importante resistencia a la erosión.
- Sin embargo, cuando la composición porosa se pierde debido al pisoteo o a la desecación, el suelo no puede retener actualmente tanta agua y se vuelve hidrofóbico o repelente al agua.
- En el sur de Ecuador, donde la cordillera es diferente, los suelos también lo son (Inceptisoles). La roca metamórfica meteorizada (el proceso de descomposición física y química de los materiales sólidos en la Tierra o alrededor de ella) también era originalmente de origen volcánico, pero mucho más antigua que los volcanes que dominan el paisaje del norte.
- Los volcanes del sur entraron en erupción antes del surgimiento de los Andes en un entorno tropical. Estas rocas volcánicas se elevaron después hasta su altura actual, sufriendo una serie de cambios que las convirtieron en rocas metamórficas.
- Por regla general, los suelos formados en este material son más superficiales y menos fértiles.
- En el extremo sur de la actual pluma de ceniza volcánica, hay una zona con una capa bastante fina de ceniza volcánica sobre lavas más antiguas.
- Aquí los suelos son similares a los del norte, pero bastante finos. La vegetación a partir de Alausí es algo diferente a la del norte (Sotillo, 2017 pp. 15-17).

### **2.2.6. Servicios ambientales de los suelos del páramo**

Los servicios ambientales son funcionalidades proporcionadas por los ecosistemas, de las que se derivan servicios o beneficios para la sociedad local, nacional o mundial. Una funcionalidad ecológica o ecosistémica debe crear un beneficio económico, ecológico o social, para ser considerada un servicio ambiental (Morocho, et al., 2021 p. 1). El páramo es un ecosistema gracias a 2 servicios ambientales esenciales que ofrece a la población y que están vinculados directa e indirectamente a él: el suministro continuo de agua en cantidad y calidad, para ser reguladores del agua, y el almacenamiento de carbono atmosférico, que mantiene el control del cambio climático (Morocho, et al., 2021 p. 1).

#### **2.2.6.1. Retención y provisión de agua**

Según la Alianza Universal para la Conservación de la Naturaleza, el páramo presta servicios ambientales a más de 100 millones de personas. Su posición geográfica lo convierte en el mayor proveedor de agua en el territorio de los Andes de Colombia y Ecuador, y en menor medida en Venezuela y Perú. Son esenciales para la regulación de la hidrología a nivel regional y constituyen la fuente de agua exclusiva para la mayoría de las poblaciones ubicadas en el piedemonte de los Andes (República del Ecuador, 2017 pp. 24-26).

La mezcla del clima de páramo, las propiedades de la vegetación y los suelos hacen que los hidro sistemas de páramo se constituyan en reguladores naturales del agua, provenientes de las lluvias, el deshielo y la condensación de la neblina. El páramo es considerado como una esponja que recoge y distribuye el agua de forma repetida y limpia, incluso en épocas de sequía. En otras palabras, el páramo es considerado una unidad ecológica de enorme importancia para la regulación del recurso hídrico, ya que, gracias a su constitución, es capaz de almacenar gigantescos volúmenes de agua en sus suelos hidromorfos y de mantener el control de su flujo a través del sistema hidrográfico (Tovar, 2016 pp. 50-53).

Esta capacidad de retención de agua se debe a las propiedades físicas de los suelos como la baja densidad aparente, la alta porosidad y las condiciones de consistencia más bien friable, aspectos particulares de todos los suelos de páramo, que constituyen limitaciones relevantes para su uso en ocupaciones que someten al suelo a fuertes y constantes cargas o presiones como las causadas por el constante pisoteo del ganado (COSTECAM CIA. LTDA., 2017 pp. 36-38). Dado que la extracción de agua subterránea es escasa y difícil, el agua superficial del páramo es el distribuidor más relevante para las localidades más grandes, así como para la mayor parte del área agrícola. El

agua se destina al uso urbano, industrial y agrícola, en el valle interandino conocido como la sierra y las llanuras costeras.

#### 2.2.6.2. *Almacenamiento de carbono*

El suelo puede actuar como fuente o sumidero de carbono en función de su uso y rendimiento. Los suelos de los altos Andes se componen de ceniza volcánica adolescente en condiciones frescas y húmedas. Como resultado, la degradación de estos suelos es baja. Por lo tanto, el páramo es un ecosistema que tiene suelos profundos y un alto contenido de materia orgánica (es decir, de carbono) almacenada en su suelo (Morochó, et al., 2021 pp. 4-5).

En condiciones naturales, el carbono orgánico del suelo es el resultado del equilibrio entre la incorporación de materia orgánica fresca al suelo y el carbono del suelo como CO<sub>2</sub> a la atmósfera, la erosión y la lixiviación. El carbono orgánico del suelo tiene un impacto fundamental en la suma de las partículas del suelo; cuanto mayor sea el contenido de carbono orgánico lábil, mayor será la magnitud de los agregados (INIA Tacuarembó, 2015 pp. 17-19).

Mientras que los suelos de los bosques tropicales suelen almacenar entre 100 y 200 toneladas de carbono/ha, los suelos de los páramos han acumulado grandes cantidades de materia orgánica, logrando retener hasta 600 toneladas de carbono/ha, las concentraciones de carbono que contienen. que se encuentran en la densa vegetación de los bosques tropicales de todas las naciones.

El carbono orgánico del suelo altera la mayoría de las características químicas, físicas y biológicas del suelo asociadas a su calidad de sostenibilidad y a su capacidad de cosecha. Por lo tanto, en la agricultura sostenible, el carbono orgánico del suelo debe ser estabilizado o aumentado. Si el suelo se encuentra y se abusa de él, se corre el riesgo de que el carbono se descomponga y pase a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, el principal responsable del cambio climático, probablemente el problema medioambiental más grave del mundo (Martínez, et al., 2008 pp. 73-74).

En las regiones húmedas es posible encontrar valores de carbono orgánico superiores al 40%. En las regiones del norte del Ecuador, en condiciones más secas, el contenido de carbono podría ser del 7%. Para los suelos del sur del Ecuador, el promedio de materia orgánica encontrado para los primeros 30 cm fue de 17,4% para los suelos bajo pajonal y de 52,7% para los suelos pantanosos bajo acolchado (Castañeda, 2017 pp. 3-4).

### **2.2.7. Degradación del paramo**

#### *2.2.7.1. Influencia del cambio climático global*

La amenaza extrínseca más grave para los ecosistemas de alta montaña es el calentamiento global, causado por el cambio climático. El principal impacto evidente en las montañas andinas es la desaparición de los glaciares. Aunque los glaciares pueden volver con la época, dada la recuperación ocasional de las condiciones climáticas mundiales, es posible que las especies perdidas por la devastación de los ecosistemas como tales nunca se recuperen (Morales, et al., 2006 pp. 2-4).

La principal certeza sobre los efectos del calentamiento global es el aumento de la temperatura. Incluso con medidas drásticas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, este impacto seguirá aumentando durante mucho tiempo. Se prevé un aumento de 3°C en la temperatura global, lo que tendrá efectos drásticos en la compartimentación y pluralidad de los organismos vivos, restringiendo los hábitats fríos y húmedos a altitudes aún mayores, lo que provocará una disminución de la superficie y las especies estarán amenazadas de extinción.

El calentamiento global genera una alteración en la demanda de agua de los ecosistemas. El aumento de la temperatura genera un incremento de la evapotranspiración que se traduce en una disminución del agua que se infiltra y se filtra a través del suelo. Sin embargo, los cambios provocados por el crecimiento de la población pueden ser mayores, debido al aumento de la demanda de agua para los cultivos, la generación de energía hidroeléctrica y el consumo humano (Wambeke, 2013 pp. 8-10).

#### *2.2.7.2. Efectos de la agricultura*

Básicamente, todos los brezales andinos experimentan la presión del cultivo desde abajo. A nivel andino, las mayores áreas de producción se encuentran en Colombia en las regiones de Mérida, Santanderes, Boyacá, Antioquia, Nariño y en Ecuador en las provincias de Carchi y Chimborazo. Las tecnologías agrícolas utilizadas varían entre los sistemas extensivos tradicionales con bajo uso de insumos externos a la explotación y bajo nivel de producción, y los sistemas intensivos modernos con alto uso de insumos externos a la explotación y alto nivel de producción. Los sistemas convencionales se consideran generalmente respetuosos con el medio ambiente, sin embargo, el crecimiento de la población y la necesidad de aumentar la producción agrícola han demostrado que estos sistemas no son económicamente viables (Gutiérrez, et al., 2008).

En la situación de las ocupaciones agrícolas, el principal impacto es la degradación irreversible de la composición, la devastación de la materia orgánica y la menor regulación del agua. Los principales impactos ecológicos observados asociados a la perturbación agrícola en el páramo son también la reducción de la proporción y la pluralidad de los microorganismos (incluidas las micorrizas) y de la fauna del suelo.

#### *2.2.7.3. Influencias de la ganadería*

La ganadería, principalmente de vacuno y ovino, es probablemente el uso del suelo que ocupa la mayor superficie de los brezales. Aparte de las zonas más remotas, húmedas y protegidas, no hay ningún páramo en el que no predomine el ganado. El persistente pisoteo del ganado sobre el suelo produce una erosión laminar y fragmenta y desintegra los macizos de hierba. Además, se generan agujeros en la zona que se componen de charcos gigantes que alteran totalmente la micro topografía del suelo (Morales, et al., 2006 pp. 41-42).

La producción ganadera implica la siembra de pastos, la selección y devastación de la vegetación y el establecimiento de plantas exóticas como musgos y juncias. Se generan cambios en la vegetación, reduciendo la abundancia de especies favorecidas por el ganado (sabrosas) y produciendo principalmente una simplificación y homogeneización de la vegetación (Basaez, 2015).

#### *2.2.7.4. Consecuencias de la deforestación y reforestación*

El principal efecto de la deforestación no perjudica directamente al páramo, sino a su sector de amortiguación. A nivel andino, particularmente donde hubo mucha deforestación, hubo una demanda política y ocupaciones locales de reforestación.

En general, las plantaciones son aceptadas porque representan una opción económica y energética para la comunidad campesina local y tienen menos impacto que la ganadería o la agricultura, y aunque cada vez hay más experiencia con especies arbóreas nativas de altura, aún no tienen oportunidad de competir económicamente con las exóticas (Rodríguez, et al., 2012 pp. 16-17).

#### *2.2.7.5. Efecto de la quema*

Esta actividad se realiza generalmente para estimular el origen de los brotes de las plantas que sirven de forraje para el ganado. También se utilizan ocasionalmente para limpiar la parcela antes de la siembra. Las quemadas tienen el potencial de afectar en gran medida la nivelación del suelo e

inducir la formación de agregados hidrofóbicos estables en el suelo con alta repelencia al agua (Ministerio del Ambiente, 2019).

El aprendizaje de los efectos de la quema y el pastoreo en el páramo del norte de Ecuador reveló una importante formación de orillas, un aumento de la escorrentía y la erosión, y una reducción de la conductividad hidráulica. La quema de los páramos provoca la pérdida de la vegetación nativa, la introducción de especies exóticas y el crecimiento de la cubierta vegetal. También provoca el crecimiento del suelo sin ropa, la erosión y la pérdida de nutrientes por volatilización a través de la quema conjunta.

#### **2.2.8. *Calidad o estado de salud de los suelos***

La "Soil Science Society of America" define la calidad del suelo como: la funcionalidad de un suelo para funcionar en los parámetros naturales y antropogénicos del ecosistema, para mantener su productividad vegetal y animal, para conservar o aumentar la calidad del agua mejorar y del viento, y tolerar la habitabilidad y la salud humana (Brader, 2017 pp. 186-188).

En general, se tiene la opción de especificar 2 tipos de calidades de suelo. La calidad inherente, que viene determinada por las propiedades del suelo que no cambian fácilmente con el tiempo, y la calidad dinámica o salud del suelo, que depende de los cambios edáficos, son variables más ligeras (López, 2002 pp. 30-31).

La calidad del suelo es dinámica y puede cambiar a corto plazo en función de las prácticas de uso y rendimiento, y su mantenimiento requiere prácticas sostenibles en el tiempo.

##### **2.2.8.1. *Indicadores de calidad de suelos***

Los indicadores de calidad son cambios específicos del suelo que pueden ser métricas físicas, químicas y biológicas que pueden ser métricas cualitativas o cuantitativas que proporcionan datos sobre el rendimiento de un suelo. Los indicadores representan un estado y transmiten datos sobre los cambios o las tendencias de ese estado.

En general, deben permitir una evaluación óptima de las condiciones del suelo. Los indicadores superiores serán aquellos que afecten significativamente a la capacidad del suelo para realizar su función (Causa, 2016 pp. 123-125).

### 2.2.8.2. Indicadores físicos de calidad

Los indicadores físicos deben reflejar la capacidad del suelo para absorber, almacenar y transferir agua a la vegetación, así como las limitaciones que puedan encontrarse en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el desplazamiento del agua en el interior del perfil y también permanecer implicados en la disposición de las partículas y los poros.

### 2.2.8.3. Indicadores químicos de calidad

Los indicadores químicos surgen generalmente de las interrelaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad de amortiguación del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos.

- **Reacción (pH)**

El nivel de acidez o basicidad de los suelos puede cuantificarse mediante el coste del pH de la separación del suelo.

El pH del suelo en sí mismo no juega un predominio directo sobre las plantas, su principal predominio es biológico, ya que perjudica a los microorganismos del suelo. Químicamente, su predominio establece la disponibilidad o fijación de ciertos nutrientes del suelo necesarios para las plantas (Valdez, 2018).

**Tabla 2-2:** Clasificación de los suelos

Tipo de Suelo	pH
Extremadamente ácido	<4
Fuertemente ácido	4,0 - 4,9
Medianamente ácido	5,0 - 5,9
Ligeramente ácido	6,0 - 6,9
Neutro	7,0
Ligeramente alcalino	7,0 - 8,0
Medianamente alcalino	8,1 - 9,0
Fuertemente alcalino	9,1 - 10,0
Extremadamente alcalino	10,1

Fuente: (Valdez, 2018).

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

- **Conductividad eléctrica (decisiemens por metro; dS/m)**

Es la función de un cuerpo o medio de conducir la corriente eléctrica, es decir, de permitir el paso de partículas cargadas a través de él. En una solución (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016 pp. 174-176), la conductividad eléctrica es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas que contiene dicha solución en el suelo, corresponde a la magnitud de la fracción de corriente que fluye a través de la solución del suelo.

Está dominada por una mezcla de propiedades fisicoquímicas del suelo como la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, la humedad del suelo, la capacidad de intercambio catiónico, el pH, el Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup>, los tipos de suelo, entre otros.

La determinación de la conductividad eléctrica se utiliza habitualmente para indicar la concentración total de elementos ionizados.

El recambio soluble en el suelo determina la existencia de una secuencia de conjunción de cationes (Ca, miligramos, Na, K) y aniones (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, etc.) (Jaramillo, 2002).

- **Capacidad de intercambio catiónico (meq/100ml)**

La capacidad de intercambio catiónico del suelo se define como la cantidad de cationes que pueden situarse en sus posiciones de intercambio. Es decir, es la medida de la capacidad que posee un suelo de adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo (UICN, 2015 pp. 15-17).

Los cationes absorbidos se hallan protegidos contra procesos que traten de evacuarlos del suelo, como la lixiviación, pudiendo ser intercambiados por otros de la solución del suelo, denominándose cationes intercambiables.

La función de intercambio catiónico del suelo se define como la proporción de cationes que tienen la posibilidad de colocarse en sus posiciones de intercambio.

En otras palabras, es la magnitud de la capacidad que tiene un suelo para adsorber cationes y equivale a la carga negativa del suelo menciona el autor (UICN, 2015 pp. 15-17). Los cationes absorbidos están protegidos contra los procesos que intentan eliminarlos del suelo, como la lixiviación, logrando ser intercambiados por otros en la solución del suelo, llamados cationes intercambiables.

- **Nitrógeno total (%)**

El nitrógeno es un factor esencial para la vida, es una de las principales biomoléculas de todos los organismos vivos. Es uno de los recursos más abundantes de la Tierra, en su forma gaseosa (N<sub>2</sub>) constituye el 78% de la atmósfera.

El nitrógeno orgánico es mucho más exuberante, las plantas lo absorben en forma de nitrógeno inorgánico. El nitrógeno orgánico sirve de reserva, una medida que descompone y mineraliza la materia orgánica, convirtiéndola en nitrógeno inorgánico y quedando a disposición de las plantas.

- **Nutrientes, minerales y metales**

**Fósforo disponible:** El fósforo se encuentra en los suelos y en las aguas naturales en algunas formas: Ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos ligados orgánicamente. La decisión del fósforo en los suelos es de suma importancia para evaluar su fertilidad, ya que, junto con el nitrógeno, el potasio y el calcio, es el factor más extraído por los vegetales (Jaramillo, 2002 pp. 7-9).

A un pH inferior a 6,5, la disponibilidad de fósforo se reduce, ya que el hierro y el aluminio se solubilizan más al bajar el pH y provocan la precipitación del fósforo en forma de fosfatos insolubles.

**Calcio, Magnesio y Potasio:** El calcio presente en el suelo, además del añadido en forma de diversos fertilizantes, o en forma de enmiendas, procede de las piedras y minerales que componen el suelo. El calcio en el suelo está representado como parte de compuestos orgánicos e inorgánicos y como Ca<sup>+2</sup>.

El magnesio en el suelo se presenta en formas insolubles como los silicatos (muy abundantes), su paso a formas solubles depende de la acción de los agentes atmosféricos.

El potasio está presente en el suelo en forma orgánica e inorgánica. El potasio inorgánico constituye alrededor del 1,5% en peso del suelo y se encuentra principalmente en los minerales de silicato.

El potasio orgánico está en menor parte y proviene de la eliminación de restos vegetales y animales (Posada, 2016 pp. 6-8).

#### 2.2.8.4. *Indicadores biológicos de calidad*

- **Materia orgánica en el suelo**

La materia orgánica se define como la parte del suelo que incluye los residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, incluyendo los tejidos y células de los organismos que viven en el suelo y las sustancias producidas por sus habitantes (Basaez, 2015).

A pesar de ser un elemento minoritario, en la mayoría de los suelos, la fuerte reactividad que muestran los elementos orgánicos que la incorporan le confiere una importancia gigantesca en la productividad del suelo y en sus funcionalidades del entorno.

Participación de la materia orgánica en la química del suelo: La materia orgánica participa en determinados procesos químicos desarrollados en el suelo, que son: El aporte de recursos nutritivos por mineralización, principalmente en la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre (Elementos reutilizados una vez humificada la materia orgánica). Ayuda a formar quelatos con ciertos micronutrientes, regulando su disponibilidad para las plantas. Optimización de la dinámica y biodisponibilidad de nutrientes clave para las plantas (Zari, et al., 2018).

Amortigua la acidez del suelo, actuando como regulador evitando cambios bruscos de pH. Participa en la volatilización de nitrógeno y azufre. Absorción de sustancias contaminantes del medio, como herbicidas, insecticidas y fungicidas.

**Predominio de la materia orgánica en los procesos físicos:** Igualmente, a nivel físico, la materia orgánica participa en:

Promover la formación de agregados en el suelo, ya que el aumento y el equilibrio de la composición del suelo aumenta con el contenido de materia orgánica; lo que, al mismo tiempo, aumenta la tasa de infiltración y la función del agua disponible en el suelo, así como la resistencia a la erosión hídrica y eólica (Acevedo, et al., 2022 p. 10).

Además, sirve como sustrato alimenticio para diferentes microorganismos del suelo y la mesofauna, que liberan o inmovilizan nutrientes y forman polímeros orgánicos que también descienden al desarrollo de la composición del suelo, facilitando la adición de partículas texturales (arcillas, limos y arenas) en las unidades estructurales (Yépez, 2016). Formación de mesoporos y microporos, facilitando una mayor porosidad y aireación del suelo. Promover el uso eficiente del agua del

suelo al optimizar la suma de partículas de limo, arcilla y arena, con mayor infiltración; aumentando la retención de agua por los coloides orgánicos, que son extremadamente hidrofílicos (Acevedo, et al., 2022 p. 10).

## CAPÍTULO III

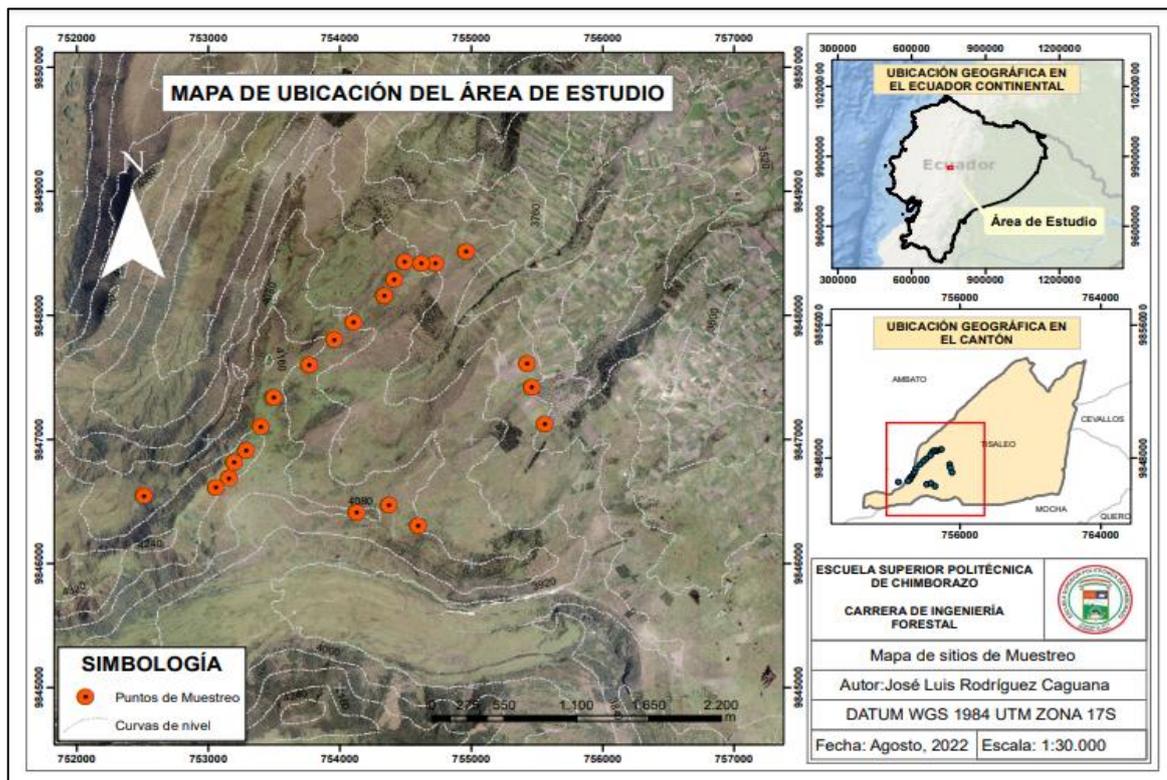
### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El presente estudio se encuentra ubicado en el Catón Tisaleo, Provincia de Tungurahua, sector el Calvario a una altitud de 755534 y una longitud de 9846995 Coordenadas UTM, a una altura correspondiente a 3700 m.s.n.m.

#### 3.2. Características del sitio

Según el INHAMI. Tisaleo presenta temperaturas promedio de 10 a 15 °C anuales, cuya precipitación ronda los 800 mm a 1000 mm, ubicándose entre los 2500 a 3900 msnm y una humedad relativa del 68 % (Rodríguez, 2022 pp. 21-30).



**Ilustración 1-3:** Ubicación geográfica de los páramos en estudio del sector el Calvario

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

### **3.3. Materiales y equipos**

#### **3.3.1. *Materiales y equipos de escritorio***

- Libreta de apuntes
- Esferos
- Computadora

#### **3.3.2. *Materiales y equipos de laboratorio***

- Guantes quirúrgicos
- Mandil
- Cajas Petri
- Pipetas
- Tubos de ensayo
- Medios de cultivo
- Balanza
- Agua destilada estéril
- Alcohol industrial

#### **3.3.3. *Materiales y equipos de campo***

- Barreno
- Azadón
- Balde
- Regla
- Fundas 35x25 cm
- Etiquetas
- Estacas
- Banderines
- Sacos

### **3.4. Metodología**

#### **3.4.1. Para el cumplimiento del primer objetivo (Análisis Físico-químico y biológico)**

##### *3.4.1.1. Georreferenciación y selección del área de muestreo*

Para georreferenciar el área de páramo fue necesario efectuar una visita al lugar. Mediante la utilización de un GPS se pudieron obtener datos relevantes que fueron posteriormente transferidos a una hoja de cálculo de Microsoft Excel y al programa ARC MAP para obtener la imagen de georreferenciada en la cual se buscó observar:

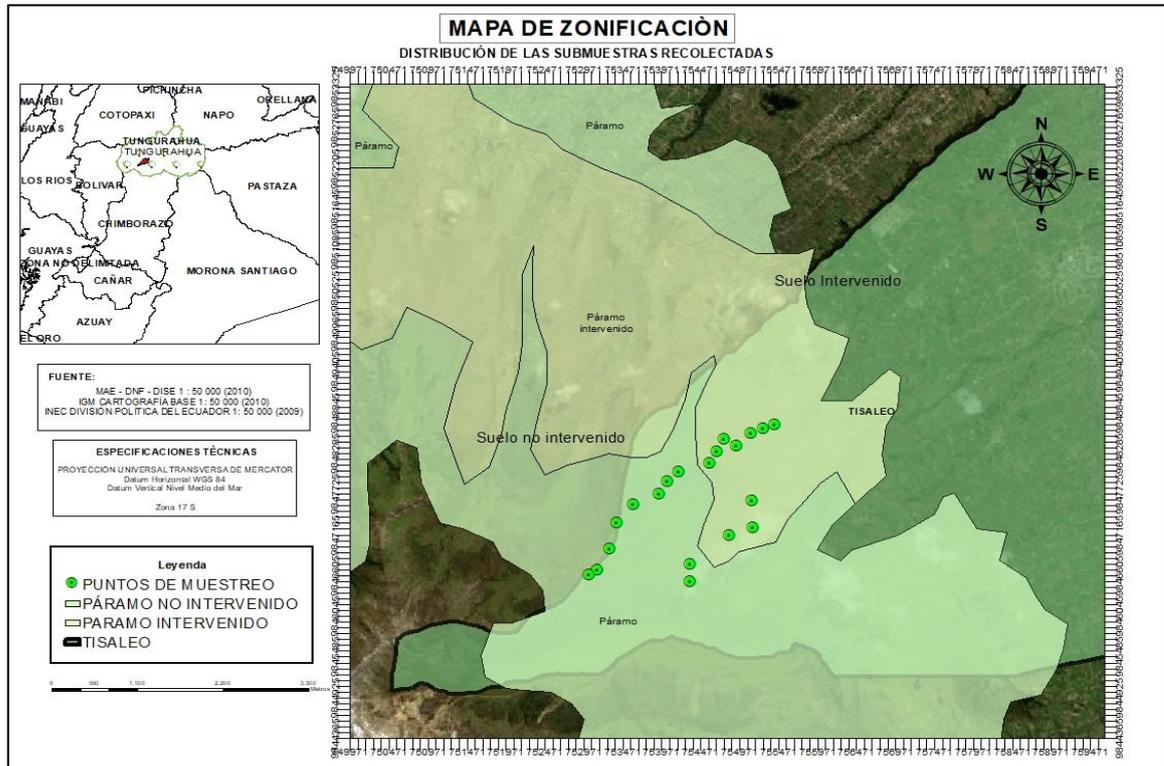
- Distribución geográfica de la Parroquia Tisaleo y las zonas intervenidas y no intervenidas del páramo de la comunidad el Calvario.
- Uso de suelo actual en las zonas del páramo intervenida y no intervenida.
- Distribución de las coordenadas de las muestras recolectadas.

##### *3.4.1.2. Toma de muestras de suelo intervenido y no intervenido del páramo el Calvario*

Para la toma de muestras del suelo del páramo intervenido y no intervenido del Calvario. Se trabajo con muestras compuestas; para lo cual se utilizó la metodología propuesta por Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (Bejarano, 1989 pág. 2) y por el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Politécnica Salesiana (Gualavisí, 2009 pág. 12).

- Se selecciono 10 áreas de muestreo 5 áreas de suelo intervenido y 5 de suelo no intervenido recopilando así 10 submuestras en total. De esa manera se formó muestras compuestas de un kilogramo de peso.
- La recolección de submuestras fue efectuada en zig-zag recorriendo el área de estudio con el fin de abarcar toda el área seleccionada para el muestreo.
- En cada punto de recolección de muestras se limpió toda la cobertura vegetal así como ramas, raíces y piedras en caso de encontrarlos.
- Con la ayuda de una pala haciendo un corte en “V” a 20 cm de profundidad, a partir de lo cual, se tomó un pedazo de tierra de 10 cm de espesor.
- Se eliminó los bordes y se tomó una submuestra de 5 centímetros de ancho, misma que fue colocada en un balde para obtener las muestras compuestas uniformes de cada suelo en estudio.

- La mezcla de todas las submuestras constituyó a la muestra compuesta a analizarse (1kilogramo).
- Se colocó cada muestra en una funda con cierre hermético, correctamente identificadas, para ser transportadas al laboratorio, tanto para los análisis físico-químicos y microbiológicos.



**Ilustración 2-3:** Distribución de las áreas muestreadas

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

### 3.4.2. Fase de laboratorio

Para esta fase, todos los análisis de las muestras de suelo fueron realizados en 2 Laboratorios AGRORUM Asesoría Agroindustrial Ambiental (Análisis químico), y TOX-CHEM (Análisis físico) tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

#### 3.4.2.1. Análisis físico del suelo

Las muestras compuestas de suelo intervenido y no intervenido del páramo el Calvario se enviaron al laboratorio denominado TOX-CHEM, para poder determinar las características físicas del suelo muestreado.

Metodología utilizada por el laboratorio para los distintos parámetros de estudio.

- **Determinación de la textura:** método hidrómetro de Bouyoucos y triángulo de clases texturales USDA.
- **Densidad aparente:** Procedimiento del cilindro.
- **Características del color del suelo:** Tabla de Munsell

#### 3.4.2.2. *Análisis químico del suelo*

Las muestras compuestas de suelo intervenido y no intervenido del páramo el Calvario se enviaron al laboratorio denominado AGRORUM, para poder determinar contenido químico del suelo muestreado.

El análisis químico de los distintos suelos fue realizado por medio de un laboratorio bajo los siguientes métodos:

- **Humedad del suelo:** método de Gravimetría a 105 °C (UW).
- **Contenido de macronutrientes del suelo intervenido y no intervenido:** Fósforo (P) (Olsen modificado) por Espectrofotometría. Mientras que para Nitrógeno, Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio por el método interno bajo el efecto de extracto acetato amónico.
- **El contenido de Materia orgánica:** bajo potenciométrica.
- **Relación macro nutrientes:** analizado bajo método interno por calculo.
- **Microelementos extracción EDTA:** por Método Interno ICP-OES.
- **Capacidad de intercambio catiónico efectiva:** medio del método interno.
- **Valor de pH:** análisis potenciométrico.

#### 3.4.3. *Análisis biológico de los suelos intervenidos y no intervenidos*

Para determinar las unidades formadoras de colonias de Bacterias existentes en suelo intervenido y no intervenido se realizó de la siguiente manera:

- Desinfección y limpieza de los materiales de laboratorio mediante agua con jabón y un remojo con agua destilada.
- Las muestras recolectadas se ubicaron en papel bond para el secado en un período aproximado de 8 días con el fin de eliminar el porcentaje de humedad.
- Posteriormente se preparó el medio de cultivo PDA (Medio de cultivo Agar de Dextrosa y papa).

- Se llevo el medio de cultivo a la autoclave para la esterilización a condiciones de temperatura de 121 ° C, una atmósfera de presión por 15 minutos.
- Las muestras de suelo una vez eliminado la humedad mediante el método de diluciones se preparó las concentraciones sucesivas para cada suelo (Intervenido y no intervenido): 10-1, 10-2, 10-3, 10-4, 10-5.
- El medio de cultivo se ubicó en cajas Petri; una vez solidificado se platearon las diluciones con tres repeticiones.
- Posteriormente se procedió a etiquetar y por consiguiente fue llevado a la estufa a una temperatura de 28 ° C, durante un periodo de ocho días.
- Una vez cumplido este proceso a partir de los ocho días se procedió a la cuantificación de los microorganismos y sus datos se reportaron en UFC (unidades formadoras de colonia).

Para el análisis biológico de suelo intervenido y no intervenido se utilizó un análisis estadístico con el fin de conocer diferencias entre las distintas muestras.

### 3.4.3.1. Diseño experimental

Para el análisis microbiológico se utilizó un diseño Completamente al Azar (DCA), donde se utilizaron diez tratamientos en 5 tipos concentraciones de PDA (Papa Destroza Agar). cada uno de los tratamientos con tres repeticiones y un total de 30 unidades experimentales.

**Tabla 1-3:** Distribución de los distintos tratamientos del suelo intervenido y no intervenido.

Tratamiento Concentración	Muestra	Descripción	Código
10 <sup>-1</sup>	M1	PDA+S1+10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-1</sup>
10 <sup>-2</sup>	M1	PDA+S1+10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
10 <sup>-3</sup>	M1	PDA+S1+10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>
10 <sup>-4</sup>	M1	PDA+S1+10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>
10 <sup>-5</sup>	M1	PDA+S1+10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>
10 <sup>-1</sup>	M2	PDA+S2+10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-1</sup>
10 <sup>-2</sup>	M2	PDA+S2+10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
10 <sup>-3</sup>	M2	PDA+S2+10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>
10 <sup>-4</sup>	M2	PDA+S2+10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>
10 <sup>-5</sup>	M2	PDA+S2+10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

### 3.4.3.2. Análisis estadístico propuesto

Esquema del ANOVA del diseño experimental para el análisis de varianza.

**Tabla 2-3:** Cuadro de ANOVA

Fuentes de variación	Fórmula	GL
Tratamientos	t-1	9
Error	(t-1) t	20
Total	T-1	29

**Realizado por:** Rodríguez Caguana, José, 2023.

Para el análisis de varianza sobre las unidades de colonias formadoras de microorganismos. Los resultados obtenidos del suelo intervenido y no intervenido en cuanto a la actividad biológica se corrió el estadístico bajo el software Infostat estudiantil.

Para proceder con la prueba de Tukey al 5%, se realizó pruebas de normalidad para verificar si los datos son paramétricos o no paramétricos.

### 3.4.4. Para el cumplimiento del segundo objetivo (Contenido del Carbono Orgánico)

(Vela , et al., 2011 pp. 22-23) cita la fórmula para el cálculo del contenido de Carbono orgánico propuesta por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático definido por Penman en 2003.

Para el cálculo de contenido del carbono orgánico esta fórmula requiere:

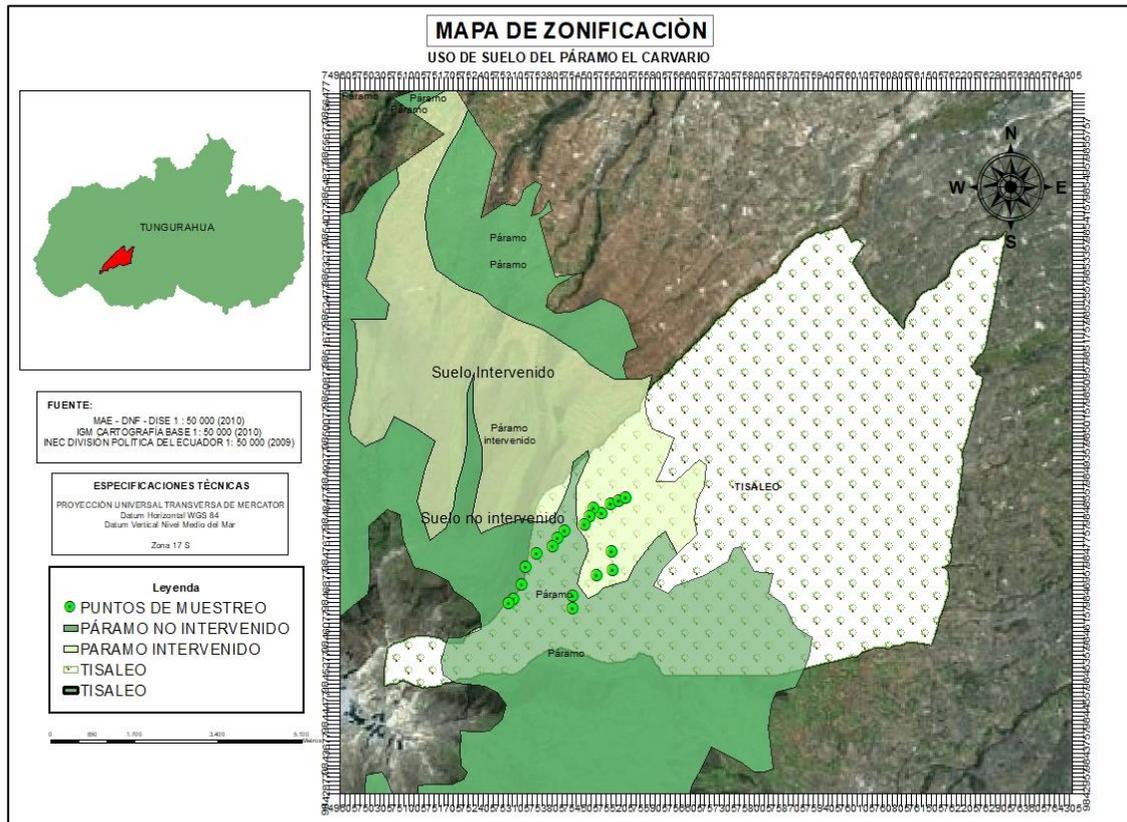
- Densidad aparente (DA)
- Contenido de materia orgánica (% MO)
- Profundidad de la muestra de suelo PS (cm)
- COS= Carbono orgánico total en suelo por superficie (kg/ha)

$$COS = CO * DA * Ps$$

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Georreferenciación del área de estudio



**Ilustración 1-4:** Mapa referencial del uso de suelo de la Comunidad el Calvario

**Realizado por:** Rodríguez Caguana, José, 2023.

La Figura 3-4 indica las coordenadas geográficas del área de estudio. Donde se muestran las zonas del páramo evaluadas dentro de la comunidad el Calvario; Aquí se puede observar que la mayor área de intervención agrícola se encuentra dentro de los 3.700 msnm.

A un rango altitudinal de 3916 msnm existe una casi nula intervención por las actividades agropecuarias del sector. Los puntos de control indican la ubicación de las zonas de muestreo.

## 4.2. Características físicas del suelo de páramo El Calvario

### 4.2.1. Zona intervenida

**Tabla 1-4:** Resultados de las propiedades físicas en área de intervención humana

PARÁMETRO	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS
Densidad Aparente	0,97 g/cm <sup>3</sup>	
Plasticidad	No presenta	
Textura	Areno Franco	Arena 80% Arcilla 2 % Limo 18 %
Color	10YR 2/1	Oscuro/negro (Humus)

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

En la tabla 3-4. Se puede observar un porcentaje de arena de 80%; valor superior a la arcilla con 2% y limo con 18%, clasificándose como suelo de tipo areno franco según el análisis físico del suelo del páramo intervenido. Estos rangos coinciden al triángulo de clasificación textural del suelo según USDA (Ciancaglini, 2019 pp. 3-4), misma que clasifica dentro de las doce clases texturales como suelos livianos que rondan rangos de arena, limo y arcilla con 80-15-5 por ciento respectivamente. Razón por la cual no presenta plasticidad como aquellos suelos limosos o demás clases texturales (Ciancaglini, 2019 pp. 3-4).

### 4.2.2. Zona no intervenida

**Tabla 2-4:** Resultados de las propiedades físicas en área sin intervención humana

PARÁMETRO	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS
Densidad Aparente	0,87 g/cm <sup>3</sup>	
Plasticidad	No presenta	
Textura	Areno Franco	Arena 75% Arcilla 2 % Limo 23%
Color	10YR 2/1	Oscuro/negro (Humus)

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

En la tabla 4-4. Se puede observar la textura del suelo no intervenido, cuya densidad aparente es de 0.87 gr/cm<sup>3</sup>; siendo esta muestra de suelo al igual que los suelos intervenidos de tipo areno franco. No presenta plasticidad, pues su porcentaje de arena se encuentra en un 75%, por consiguiente arcilla con 2% y limo con 23%. Evidenciando que el suelo del páramo del sector el Calvario independientemente de ser intervenido o no intervenido es de tipo liviano cuya clase

textural es areno franco. Ya que según el USDA citado por (FertiLab, 2014 p. 2) los suelos areno franco van en rangos de 70-86; 0-1; 0-30 de arena, arcilla y limo.

### 4.3. Propiedades químicas del páramo El Calvario

#### 4.3.1. Zona intervenida

**Tabla 3-4:** Propiedades químicas del suelo bajo influencia de la intervención humana

Parámetros evaluados	Resultados	Unidad	Rangos óptimos	Características
<b>PROPIEDADES BÁSICAS</b>				
PH	5,75	-	6 - 6,5	Medianamente Ácido
Húmedad 105 °C	4,4	%		Alto
<b>CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES</b>				
Materia orgánica	7,28	% s.m.s.	3-5	Alto
Nitrógeno (N)	0,37	% s.m.s.	0,21-0,40	Óptimo
Fósforo (P)	<5	mg/kg s.m.s.	20- 40	Bajo
Potasio (K)	99	mg/kg s.m.s.	78,2- 156,4	Óptimo
Calcio (Ca)	627	mg/kg s.m.s.	600- 1200	Óptimo
Magnesio (Mg)	202	mg/kg s.m.s.	182,3 - 303,8	Óptimo
Sodio (Na)	26	mg/kg s.m.s.	11- 23	Alto
Conductividad eléctrica	0,104	dS/m	-	-
<b>CONTENIDO DE MICRONUTRIENTES</b>				
Hierro (Fe)*	444	mg/kg s.m.s.	25-50	Alto
Cobre (Cu)*	9,9	mg/kg s.m.s.	2-3	Alto
Manganeso (Mn)*	22	mg/kg s.m.s.	5-10	Alto
Zinc (Zn)*	6	mg/kg s.m.s.	1,5-3	Alto
Molibdeno (Mo)*	<0,1	mg/kg s.m.s.	0,2-5	Bajo
<b>RELCIÓN ENTRE LAS BASES DE MACRONUTRIENTES</b>				
Carbono/Nitrógeno	11,52	Sn	8,5 -11,5	Óptimo
Calcio/Magnesio	3,1	Sn	2 - 5	Óptimo
Magnesio/Potasio	2	Sn	2,5 - 15	Óptimo
Suma de bases*	5,16	meq/100 g	5- 25	Óptimo
<b>CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO DEL SUELO INTERVENIDO</b>				
C.I.C.E.*	5,6	meq/100 g	5 - 25	Bajo

**Realizado por:** Rodríguez Caguana, José, 2023.

Como se puede observar en la tabla 5-4 el análisis químico de los elementos base o macroelementos indica que en esta zona de intervención su pH es de 5.75; perteneciendo el mismo a suelos medianamente ácidos. Todo esto determinado en laboratorio bajo el método de potenciometría. En cuanto al análisis de los macronutrientes muestra que no existe deficiencias

nutricionales en cuanto a nitrógeno, potasio, calcio y magnesio cuyos valores se encuentran dentro de los rangos óptimos de un suelo franco arenoso. Pudiendo además notar que existen bajos contenidos de fosforo. Pese a existir un contenido alto de materia orgánica en todas estas zonas de pastoreo y cultivo cuyo valor fue de 7.28%.

En cuanto al contenido nutricional de microelementos este suelo dispone de alto contenido nutricional a excepción de molibdeno con un contenido menor a >0.1 mg por cada kilogramo de suelo. Su conductividad catiónica en base a los valores de nuestro análisis es baja, siendo este suelo vulnerable a tener deficiencias nutricionales. La relación entre macroelementos muestra que este suelo presenta una correcta disponibilidad de estos elementos al ser absorbidos por las plantas. Pues sus indicadores determinan ser óptimos.

#### 4.3.2. Zona no intervenida

**Tabla 4-4:** Propiedades químicas del suelo sin intervención humana

Parámetros evaluados	Resultados	Unidad	Rangos óptimos	Características
<b>PROPIEDADES BÁSICAS</b>				
PH	5,63		6 - 6,5	Medianamente Ácido
Húmedad 105 °C	2,52	%	-	Alto
<b>CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES</b>				
Materia orgánica	9,14	% s.m.s.	3-5	Alto
Nitrógeno (N)	0,4	% s.m.s.	0,21-0,40	Óptimo
Fósforo (P)	12,1	mg/kg s.m.s.	20- 40	Bajo
Potasio (K)	113	mg/kg s.m.s.	78,2- 156,4	Óptimo
Calcio (Ca)	705	mg/kg s.m.s.	600- 1200	Óptimo
Magnesio (Mg)	198	mg/kg s.m.s.	182,3 - 303,8	Óptimo
Sodio (Na)	60	mg/kg s.m.s.	11- 23	Alto
Conductividad eléctrica	0,172	dS/m		
<b>CONTENIDO DE MICRONUTRIENTES</b>				
Hierro (Fe)*	422	mg/kg s.m.s.	25-50	Alto
Cobre (Cu)*	6,3	mg/kg s.m.s.	2-3	Alto
Manganeso (Mn)*	49	mg/kg s.m.s.	5-10	Alto
Zinc (Zn)*	30	mg/kg s.m.s.	1,5-3	Alto
Molibdeno (Mo)*	<0,1	mg/kg s.m.s.	0,2-5	Bajo
<b>RELCIÓN ENTRE LAS BASES DE MACRONUTRIENTES</b>				
Carbono/Nitrógeno	13,4	Sn	8,5 -11,5	Alto
Calcio/Magnesio	3,6	Sn	2 – 5	Óptimo
Magnesio/Potasio	1,7	Sn	2,5 – 15	Bajo
Suma de bases*	5,7	meq/100 g	5- 25	Óptimo

CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO DEL SUELO INTERVENIDO				
C.I.C.E.*	6,5	meq/100 g	5 – 25	Optimo

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

En cuanto a las características químicas de este suelo evaluado, presenta valores en algunas variables superiores al suelo de tipo agrícola o pastoreo (tabla 6-4).

El pH de las muestras tomadas en las zonas no intervenidas al igual que las zonas de uso por parte de los habitantes, muestran estar en el rango de suelos ácidos. con la diferencia que el pH de esta zona de estudio se acerca más a suelos de tipo neutros con 5.63. Dato obtenido bajo el mismo método (Potenciometría).

El contenido de macro y micronutrientes a diferencia del suelo intervenido este posee mayor porcentaje nutricional. Pero con una similitud en cuanto a la deficiencia de fósforo. Su contenido de materia orgánica es mucho mayor con 9.14 % superando ampliamente al suelo de uso agrícola. Además, estos suelos por el momento mantienen su vegetación natural. Haciendo de este suelo posea un intercambio catiónico de 6.5meq/kg dentro de los rangos óptimos de un suelo con alta capacidad de retención nutricional y material orgánico. Razón por la cual el factor erosivo no es fuerte en todas estas áreas sin intervención de la agricultura y ganadería.

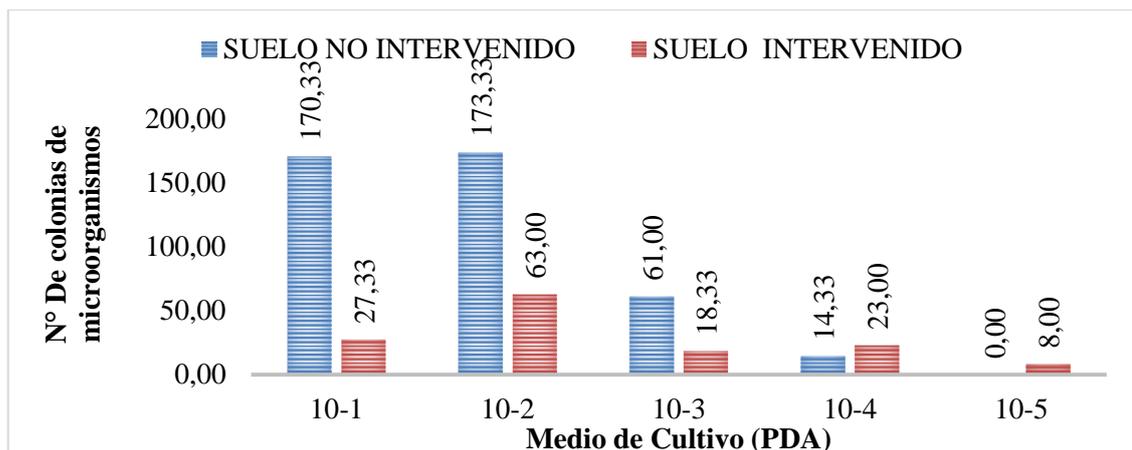
#### 4.4. Cuantificación del contenido de microorganismos

**Tabla 5-4:** Análisis de varianza de la presencia de colonias de microorganismos en las dos áreas de estudio

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
LN_Nº UCF	25	0,7	0,49	28,73 %	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	112256,13	9	12472,9	11,55	<0,0001 **
Error	21591,33	20	1079,57		
Total	133847,47	29			

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

En la tabla 7-4, se puede observar el análisis de varianza del contenido de microorganismos en el suelo del área intervenida y no intervenida. Indicando que existe diferencias significativas entre los dos tipos de suelo con un valor de <0,0001. Uno de estos suelos presenta diferencias en el número de microorganismos. El coeficiente de variación fue de 28,73%.



**Ilustración 2-4:** Promedio de la presencia de microorganismos según el tipo de tratamiento y suelo

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

Como se puede observar la ilustración 2-4, se muestra el promedio de la cantidad total de las colonias de microorganismos en zonas no intervenidas e intervenidas. Sometidas a un medio de cultivo denominado Agar de Dextrosa de Patata (PDA) a diferentes concentraciones. Donde el suelo de mayor actividad microbiológica se encontró en suelos intervenidos.

**Tabla 6-4:** Prueba de Tukey de la presencia de microorganismos en los suelos no intervenidos e intervenidos

Tratamientos	Medias	n	Rangos	
PDA+S. no Intervenido +10 <sup>-1</sup>	173,33	3	A	
PDA+ S. no Intervenido +10 <sup>-2</sup>	170,33	3	A	
PDA+ S. no Intervenido +10 <sup>-3</sup>	63	3		B
PDA+ S. no Intervenido +10 <sup>-4</sup>	61	3		B
PDA+ S. no Intervenido +10 <sup>-5</sup>	27,33	3		B
PDA+ Suelo Intervenido +10 <sup>-1</sup>	23	3		B
PDA+ Suelo Intervenido +10 <sup>-2</sup>	18,33	3		B
PDA+ Suelo Intervenido +10 <sup>-3</sup>	14,33	3		B
PDA+ Suelo Intervenido +10 <sup>-4</sup>	8	3		B
PDA+ Suelo Intervenido +10 <sup>-5</sup>	0	3		B

Realizado por: Rodríguez Caguana, José, 2023.

En la Tabla 8-4, se presentan los valores promedios del número de microorganismos que existen en cada uno de los suelos evaluados, en la cual se muestra dos rangos A y B.

El tratamiento a base de Suelo no intervenido en una concentración de PDA+10<sup>-1</sup>, muestra una media de 173,33 colonias formadoras de microorganismos y 170,33 colonias en suelo no

intervenido en concentraciones de PDA+10<sup>-2</sup>. Cuyos datos fueron superiores al número de microorganismos existentes de los suelos intervención con respecto a las distintas concentraciones del medio de cultivo PDA.

Pues la existencia de una mayor actividad microbiana en los suelos no intervenidos puede deberse a la presencia de flora nativa y la poca actividad del ser humano.

El adecuado porcentaje de materia orgánica, así como el contenido de macro y micro nutrientes en niveles óptimos con relación a los suelos intervenidos por actividades agrícolas puede deberse al gran número de colonias formadoras de microorganismos; ya que estos contribuyen a un sin número de actividades en el suelo (Zoberbac, 2021 p. 2).

Ya que la presencia de microorganismos puede contribuir a la fertilidad de suelo. Pues la flora microbiana del suelo en su mayoría ayuda en la degradación de contaminantes, humificación del suelo además de brindar condiciones para la formación y protección de raíces si de microorganismos benéficos se tratasen (Zoberbac, 2021 p. 2).

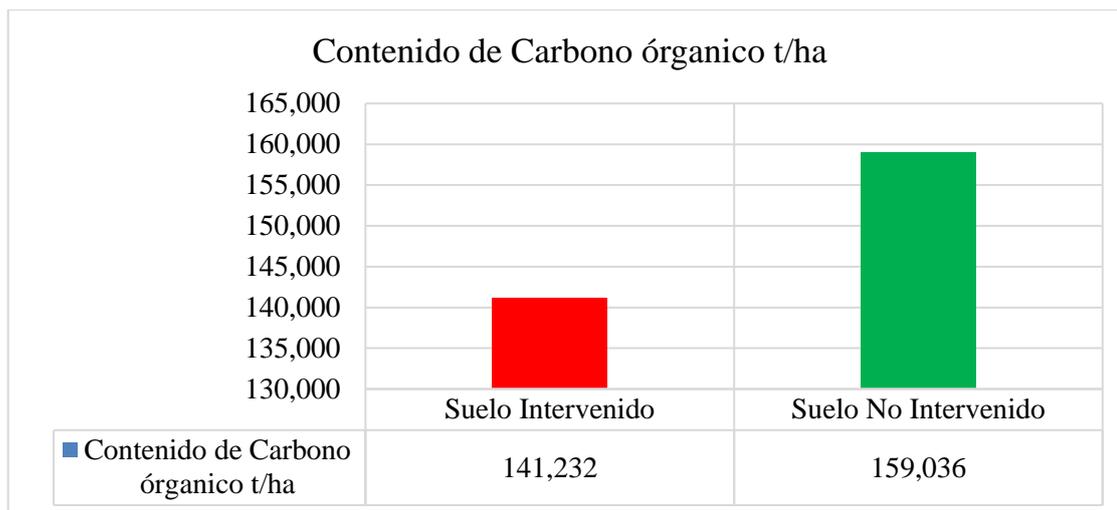
#### 4.5. Contenido de Carbono orgánico del suelo

**Tabla 7-4:** Contenido de CO% de las zonas intervenidas del páramo el Calvario

Muestras evaluadas	% de materia orgánica de la muestra compuesta	Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	Profundidad del suelo muestreado (cm)	Contenido de Carbono orgánico t/ha
Suelo Intervenido	7,28	0,97	20	141,232
Suelo No Intervenido	9,14	0,87	20	159,036

**Realizado por:** Rodríguez Caguana, José, 2023.

En base a la formula establecida por Penman se observa que el mayor contenido de carbono orgánico se encuentra en la zona del páramo no intervenido, razón por la cual el mayor contenido de materia orgánica de orgánica se encuentra en esta área no intervenida con un valor de 9.14% y 7.28% con respecto al suelo de uso agrícola.



**Ilustración 3-4:** Contenido de Carbono orgánico del suelo intervenido y no intervenido

**Realizado por:** Rodríguez Caguana, José, 2023.

En la ilustración 3-4; se puede observar un valor de 141,232 t/ha de carbono orgánico en cuanto a suelos de uso agrícola; a diferencia de la muestra de suelo sin intervención, cuyo valor fue de 159,036 t/ha a una profundidad de 20 cm. Evidenciado que estos suelos poseen mayor capacidad de contención en cuanto al material orgánico. Esto puede deberse a la masa vegetativa existente en esta zona de estudio. Hay que considerar que el contenido de materia y contenido de carbono orgánico no solo depende de las condiciones climáticas sino también de la masa vegetativa existente (Vela , et al., 2011 pp. 22-23)

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPOSITIVO

#### 5.1. Propuesta

La investigación se desarrolló en la zona media alta del páramo del Calvario. Se pudo observar, que la mayoría de los habitantes tienen como principal actividad económica la agricultura y ganadería. Las cuales se desarrollan hasta una altitud de 3.700 msnm actualmente. Evidenciando una marcada línea de intervención en base al mapa de uso de suelo en el sector el Calvario de la presente investigación.

En un análisis del uso de suelo realizado en la parroquia Tisaleo se pudo evidenciar que mayoritariamente el suelo a un promedio de 3,500 a 3,600 msnm es usado por cultivos diferenciados y páramo acompañado de masa arbustiva cuya especie predominante es el pajonal y en menor escala precedido por cultivos de ciclo corto (GAD TISALEO, 2014 p. 98). Corroborando lo observado dentro de las áreas intervenidas y no intervenidas. Pues según el (MAGAP, 2015 p. 44), la principal actividad de los suelos del cantón Tisaleo en especial dentro de la comunidad el Calvario es la agricultura con un 41,77%, seguido de actividades de pastoreo con el 37,88% y un 10,75 % pertenece a áreas de páramo no intervenido (MAGAP, 2015 p. 44).

En relación con el área donde el páramo es utilizado para la agricultura. A los 3916 msnm el panorama es distinto, en el cual se pudo observar gramíneas y especies forestales nativas incluyendo al pajonal como especie predominante de este sitio. Corroborando lo dicho por (Machado, 2022 pp. 31-32), quien realizó la caracterización del páramo el Calvario donde indica que *Polylepis incana*, *Polylepis racemosa*, *Buddleja incana* y especies forestales maderables como: *Pinus radiata* y *Pinus patula* se encuentran dentro de la flora de la zona; confirmando lo observado en los análisis (Terán, et al., 2019 pp. 20-22).

La densidad aparente de la zona intervenida y no intervenida fue de 0,92 y 0,87 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, evidenciando que los suelos del área donde no había presencia de cultivos o pastoreo presta mejores condiciones para que se desarrolle la vegetación, pues esto comprueba que existe menor compactación en áreas donde el humano no ha intervenido. Corroborando los resultados en base (Machado, 2022 p. 33), quien evaluó suelos de tres distintas zonas (arbustiva, herbazales y almohadones) del páramo el Calvario; en el cual obtuvo un valor de 0,87 g/cm<sup>3</sup>, idéntico a la densidad de suelos no intervenidos de la presente investigación .

Estos datos guardan similitud con los evaluados por (Terán, et al., 2019 p. 32), quien evaluó densidad aparente del mismo páramo. Donde determinaron que en la zona media baja de ese sitio ronda rangos de 0,50 a 0,95 g/cm<sup>3</sup>. Por lo general estos suelos son de tipo franco arenosos. Cabe recalcar que en base a los resultados se determina el rango de compactación. En este caso el suelo intervenido presenta una compactación media alta, en función a lo expuesto por (Flores, et al., 2010 p. 20), quien indica rangos de la densidad aparente. Esto puede deberse por el pisoteo del ganado y monocultivos.

El suelo del páramo en este estudio es de color oscuro (10 YR 2/1); (Moreno, et al., 2010 p. 4) y a medida que se profundiza va aclarándose, según la notación de Munsell, esto coincide con lo evaluado por (Machado, 2022 p. 33), mismo que definió al suelo de este páramo como oscuro/grisáceo. Esto guarda una relación con lo mencionado por (Rucks, et al. p. 55) quien indica que el color oscuro o pardo es característico del suelo de páramo, debido al alto contenido humus, material orgánico o el manganeso, pues según Munsell los suelos que se encuentren dentro del color (10 YR 2/1) se debe al porcentaje de materia orgánica (Moreno, et al., 2010 p. 4).

La textura de este suelo tanto para la zona intervenida y no intervenida, mostro ser un suelo franco cuyo porcentaje de arena, limo y arcilla difieren entre si (Arena 80% Arcilla 2 % Limo 18%) y (Arena 75% Arcilla 2 % Limo 23%), este análisis se interpretó en base a lo establecido por (Flores, et al., 2010 p. 20), quien expone el triángulo de texturas establecido por el USDA donde se define en base al porcentaje predominante de partículas (arena, limo y arcilla) su clase textural.

Dentro del análisis químico tanto de la zona intervenida como la zona no intervenida; se encontró similitudes y diferencias en cuanto a varios parámetros como el caso de Fósforo (P), pues en los dos sitios de evaluación mostro que existe deficiencia de este elemento, con la diferencia que para el suelo sin intervención posee un valor de 12,1 mg/kg s.m.s.; valor superior al contenido de fósforo de la zona bajo la influencia del ser humano, con <5 mg/kg s.m.s.

En cada una de las variables tanto macro, micro nutrientes, relación entre elementos base y conductividad son superiores a los suelos intervenidos. Razón por la cual la capacidad de intercambio catiónico efectiva es óptima en las zonas sin intervención. Esto se pudo corroborar con lo determinado por (Machado, 2022 p. 35), donde evaluó contenido de macro, micro nutrientes e intercambio catiónico de la zona alta del páramo el Calvario, cuya influencia de cultivos y la ganadería no se encontraba presente; en la cual mostro alto contenido nutricional y óptima conductividad catiónica.

En base a lo analizado se puede decir que los suelos de páramo por lo general presentan esta deficiencia pues esto se puede aseverar según el estudio realizado en el páramo de Ganquis, provincia de Chimborazo (Torres, et al., 2022 p. 491). Al evaluar contenido de macronutrientes de estos suelos obtuvo valores óptimos en nitrógeno, potasio. Guardando similitud al contenido de fósforo del presente estudio ya que valores de 7,8 a 9,03 ppm se encuentran por debajo de los niveles óptimos de este elemento (Torres, et al., 2022 p. 491).

Por lo general los suelos de la zona alta de este páramo poseen valores altos en cuanto a macro y micronutrientes; cuyos datos obtenidos por (Machado, 2022, p. 33), indican este antecedente. Pues obtuvo rangos de N (0,38 mg/kg s.m.s.); P(11,9 mg/kg s.m.s.); K (165 mg/kg s.m.s.); Ca (1060 mg/kg s.m.s.); Mg (255 mg/kg s.m.s.) y Na (46 mg/kg s.m.s.). similares a los análisis de esta presente investigación, en la cual se presentaron valores de N (0,40 mg/kg s.m.s.); P(12,1 mg/kg s.m.s.); K (113 mg/kg s.m.s.); Ca (705 mg/kg s.m.s.); Mg (198 mg/kg s.m.s.) y Na (60 mg/kg s.m.s.). Pudiendo determinar que estos suelos de la zona del Calvario, por lo general sufren de deficiencia nutricional en cuanto a fósforo y aún más arraigada en zonas agrícolas (Terán, et al., 2019 p. 14) .

En cuanto a la Capacidad de intercambio catiónico del suelo bajo la influencia de la agricultura, presento un valor bajo de 5.6 meq/100g; dato inferior al obtenido en el suelo sin intervención (6.5 meq/100g). Esto se pudo corroborar en base al estudio realizado por (Machado, 2022 p. 34), quien determinó valores óptimos en cuanto a esta variable, con 7,8 meq/100g. Indicándonos que el cambio de uso de suelo ocasiona la perdida de varias propiedades físicas y químicas del suelo (Beltrán, et al., 2011 p. 46) .

Razón por la cual el contenido de materia orgánica se diferencia entre las zonas de estudio, con 9,14 % para las áreas sin intervención y 7,28% para suelos intervenidos. Pues una baja capacidad de intercambio catiónico hace que el suelo sea susceptible a la perdida de nutrientes fácilmente (FAO, 2023).

En función al análisis de varianza se determinó que existió diferencias altamente significativas en cuanto a colonias formadoras de microorganismos en suelo sin intervención. Pues en la prueba de Tukey se evidenció que suelos con uso agrícola o ganadero no posee una mayor actividad microbiológica con una media de 27,93 colonias microbianas de todos los tratamientos en base a las 5 concentraciones de PDA. A diferencia de los tratamientos de suelo no intervenido; cuyo número de colonias 173, 33 y 170,33. Según los datos encontrados por (Machado, 2022 pp. 37-38); se puede corroborar los resultados conseguidos. Ya que al evaluar suelos con especies herbáceas de los páramos del cantón Tisaleo, existió mayor cantidad de colonias formadas de macro y

microorganismos. Demostrando a mayor masa vegetativa existirá una mayor actividad microbiana (Zoberbac, 2021 p. 2). Mostrando un escenario equilibrando con respecto al panorama existente en suelos con actividades agrícolas (Morocho, et al., 2019 p. 98), evidenciando que malas prácticas agrícolas puede contribuir a la pérdida de ciertas características del suelo.

Los valores del contenido de carbono orgánico de los suelos sin intervención y con intervención mostraron valores de 159,036 t/Ha y 141,232 t/Ha respectivamente. Mismos que guardan una relación con la actividad macro y microbiológica benéfica ya que estos ayudan en el proceso de mineralización del carbono orgánico (Morocho, et al., 2019 p. 96). Contribuyendo en los procesos de formación o recuperación de suelos. Además de la densidad vegetativa que contribuye directamente en la captura de carbono orgánico pues un estudio de cuantificación de CO en la zona baja de la comunidad el Calvario obtuvo un contenido de 90,2 t/ha. Demostrado que la disminución de la biomasa vegetativa es indicador de la degradación del páramo (Terán, et al., 2019 p. 30).

## CONCLUSIONES

- El suelo del páramo de la comunidad el Calvario en las zonas intervenidas y no intervenidas, presentan una textura denominada areno franco de color negro (10 YR 2/1) parduzco debido al porcentaje de materia orgánica existente. Donde su densidad aparente varía dependiendo del uso de suelo. Pues en áreas no intervenidas tiende a ser valores menores. Mientras que suelos de uso agrícola incrementa su valor de 0,87 g/cm<sup>3</sup> a 0,97 g/cm<sup>3</sup>. Debiéndose al pisoteo del ganado y malas prácticas agrícolas.
- Los suelos de esta zona tienden a ser ácidos a nivel de su pH, independientemente del área sin intervención o con intervención. El efecto de estar sometidos a pisoteo, arados y uso de malas prácticas agrícolas, contribuyen al deterioro de ciertas propiedades físicas y químicas del suelo. Llegando a reducir en suelos intervenidos el contenido de materia orgánica con una diferencia de 1,86 %, afectando de manera directa a la capacidad del intercambio catiónico; en comparación a los suelos que mantengan aun su estrato nativo.
- Estos suelos por lo general presentan altos niveles de macro y micronutrientes a excepción del fósforo, elemento que se encuentra bajo el nivel óptimo nutricional de suelos franco arenosos. Con relación al número de colonias microbiológicas, el fuerte impacto que resulta intervenir o modificar áreas arbóreas nativas del páramo a zonas agrícolas en los páramos del Calvario; hace que disminuya exponencialmente el número de microorganismos. Con un total de 173,33 y 170,33 UFC en zonas no intervenidas refleja lo indispensable de mantener zonas forestales y arbustivas nativas en cualquier tipo de suelo.
- La cubierta vegetal en equilibrio con la biodiversidad microbiológicos; ayudan directamente a la captura de carbono orgánico adecuado. Evidenciando que suelos intervenidos por la comunidad el Calvario poseían valores de 141,232 t/ha menor al contenido de C.O. en zona de predominancia vegetal. Concluyendo que a menor estrato forestal menor contenido de carbono orgánico tendrá el suelo.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios para determinar el tipo de microorganismos existen en las zonas de uso agrícola y áreas no intervenidas del páramo el Calvario.
- Impulsar actividades de reforestación y capacitación en base a los resultados obtenidos, con el fin de dar a conocer la importancia de la masa forestal.
- Realizar investigaciones referentes al impacto que ocasionan las especies forestales exóticas como *Pinus radiata*, *Pinus patula* que actualmente se encuentran dispersas dentro de las zonas de conservación.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABREGO, F.** *Calidad ambiental de suelos.* [En línea] 2012. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/\\_archivos/002012\\_Ronda%202012/000300\\_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300\\_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/_archivos/002012_Ronda%202012/000300_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf).

**ACEVEDO, E. & MARTÍNEZ, E.** *Sistema de Labranza y Productividad de los Suelos.* [En línea] 2022. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/242377598\\_Sistema\\_de\\_Labranza\\_y\\_Productividad\\_de\\_los\\_Suelos](https://www.researchgate.net/publication/242377598_Sistema_de_Labranza_y_Productividad_de_los_Suelos).

**ARANGUREN, J.** *Las Chacras como espacios multifuncionales en comunidades indígenas andinas.* [En línea] 2018. [Consulta: 4 junio 2021] [https://issuu.com/utnuniversidad/docs/ebook\\_las\\_chacras\\_como\\_espacios\\_mul](https://issuu.com/utnuniversidad/docs/ebook_las_chacras_como_espacios_mul).

**ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR** Código Organico del Ambiente - Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017. [En línea] 2017. [Consulta: 14 abril 2021.] Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>.

**ASTWOOD, R.; et al.** *Evaluación nacional de biodiversidad y servicios ecosistémicos.* [En línea] 2019. [Consulta: 4 junio 2021] Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/images/ipbesco/evaluacion/Documento%20completo%20Segundo%20borrador%20Evaluaci%C3%B3n%20IPBES%20Colombia.pdf>.

**BASAEZ, P.** *Diagnóstico, Identificación y Valoración económica de Servicios Ecosistémicos, municipios de San Juan Nepomuceno y Santa Rosa de Cauca.* [En línea] 2015. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: <https://revista.inaigem.gob.pe/index.php/RGEM/article/download/27/27/>.

**BÁSCONES, M. 2002.** *Análisis de suelo y consejos de abonado.* valladolid: INEA. [En línea] 2002. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en:

<https://dokumen.tips/documents/interpretacion-de-analisis-de-suelos-558499c18be4f.html?page=1>.

**BELTRÁN, M.; et al.** *Los páramos de Chimborazo; un estudio Socioambiental para la toma de decisiones*. Riobamba: Gobierno autónomo descentralizado de Chimborazo / EcoCiencia / CONDESAN / Programa BioAndes / Proyecto Páramo Andino. Quito., 2011.

**BRADER, L.** Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. [En línea] 2017. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/manual-pract-integradas.pdf>.

**CABEZAS, C. & GUEVARA, J.** *Calidad del suelo mediante indicadores físicos, químicos y biológicos en suelos bajo páramo, pasto y cultivo, parroquia Achupallas provincia de Chimborazo*. [En línea] 2020. [Consulta: 21 diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7163/2/Trabajo%20de%20titulacion%20%20Carlos%20Cabezas%20y%20Juan%20Pablo%20Guevara.pdf>.

**CAMACHO, M.** Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. [En línea] 2013. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec>.

**CARANQUI, J. & LOZANO, P.** Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. [En línea]. 2019. [Consulta: 04 mayo 2021]. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422016000100033](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000100033).

**CÁRDENAS, M.** *Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna Monjas Bajo parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe*. [En línea] 2015. [Consulta: 21 Diciembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/UPS-QT07111.pdf>.

**CARÚA, J.; et al.** *Determinación de retención de agua en los suelos de los páramos: Estudio de caso en la subcuenca del río San Pedro, cantón Mejía, Pichincha, Ecuador*. [En línea] 2010. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/cc-2010/010047425.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/010047425.pdf).

**CASTAÑEDA, A.** Carbono almacenado en páramo andino. [En línea] 2017. [Consulta: 14 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v13n1/1900-3803-entra-13-01-00210.pdf>.

**CASTRO, L.** *Efecto del uso agrícola y el Barbecho sobre los contenidos de biomasa microbiana de ultisoles y andisoles de Costa Rica.* [En línea] 1995. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v19n02\\_059.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v19n02_059.pdf).

**CAUSA, H.** El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos. [En línea] 2016. [Consulta: 4 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf>.

**Chucho, C. & Chucho, G.** Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. [En línea] 2019. [Consulta: 4 abril 2021]. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/686>.

**CIANCAGLINI, N.** *R- 001- Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico.* INTA EEA San Juan. San Martín - Perú : Prosap.gov.ar, 2019.

**COSTECAM CIA. LTDA.** *Estudio de impacto ambiental (esia) ex post camal metropolitano de Quito.* Quito: COSTECAM CIA. LTDA., 2017.

**DELGADO, G.** Buena Vida, Buen Vivir : imaginarios alternativos para el bien común de la humanidad. [En línea] 2014. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: [http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/ceiich-unam/20170503034423/pdf\\_1508.pdf](http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/ceiich-unam/20170503034423/pdf_1508.pdf).

**EL AGRO.** Raíces y tubérculos fundamentales en la alimentación. [En línea] 2019. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/revistalaotra/docs/el\\_agro\\_249-final\\_-\\_abril\\_24baja](https://issuu.com/revistalaotra/docs/el_agro_249-final_-_abril_24baja).

**ESPINOZA, J.** *Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica.* [En línea] 2005. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://bibliotecas.uncuyo.edu.ar/explorador3/Record/OAGANASID068454>.

**ESTUPIÑÁN, L. et al. 2009.** *Efectos de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo el Granizo, (Cundinamarca-Colombia).* [En línea] 2009. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en:

<https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/2403/Art%C3%ADculo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**FAO.** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Portal de Suelos de la FAO*. [En línea] 2023. [Consulta: 19 enero 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=Existen%20dos%20tipos%20de%20densidad,part%C3%ADculas%20granulares%20como%20la%20arena>.

**FASSBENDER, H.** *Qupimica de Suelos*. [En línea] 1975. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=SqlGvAwjApEC&pg=PA378&lpg=PA378&dq=Fassbender,+H.+W.+\(1975\).+Qu%C3%ADmica+de+Suelos:+Enf%C3%A1sis+en+suelos+de+Am%C3%A9rica+Latina.+Turrialba,+Costa+Rica:+IICA.&source=bl&ots=3jNdofjyp7&sig=ACfU3U0nFILFA\\_N4TuiS7G51ZyKl](https://books.google.com.ec/books?id=SqlGvAwjApEC&pg=PA378&lpg=PA378&dq=Fassbender,+H.+W.+(1975).+Qu%C3%ADmica+de+Suelos:+Enf%C3%A1sis+en+suelos+de+Am%C3%A9rica+Latina.+Turrialba,+Costa+Rica:+IICA.&source=bl&ots=3jNdofjyp7&sig=ACfU3U0nFILFA_N4TuiS7G51ZyKl).

**Fernández, L. & Roldán, T.** *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. México DF : Instituto nacional de ecología, 2006.

**FERTILAB.** *La textura y la fertilidad del suelo*. Guanajuato – México, 2014. p. 4.

**Flores, D. & Martínez, J.** *Manual de Procedimientos Analíticos*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Mexico. 2010. pp. 1-56.

**GAD TISALEO.** Estudios Integrales y diseño para el mejoramiento del servicio del agua potable de la ciudad de Tisaleo. *Gobierno Autonomo Descentralizado de Tisaleo*. [En línea]. 2014. Disponible en: <https://maetungurahua.files.wordpress.com/2014/09/borrador-esia-tisaleo.pdf>.

**GARRIDO, S.** *Interpretación de análisis de suelos*. 1993. Vol. 5.

**GOMÉZ, F.** Ecuador Biodiverso. [En línea] septiembre 27, 2018. [Consulta: 14 abril 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/fabiolaguzman63/docs/sierra\\_revista\\_oficial\\_ecuador\\_1](https://issuu.com/fabiolaguzman63/docs/sierra_revista_oficial_ecuador_1).

**GÓMEZ, N. & SANTIN, J.** Diversidad de briófitos de los Páramos de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus. [En línea] 2015. [Consulta: 7 abril 2021]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/300102061\\_Diversidad\\_de\\_briofitos\\_de\\_los\\_Paramos\\_de\\_Cajanuma\\_del\\_Parque\\_Nacional\\_Podocarpus](https://www.researchgate.net/publication/300102061_Diversidad_de_briofitos_de_los_Paramos_de_Cajanuma_del_Parque_Nacional_Podocarpus).

**GUERRERO, R.** *Fertilización de cultivos en clima frío*. Barranquilla: Monómeroe, 1998.

**Gutiérrez, C. & Aguilera, G.** Agroecología y sustentabilidad. [En línea] 2008. [Consulta: 18 mayo 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-14352008000100004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352008000100004).

**HERRERA, H.** Los páramos son ecosistemas de montaña . [En línea] 2016. Disponible en: <https://aida-americas.org/es/blog/p%C3%A1ramos-agua-vida#:~:text=>

**HINOSTROZA, A. & SUAREZ, L.** *Dinámica de la biomasa microbiana y su relación con la respiración y el nitrógeno del suelo en tierras agrícolas en el valle del Mantaro*. [En línea] 2013. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7944948.pdf>.

**HOFSTEDE, R.** *Los efectos del pastoreo y la quema en las concentraciones de nutrientes del suelo y las plantas en los pastizales del páramo colombiano*. [En línea] 1995. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://dare.uva.nl/search?identifier=611ff5a8-929c-49fe-8fd5-f03a44963a40>.

**HOORN, V. & ALPHEN, V.** *Salinity control*. [En línea] 1994. [Consulta: 22 diciembre 2022] Disponible en: <https://edepot.wur.nl/183129>.

**IICA.** *Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de America Latina*. Turrialba: IICA, 1969.

**INEC.** *Población y demografía*. [En línea] 2010. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>.

**INIA T.** *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas*. INIA Tacuarembó, 2015.

**IZCO, J. & PULGAR, Í.** Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. [En línea] 2017. [Consulta: 3 mayo 2021].

**Jaramillo, D. 2002.** Introducción a la ciencia del Suelo. [En línea] 2002. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: [https://www.academia.edu/15527499/INTRODUCCI%C3%93N\\_A\\_LA\\_CIENCIA\\_DEL\\_SUELO](https://www.academia.edu/15527499/INTRODUCCI%C3%93N_A_LA_CIENCIA_DEL_SUELO).

**KASS, D.** *Fertilidad de suelos*. EUNED, 1996.

**LABRADOR, J.; ET AL.** *La materia orgánica en los Agrosistemas*. [En línea] 1996. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1993\\_03.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf).

**LLAMBÍ, L.; et al. 2012.** *Ecología, hidrología y suelos de páramo*. [En línea] 2012. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56475.pdf>.

**LOPÉZ, R.** Degradación del Suelo. [En línea] 2002. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Lopez-Falcon/publication/264311522\\_Degradacion\\_del\\_Suelo\\_causas\\_procesos\\_evaluacion\\_e\\_investigacion/links/53d85a490cf2e38c63317361/Degradacion-del-Suelo-causas-procesos-evaluacion-e-investigacion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Lopez-Falcon/publication/264311522_Degradacion_del_Suelo_causas_procesos_evaluacion_e_investigacion/links/53d85a490cf2e38c63317361/Degradacion-del-Suelo-causas-procesos-evaluacion-e-investigacion.pdf).

**Lozano, P. & Armas, A.** Estrategias para la conservación del ecosistema páramo en Pulinguí San Pablo y Chorrera Mirador, Ecuador. [En línea] 2016. [Consulta: 5 mayo 2021]. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n4/1390-6542-enfoqueute-7-04-00055.pdf>.

**LUTEYN.** *Paramo y su composicion*. 1999. p. 15.

**MACHADO, E.** *Evaluación de la calidad biológica de suelos de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua*. [En línea] 2022. [Consulta: 21 diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17955/1/33T00401.pdf>.

**MACHADO, S.** *Evaluación De La Calidad Biológica De Suelos De Páramo Bajo Tres Diferentes Tipos De Vegetación En El Cantón Tisaleo, Provincia De Tungurahua*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba- Ecuador . 2022. p. 75.

**MAGAP.** Cobertura y uso de la tierra sistemas productivos zonas homogéneas de cultivo. [En línea] 2015. Disponible en: [http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria\\_tecnica\\_Coberturas\\_TISALEO\\_20150306.pdf](http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_TISALEO_20150306.pdf).

**MARÍN, M. & ARAGÓN, P.** *Análisis químico de suelos y aguas: Manual de laboratorio.* Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2002.

**Martínez, A. & Omedes, A.** Análisis de políticas internacionales y nacionales Extraterritorialidad y compensación por la biodiversidad Conflictos socioambientales y biodiversidad. [En línea] 2009. [Consulta: 10 abril 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiapolitica.info/novaweb2/wp-content/uploads/2015/08/46.pdf>.

**Martínez, E. & Fuentes, J.** Carbono orgánico y propiedades del suelo. [En línea] 2008. [Consulta: 14 mayo 2021]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v8n1/art06.pdf>.

**Medina, M.** *Paramos y climas.* Ecuador. 2001. pág. 3.

**Mena, P. & Hofstede, R.** *Los páramos del Ecuador.* [En línea] 2001. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/51564882-Los-paramos-del-ecuador.html>.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR.** Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030. Quito, Ecuador. [En línea] 2016. Disponible en: <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf>.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE.** Glosario de incendios forestales - Forestal. [En línea] 2019. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum19/vdm0258.htm>.

**Morales, B. & Varón J.** El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? [En línea] 2006. [Consulta: 14 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321727224004.pdf>.

**Moreno, R.; et al.** *El Color Del Suelo.* Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 2010.

**Morocho, D.; et al.** Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador. [En línea] 2021.

[Consulta: 25 enero 2023.]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rca/v55n2/2215-3896-rca-55-02-151.pdf>.

**Morocho, M. & Mora, M.** Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Riobamba - Ecuador : Centro Agrícola, 6 2019. Vol. 46, 2, pp. 93-103. 0253-5785.

**Navarro, G. & Navarro, S.** *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. [En línea] 2003. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766568/quimica-agricola--quimica-del-suelo-y-de-los-nutrientes-esenciales-para-las-plantas>.

**PODWOJEWSKI, P. & POULENARD, J.** *La degradación de los suelos en los páramos*. [En línea] 2000. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers12-05/010024692.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-05/010024692.pdf).

**POSADA, J.** Catálogo comentado de las especies de melastomataceae de un bosque húmedo a orillas del río cauca (Chinchiná, caldas, Colombia). [En línea] 2016. [Consulta: 4 abril 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v20n1/v20n1a02.pdf>.

**PROLIPA.** Diversidad biótica III. La región de vida paramuna. Instituto de Ciencias Naturales. [En línea] agosto 04, 2017. [Consulta: 14 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.prolipa.com.ec/blog/2017/08/04/naturales-8-27/>.

**RAMIREZ, P.** *Identificación y cuantificación de la actividad microbiana, y macro fauna de un andisol bajo diferentes sistemas de actividad microbiana, y macro fauna de un andisol bajo diferentes sistemas de*. [En línea] 2006. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/17580417/identificacion-y-cuantificacion-de-la-actividad-microbiana-y-macro->.

**REGIÓN DE MURCIA.** *Informe de sostenibilidad ambiental*. [En línea] 2015. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://conocimientoabierto.carm.es/jspui/bitstream/20.500.11914/2870/1/InformeSostenibilidadAmbiental.pdf>.

**REPÚBLICA DEL ECUADOR.** *Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022*. CONELEC, 2017.

**RIOJA, M.** *Apuntes de Fititecnia general*. [En línea] 2002. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4620/VOLUMEN%20%20\\_%20ANEXOS%20A,%20B,%20C,%20D%20y%20E.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4620/VOLUMEN%20%20_%20ANEXOS%20A,%20B,%20C,%20D%20y%20E.pdf).

**RODRÍGUEZ, C.** *Diagnóstico del plan de Desarrollo y ordenamiento territorial del GAD parroquial el Quinchicoto*. Tisaleo. 2022.

**RODRÍGUEZ, D. & TOCAGON, R.** Buenas practicas para la gestión de los paramos. [En línea] 2012. [Consulta: 19 mayo 2021]. Disponible en: <https://condesan.org/wp-content/uploads/2017/07/Libro2.pdf>.

**RUCKS, L, ET AL.** *Propiedades Físicas del Suelo*. Montevideo-Uruguay. pp. 50-55.

**SANCHEZ, J. & WILLSON, T.** *Managing soil carbon and nitrogen for productivity and environmental quality*. [En línea] 2004. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Managing-soil-carbon-and-nitrogen-for-productivity-S%C3%A1nchez-Harwood/353319bd3368603466057f154133eaaf0c30ebef>.

**SIMÓN, M. & COSTA, J.** *Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes*. [En línea] 2013. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672013000100005](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672013000100005).

**SOTILLO, D.** Una Breve Descripción de los Servicios Ecosistémicos, Hídricos y Culturales de la Cordillera Blanca y Su Entorno. [En línea] 2017.

**SOTO, A.** Qué es un ecosistema - Bioma Páramo. [En línea] abril 10, 2018. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://queesunecosistema.com/biomas/paramo/>.

**TARBUCK, E.** *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física*. [En línea] 2005. Disponible en: <http://www.xeologosdelmundo.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>.

**TEJOS, R.** *Pastos nativos de sabanas inundables*. [En línea] 2002. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/48990214-R5a-pastos-nativos-de-sabanas->

moduladas-de-apure-i-produccion-rony-tejos-programa-de-produccion-agricola-animal-unellez-guanare.html.

**TERÁN, V.; et al.** *Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua. Conocer para manejar.* Tungurahua- Ecuador: CODESAN, 2019.

**TORRES, J. et al.** *Caracterización de Suelos Asociados a la Rizosfera de Mortiño (Vaccinium Floribundum Kunth) en los Páramos de Ganquis y Cubillín de la Provincia de Chimborazo.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 2022. pp. 482-502.

**Tovar, N.** *Propuesta de definiciones conceptuales y sistematización para los ecosistemas identificados en la leyenda preliminar del Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú.* Perú: CONDENSAN, 2016.

**TUNGURAHUA VIVE.** Páramos de Tisaleo. [En línea] 2021. <https://tungurahuatourismo.com/es-ec/tungurahua/tisaleo/manglares-humedales/paramos-tisaleo-awxt3fss4>.

**UICN.** Los páramos andinos que sabemos. [En línea] 2015 [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/fundacionecociencia/docs/2014-025\\_los\\_p\\_\\_ramos\\_andinos\\_uicn\\_](https://issuu.com/fundacionecociencia/docs/2014-025_los_p__ramos_andinos_uicn_).

**USDA.** *A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* [En línea] 1999. [Consulta: 21 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-06/Soil%20Taxonomy.pdf>.

**VALDEZ, G.** Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo. [En línea] 2018. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientes-y-el-ph-del-suelo>.

**VELA, G.** Niveles de carbono orgánico total en el suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. [En línea] 2011. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n77/n77a3.pdf>.

**VISTIN, G.; et al.** Monitoreo del Herbazal del páramo una estrategia de medición del cambio climático en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. [En línea] abril 23, 2020. [Consulta: junio 10, 2021.] Disponible en:

<https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1195/2945>

**WAMBEKE, J.** Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. [En línea] abril 2013. [Consulta: mayo 18, 2021.] Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>.

**YÉPEZ, V.** La biodiversidad de la región Sierra. [En línea] 2016. Disponible en: <https://prezi.com/qpcmdf2rbkx/la-biodiversidad-de-la-region-sierra/>.

**ZARI, L.; et al.** La vía administrativa. [En línea] 2018. [Consulta: 10 junio 2021.] [https://www.actualidadambiental.pe/pajonales/#:~:text=Los%20p%C3%A1ramos%2C%20bofedales%20\(humedales%20altoandinos,protegidos%20por%20la%20legislaci%C3%B3n%20forestal..](https://www.actualidadambiental.pe/pajonales/#:~:text=Los%20p%C3%A1ramos%2C%20bofedales%20(humedales%20altoandinos,protegidos%20por%20la%20legislaci%C3%B3n%20forestal..)

**ZAVALA, V.** Avances y desafíos de la educación intercultural bilingüe Bolivia Ecuador y Perú. [En línea] 2016. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: <https://issuu.com/iesppjSCO/docs/avances-y-desafios-de-la-educacion->.

**ZOBERBAC, A.** Microorganismos Agrícolas: Todo Lo Que Hay Que Saber. *Agronutrición, Bioprotección*. [En línea] 2021. [Consulta: 30 enero 2023.]. Disponible en: <https://zoerbac.com/todo-lo-que-debes-saber-de-microorganismos-agricolas/#:~:text=Ayudan%20a%20mantener%20la%20fertilidad,ciclo%20biol%C3%B3gico%20de%20muchos%20nutrientes..>



## ANEXOS

### ANEXO A: HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE MUESTRAS



### ANEXO B: TOMA DE MUESTRAS



### ANEXO C: PESO DE LA MUESTRA



### ANEXO D: TIPO DE MUESTRA – FECHA DE MUESTREO



# ANEXO E: ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO INTERVENIDO



Informe Analítico: IA-21-AG-001466-01

Lab-ID: UIO-21/0732 1 al 2

ANÁLISIS DE SUELO									
<b>DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE</b>									
<b>Cliente:</b>	JOSE LUIS RODRIGUEZ CAGUANA			<b>Descripción de la muestra:</b>	1 KG SUELO DE PÁRAMO INTERVENIDO				
<b>Contacto:</b>	JOSE LUIS RODRIGUEZ			<b>Lote N°:</b>	--				
<b>Finca / Hacienda:</b>	--			<b>Cultivo actual:</b>	--				
<b>Sector / Ciudad:</b>	PÁRAMO DE LA COMUNIDAD CALVARIO, TISALEO			<b>Especie / Variedad:</b>	--				
<b>Provincia:</b>	TUNGURAHUA			<b>Parte de la planta:</b>	--				
<b>Muestreador:</b>	JOSE LUIS RODRIGUEZ (CLIENTE)			<b>Número de monitoreo:</b>	--				
<b>Fecha de Muestreo:</b>	05/08/2021 11:00			<b>Estación de monitoreo:</b>	--				
<b>Fecha de Recepción:</b>	12/08/2021			<b>Periodo Monitoreo:</b>	--				
<b>Fecha inicio de análisis:</b>	25/08/2021			<b>Fecha fin de análisis:</b>	01/09/2021				
PROPIEDADES BÁSICAS									
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
pH	5,75	---	6,00 - 6,50				H <sub>2</sub> O	Potenciometría	
Humedad 105 °C	4,44	%					---	Gravimetría	
MACRONUTRIMENTOS									
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
Materia orgánica	7,28	% s.m.s.	3,00 - 5,00				---	Titulación potenciométrica	
Nitrógeno (N)	0,37	% s.m.s.	0,21 - 0,40				---	Conductividad térmica	
Fósforo (P)	<5	mg/kg s.m.s.	20,00 - 40,00				Olsen	Espectrofotometría UV-VIS	
Potasio (K)	99	mg/kg s.m.s.	78,2 - 156,4				Ac. NH <sub>4</sub>	Espectrometría ICP-OES	
Calcio (Ca)	627	mg/kg s.m.s.	600,0 - 1200,0				Ac. NH <sub>4</sub>	Espectrometría ICP-OES	
Magnesio (Mg)	202	mg/kg s.m.s.	182,3 - 303,8				Ac. NH <sub>4</sub>	Espectrometría ICP-OES	
Sodio (Na)	26	mg/kg s.m.s.	11,0 - 23,0				Ac. NH <sub>4</sub>	Espectrometría ICP-OES	
Conductividad eléctrica	0,104	dS/m					H <sub>2</sub> O	Conductimetría	
MICRONUTRIMENTOS									
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
Hierro (Fe)*	444	mg/kg s.m.s.	25,0 - 50,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
Cobre (Cu)*	9,9	mg/kg s.m.s.	2,0 - 3,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
Manganeso (Mn)*	22	mg/kg s.m.s.	5,0 - 10,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
Zinc (Zn)*	6	mg/kg s.m.s.	1,5 - 3,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
Molibdeno (Mo)*	<0,1	mg/kg s.m.s.	0,2 - 5,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
RELACIONES ENTRE LAS BASES									
Relación	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
Carbono/Nitrógeno	11,52	-	8,5 - 11,5				---	Cálculo interno	
Calcio/Magnesio	3,1	-	2 - 5				---	Cálculo interno	
Magnesio/Potasio	2	-	2,5 - 15				---	Cálculo interno	
Suma de bases*	5,16	meq/100 g	5 - 25				---	Cálculo interno	
BASES DE CAMBIO									
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
C.I.C.E.*	5,6	meq/100 g	5,0 - 25,0				---	Espectrometría UV-VIS	

**Informe Analítico: IA-21-AG-001466-01**  
Lab-ID: UIO-21/0732 1 al 2

**NOMENCLATURA:**

N.D.: No Detectado

N.A.: No Analizado

Ac. NH4: Acetato amónico

C.I.C.E.: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva

EDTA: Ácido etilendiaminetetraacético

DTPA: Ácido dietilentriaminopentaacético

Los ensayos contienen resultados suministrados externamente por un laboratorio ACREDITADO con N° de acreditación: 563/LE1047 ; 563/LE2082 del ENAC.

Los ensayos marcados con (†) fueron ejecutados en AGRORUM y NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Los ensayos marcados con (\*) contienen resultados suministrados externamente por un laboratorio NO acreditado; competencia evaluada según el apartado 5.6 del Procedimiento de Productos y Servicios Suministrados Externamente de AGRORUM S.A.

**TÉRMINOS Y CONDICIONES**

La responsabilidad por el muestreo queda excluida, a menos que haya sido realizado por AGRORUM S.A.

Los resultados de la prueba se refieren únicamente a la muestra recibida sometida a ensayo. AGRORUM S.A. no se hace responsable por los datos proporcionados por el cliente.

El contenido de este informe sólo puede publicarse o reproducirse de forma completa.

Los informes de resultados serán entregados en horario laboral, cuando sea confirmado el pago por parte del cliente y será entregado por vía e-mail.

AGRORUM S.A. garantiza absoluta confidencialidad, comprometiéndose a guardar reserva respecto a los datos e información sobre los cuales haya tomado conocimiento; así como los informes de resultados que tiene en custodia. En el caso de que la información necesite ser revelada, se comunicará previamente a las partes involucradas a fin de solicitar su autorización.

Emitido por:

  
Firmado digitalmente por  
Dario Vizcaino  
Fecha: 2021.09.02  
15:04:04 -05'00'

Secretario Técnico

.-FIN DEL INFORME DE ENSAYO.-

# ANEXO F: ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO NO INTERVENIDO



Informe Analítico: IA-21-AG-001465-01  
Lab-ID: UIO-21/0731 1 al 2

ANÁLISIS DE SUELO									
DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE									
<b>Cliente:</b>	JOSE LUIS RODRIGUEZ CAGUANA	<b>Descripción de la muestra:</b>	1 KG SUELO DE PÁRAMO NO INTERVENIDO						
<b>Contacto:</b>	JOSE LUIS RODRIGUEZ	<b>Lote N°:</b>	--						
<b>Finca / Hacienda:</b>	--	<b>Cultivo actual:</b>	--						
<b>Sector / Ciudad:</b>	PÁRAMO DE LA COMUNIDAD CALVARIO, TISALEO	<b>Especie / Variedad:</b>	--						
<b>Provincia:</b>	TUNGURAHUA	<b>Parte de la planta:</b>	--						
<b>Muestreador:</b>	JOSE LUIS RODRIGUEZ (CLIENTE)	<b>Número de monitoreo:</b>	--						
<b>Fecha de Muestreo:</b>	05/08/2021 11:00	<b>Estación de monitoreo:</b>	--						
<b>Fecha de Recepción:</b>	12/08/2021	<b>Período Monitoreo:</b>	--						
<b>Fecha inicio de análisis:</b>	25/08/2021	<b>Fecha fin de análisis:</b>	01/09/2021						
PROPIEDADES BÁSICAS									
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
pH	5,63	---	6,00 - 6,50				H <sub>2</sub> O	Potenciometría	
Humedad 105 °C	2,52	%					---	Gravimetría	
MACRONUTRIMENTOS									
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
Materia orgánica	9,14	% s.m.s.	3,00 - 5,00				---	Titulación potenciométrica	
Nitrógeno (N)	0,40	% s.m.s.	0,21 - 0,40				---	Conductividad térmica	
Fósforo (P)	12,1	mg/kg s.m.s.	20,00 - 40,00				Olsen	Espectrofotometría UV-VIS	
Potasio (K)	113	mg/kg s.m.s.	78,2 - 156,4				Ac. NH <sub>4</sub>	Espectrometría ICP-OES	
Calcio (Ca)	705	mg/kg s.m.s.	600,0 - 1200,0				Ac. NH <sub>4</sub>	Espectrometría ICP-OES	
Magnesio (Mg)	198	mg/kg s.m.s.	182,3 - 303,8				Ac. NH <sub>4</sub>	Espectrometría ICP-OES	
Sodio (Na)	60	mg/kg s.m.s.	11,0 - 23,0				Ac. NH <sub>4</sub>	Espectrometría ICP-OES	
Conductividad eléctrica	0,172	dS/m					H <sub>2</sub> O	Conductimetría	
MICRONUTRIMENTOS									
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
Hierro (Fe)*	422	mg/kg s.m.s.	25,0 - 50,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
Cobre (Cu)*	6,3	mg/kg s.m.s.	2,0 - 3,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
Manganeso (Mn)*	49	mg/kg s.m.s.	5,0 - 10,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
Zinc (Zn)*	30	mg/kg s.m.s.	1,5 - 3,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
Molibdeno (Mo)*	<0,1	mg/kg s.m.s.	0,2 - 5,0				EDTA	Método interno ICP-OES	
RELACIONES ENTRE LAS BASES									
Relación	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
Carbono/Nitrógeno	13,4	-	8,5 - 11,5				---	Cálculo interno	
Calcio/Magnesio	3,6	-	2 - 5				---	Cálculo interno	
Magnesio/Potasio	1,7	-	2,5 - 15				---	Cálculo interno	
Suma de bases*	5,7	meq/100 g	5 - 25				---	Cálculo interno	
BASES DE CAMBIO									
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo	
C.I.C.E.*	6,5	meq/100 g	5,0 - 25,0				---	Espectrometría UV-VIS	



**Informe Analítico: IA-21-AG-001465-01**  
Lab-ID: UIO-21/0731 1 al 2

**NOMENCLATURA:**

N.D.: No Detectado

N.A.: No Analizado

Ac. NH<sub>4</sub>: Acetato amónico

C.I.C.E.: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva

EDTA: Ácido etilendiaminetetraacético

DTPA: Ácido dietilentríaminopentaacético

Los ensayos contienen resultados suministrados externamente por un laboratorio ACREDITADO con N° de acreditación: 563/LE1047 ; 563/LE2082 del ENAC.

Los ensayos marcados con (1) fueron ejecutados en AGRORUM y NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Los ensayos marcados con (\*) contienen resultados suministrados externamente por un laboratorio NO acreditado; competencia evaluada según el apartado 5.6 del Procedimiento de Productos y Servicios Suministrados Externamente de AGRORUM S.A.

**TÉRMINOS Y CONDICIONES**

La responsabilidad por el muestreo queda excluida, a menos que haya sido realizado por AGRORUM S.A.

Los resultados de la prueba se refieren únicamente a la muestra recibida sometida a ensayo. AGRORUM S.A. no se hace responsable por los datos proporcionados por el cliente.

El contenido de este informe sólo puede publicarse o reproducirse de forma completa.

Los informes de resultados serán entregados en horario laboral, cuando sea confirmado el pago por parte del cliente y será entregado por vía e-mail.

AGRORUM S.A. garantiza absoluta confidencialidad, comprometiéndose a guardar reserva respecto a los datos e información sobre los cuales haya tomado conocimiento; así como los informes de resultados que tiene en custodia. En el caso de que la información necesite ser revelada, se comunicará previamente a las partes involucradas a fin de solicitar su autorización.

**Emitido por:**



Firmado  
digitalmente por  
Darío Vizcaíno  
Fecha: 2021.09.02  
15:00:37 -05'00'

**Secretario Técnico**

-.FIN DEL INFORME DE ENSAYO.-

## ANEXO G: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO INTERVENIDO

**TOX-CHEM**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

**INFORME DE ENSAYO**  
LTC-5-052-2021

**MATRIZ: SUELO**

**Empresa:** ESPOCH **Oferta No 33**

**Atención:** José Luis Rodríguez Caguana **Fecha de muestreo:** 2021/10/15

**Dirección:** Panamericana Sur Km 1 1/2 **Fecha de Ensayo:** 2021/11/03 - 2021/11/08

**Teléfono:** 0987126164 **Fecha de Emisión:** 2021/11/09

**Tipo de muestra:** Suelo de páramo intervenido

**Código de la empresa:** MS-01 **Condiciones ambientales:** T<sub>min</sub>: 15 °C T<sub>max</sub>: 25 °C

**Punto de muestreo:** Tisaleo Páramo de la comunidad El Calvario

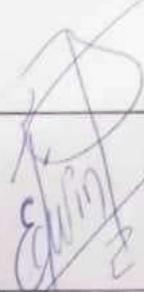
**RESULTADOS ANALÍTICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO	OBSERVACIÓN
Densidad real	Gravimetría	g/cm <sup>3</sup>	0,97	
Plasticidad	Gravimetría	%	No presenta	
Textura	Método de Bouyoucos	-	Arenoso franco	Arena: 80% Arcilla: 2% Limo: 18%

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada por el cliente y receptada en el laboratorio.
- Los resultados del presente informe corresponden únicamente a la muestra analizada.
- Se prohíbe la reproducción total o parcial sin autorización del laboratorio.
- TOX-CHEM Libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados.

Documento aprobado por:

  
BQF. Edwin F. Basantes B, MSc.  
DIRECCIÓN



21 de Abril y Otto Arosemena, RIOBAMBA-ECUADOR  
themgroup@gmail.com  
8341037

## ANEXO H: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO NO INTERVENIDO

**TOX-CHEM**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

INFORME DE ENSAYO  
LTC-5-051-2021

**MATRIZ: SUELO**

Empresa: ESPDCH  
Atención: José Luis Rodríguez Caguana  
Dirección: Panamericana Sur Km 1 1/2  
Teléfono: 0987126164  
Tipo de muestra: Suelo de páramo no intervenido  
Código de la empresa: MS-01  
Punto de muestreo: Tisaleo Páramo de la comunidad El Calvario

Oferta No 33  
Fecha de muestreo: 2021/10/15  
Fecha de Ensayo: 2021/11/03 - 2021/11/08  
Fecha de Emisión: 2021/11/09

Condiciones ambientales  
Tmin: 15 °C - T max: 25 °C

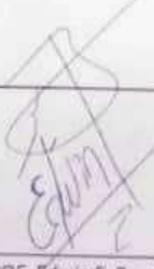
**RESULTADOS ANALÍTICOS**

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO	OBSERVACIÓN
Densidad real	Gravimetría	g/cm <sup>3</sup>	0,87	
Plasticidad	Gravimetría	%	No presenta	
Textura	Método de Bouyoucos	-	Arenoso franco	Arena: 75% Arcilla: 2% Limo: 23%

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada por el cliente y receptada en el laboratorio.
- Los resultados del presente informe corresponden únicamente a la muestra analizada.
- Se prohíbe la reproducción total o parcial sin autorización del laboratorio.
- TOX-CHEM Libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados.

Documento aprobado por:

  
BQF, Edwin F. Basantes B, MSc.  
DIRECTOR



Av. 21 de Abril y Otto Arosemena. RIOBAMBA-ECUADOR  
toxchemgroup@gmail.com  
098741037



**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:** 08 / 03 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ CAGUANA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> RECURSOS NATURALES
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA FORESTAL
<b>Título a optar:</b> INGENIERO FORESTAL
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



0450-DBRA-UTP-2023