



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

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DE SUELOS DE
PÁRAMO BAJO TRES DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN
EN EL CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DEL TUNGURAHUA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: ESTEFANY VICTORIA MACHADO SILVA

DIRECTOR: ROSA DEL PILAR CASTRO GOMEZ

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Estefany Victoria Machado Silva

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, ESTEFANY VICTORIA MACHADO SILVA, declaro que el presente Trabajo de Titulación 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 autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de agosto del 2022.

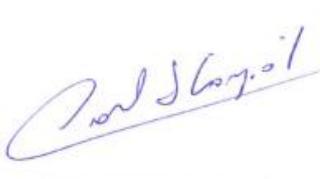
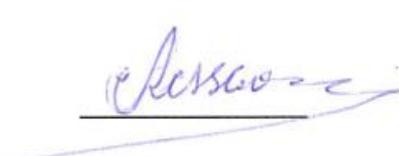


Estefany Victoria Machado Silva

1804793113

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

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación, Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DE SUELOS DE PÁRAMO BAJO TRES DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN EN EL CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DEL TUNGURAHUA**, realizado por la señorita **ESTEFANY VICTORIA MACHADO SILVA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba, MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-08-11
Dra. Rosa del Pilar Castro Gómez, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-08-11
Ing. Raúl Armando Ramos Veintimilla, MsC. MIEMBRO DE TRIBUNAL	 _____	2022-08-11

DEDICATORIA

A Dios por bendecirme cada mañana con la luz de la vida, por permitirme alcanzar mis sueños, y sobre todo por brindarme la oportunidad de seguir luchando por cada propósito y agradecerle por hacer en mi vida a su voluntad.

Con mucho amor, A María de Lourdes Silva, 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 mi padre Victor Hugo Machado por haberme dado la vida y motivarme a seguir siempre adelante.

A mi Hijo Víctor Julián Verdesoto Machado, porque desde el día que Dios me bendijo al tenerlo en mis brazos es el motor que me impulsa a seguir luchando, mi tesoro más preciado, mi inspiración, mi fuerza, el dueño de mi alma, mi vida y todo mi ser, por el amor tan grande que me brinda por tus abrazos y tus palabras de amor. A Mi esposo Víctor Hugo por todo el apoyo brindado durante mi etapa universitaria por el cariño.

A mis hermanos Christian Paul y Edison Gabriel, por su apoyo cariño y confianza, porque siempre están ahí para mí por todos los momentos compartidos desde nuestra niñez y sobre todo por ser parte de mi corazón. A mi sobrino Maikel Andres porque es el hijo de mi corazón, por el cariño y todas las alegrías que me brinda.

A la memoria de Luis Fernando Machado, quien fue como padre, brindándome hermosos momentos durante su vida por el amor que él me dio siempre llevare en mi corazón.

Estefany

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme despertar cada mañana y alcanzar mis sueños.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, principalmente a la Escuela de Ingeniería Forestal por contribuir en mi formación estudiantil.

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 mi confidente y una mano amiga por motivarme a esforzarme por ser una persona maravillosa y por la dedicación impartida en las aulas. A el ingeniero Raul Ramos como miembro del trabajo de titulación, por su apoyo y tiempo, al igual que la paciencia y por ayudarme a formarme profesionalmente.

A cada uno de los docentes en especial a los ingenieros: Miguel Gualpa, Jorge Caranqui, Manuel Espinoza, Mario García a la memoria de la doctora Marcia Pesantes por brindarme sus enseñanzas y compartir cada uno de sus conocimientos a lo largo de esta vida estudiantil, un agradecimiento sincero a la Ingeniera Jenny Núñez, por brindarme su amistad y su apoyo en el desarrollo de esta investigación.

Quiero expresar un agradecimiento sincero a Marcelo Guerrero, Juan Escobar quienes de una u otra forma siempre me han abierto las puertas del GAD M del Cantón Tisaleo, por la amistad y el apoyo que siempre he encontrado en ustedes.

Estefany

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Generalidades del páramo andino del Ecuador.....	5
<i>1.1.1. Páramo.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2. Caracterización de los páramos.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3. Función de los páramos o servicios ambientales del ecosistema páramo.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3.1. Retención y provisión de agua.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3.2. Regulación del ciclo hidrológico.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.3.3. Comportamiento hidrológico de microcuencas de páramo.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.3.4. Almacenamiento de carbono.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.3.5. Aporte al hábitat de flora y fauna.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.4. Páramo en la provisión de recursos.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.4.1. Recursos forestales.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.4.2. Recursos no forestales (leña, paja).....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.4.3. Aspecto cultural.....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.5. Protección de los páramos.....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.6. Suelo del páramo.....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.6.1. Condiciones de formación de los suelos.....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.6.2. Origen de los suelos de páramo.....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.6.3. Condiciones climáticas.....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.6.4. Rango altitudinal.....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.6.5. Temperatura.....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.6.6. Precipitación.....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.6.7. Humedad relativa.....</i>	<i>13</i>
<i>1.1.6.8. Calidad del suelo.....</i>	<i>13</i>
<i>1.1.6.9. Indicadores de la calidad del suelo.....</i>	<i>13</i>

1.1.6.10. <i>Propiedades del suelo del páramo</i>	14
1.1.6.11. <i>Propiedades biológicas</i>	14
1.1.6.12. <i>La actividad biológica de los suelos</i>	14
1.1.6.13. <i>Materia orgánica del suelo</i>	14
1.1.6.14. <i>Biología del suelo</i>	15
1.1.6.15. <i>Importancia de los microorganismos presentes en el suelo del páramo</i>	15
1.1.7.1. <i>Propiedades químicas</i>	17
1.1.7.2. Reacción pH	17
1.1.7.3. Potenciometría	18
1.1.7.4. Capacidad de intercambio catiónico CIC	18
1.1.7.5. Conductividad eléctrica	18
1.1.7.6. Conductimetría	18
1.1.7.7. Nutrientes para las plantas	19
1.1.7.8. Macronutrientes	19
1.1.7.9. Micronutrientes	19
1.1.7.10. <i>Propiedades físicas</i>	20
1.1.7.11. <i>Tipos de suelos del páramo</i>	20
1.1.7.12. <i>Efectos de la cobertura vegetal en las propiedades biológicas, físicas y químicas</i>	21
1.1.7.13. <i>Restauración ecológica de suelos</i>	22
1.1.7.14. <i>Flora del páramo</i>	22
1.1.7.15. <i>Tipos de páramo</i>	23
1.1.7.16. Páramo húmedo o pantanoso	23
1.1.7.17. Páramo de almohadilla	23
1.1.7.18. Páramo arbustivo	24
1.1.7.19. Páramo de herbáceo	24

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	25
2.1. Caracterización del lugar	25
2.1.1. <i>Ubicación geográfica*</i>	25
2.2. Materiales y equipos	25
2.2.1. <i>Materiales</i>	25
2.2.2. <i>Equipos</i>	25
2.3. Metodología	25
2.3.1. <i>Para cumplir con el Objetivo 1 Georreferenciación</i>	25
2.3.2. <i>Para cumplir con Objetivo 2 Realizar la caracterización física y química del suelo</i> 26	

2.3.2.1.	<i>Fase de campo y laboratorio para Densidad Aparente</i>	26
2.3.2.2.	<i>Fase de laboratorio</i>	26
2.2.3.	<i>Químico</i>	26
2.2.3.1.	<i>Fase de campo</i>	26
2.2.3.2.	<i>Fase de laboratorio</i>	27
2.2.4.	<i>Variables</i>	28
2.2.4.1.	<i>Variable Dependiente</i>	28
2.2.4.2.	<i>Variable Independiente</i>	28
2.2.4.3.	<i>Fase de campo</i>	28
2.2.4.4.	<i>Fase de laboratorio</i>	28
2.2.5.	<i>Diseño experimental</i>	29
2.2.5.1.	<i>Tipo de diseño experimental</i>	29

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1.	Georreferenciación del área de estudio	31
3.2.	Caracterización física y química del suelo	32
3.3.	Cuantificación del contenido de microorganismos presentes en el suelo	36

	CONCLUSIONES	39
--	---------------------	----

	RECOMENDACIONES	40
--	------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Tratamientos.....	29
Tabla 2-2:	Esquema de ADEVA.....	30
Tabla 1-3:	Coordenadas geográficas y altitud de los transectos.	31
Tabla 2-3:	Resultados del análisis físico del suelo.	32
Tabla 3-3:	Resultados del análisis químico del suelo.	33
Tabla 4-3:	Análisis de varianza de las colonias presentes en el suelo bajo vegetación herbácea.....	36
Tabla 5-3:	Cuantificación de las colonias en concentración al 5% según el tipo de vegetación.....	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Localización del área de estudio en el cantón Tisaleo.....	32
Gráfico 2-3:	Promedio de colonias según el tipo de tratamiento y vegetación.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO.

ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ASPECTO FÍSICO.

ANEXO C: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ASPECTO QUÍMICO.

ANEXO D: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ASPECTO BIOLÓGICO.

RESUMEN

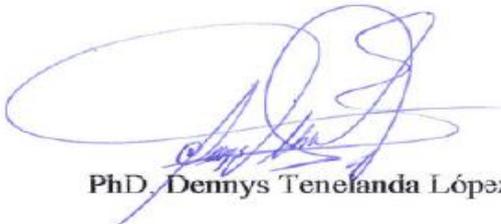
El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la calidad biológica de suelos de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua. La calidad biológica del suelo se evaluó mediante la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en suelos influenciados por 3 tipos de cobertura vegetales Herbáceas, Arbustivas y Leñosas. Para el desarrollo de la investigación se utilizó Diseño Completamente Al Azar (DCA), donde los tratamientos fueron los tres tipos de suelos en base a su cobertura vegetal y las cinco concentraciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , con tres repeticiones. Para el análisis estadístico ADEVA y HSD de Tukey. Se recolectaron 3 muestras las mismas que se secaron al aire libre durante ocho días, Las muestras fueron preparadas con el método de diluciones sucesivas, posteriormente en el medio de cultivo Papa Destroza Agar (PDA) solidificado se platearon las diluciones y fueron llevadas a la estufa durante ocho días y finalmente se cuantificaron los microorganismos. El análisis biológico se encontró que para una al 5%, en las muestras de suelo bajo el tipo de vegetación herbácea se encontraron 7633000 colonias formadoras de microorganismos, en el suelo bajo vegetación arbustiva 5667000 colonias y bajo vegetación almohadilla 867000 colonias. La mejor opción para implementar programas de remediación de suelos de páramo es mediante la repoblación con vegetación herbácea ya que los suelos influenciados por este tipo de cobertura presentaron mayor diversidad y calidad microbiológica. Se recomienda identificar los microorganismos presentes en el páramo de la localidad.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the biological quality of moorland soils under three different types of vegetation in Tisaleo City, Tungurahua Province. The biological quality of the soil was evaluated by quantifying Colony Forming Units (CFU) in soils influenced by three types of plant cover Herbaceous, Shrub, and Woody. For the development of the study, a Completely Random Design (CRD) was used, where the treatments were the three types of soils based on their plant cover and the five concentrations 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , with three repetitions. For statistical analysis, ADEVA and Tukey's HSD were used. Three samples were collected and dried in the open air for eight days. The samples were prepared with the method of successive dilutions. Later in the solidified Papa Destroza Agar (PDA) culture medium, the dilutions were plated and taken to the stove for eight days, and finally, the microorganisms were quantified. The biological analysis found that a 5%, in the soil samples under the type of herbaceous vegetation, 7,633,000 colonies forming microorganisms were found in the soil under shrubby vegetation, 5,667,000 colonies and cushion vegetation, 867,000 colonies. The best option to implement moorland soil remediation programs is through repopulation with herbaceous vegetation since the soils influenced by this type of cover presented greater diversity and microbiological quality. Identifying the microorganisms present in the moorland of the locality is recommended.

Keywords: <SOIL BIOLOGICAL QUALITY>, <MICROORGANISMS>, <PAD VEGETATION>, <SHRUB VEGETATION>, <HERBACEOUS VEGETATION>.

Riobamba, October 11th, 2022



Ph.D. Dennys Tenelanda López

ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

El páramo ecuatoriano es el hábitat de varias comunidades, tanto mestizas como indígenas, especialmente de los estratos con un nivel socioeconómico bajo, millones de personas dependen de manera directa o indirecta de él, quizá esa condición de vida lo ha convertido en un ecosistema amenazado.

El Cantón Tisaleo tiene un área de páramo, dentro de la reserva de producción faunística Chimborazo como un ecosistema frágil y con prioridad de conservación. La superficie total del cantón son 601 has, de las cuales 175 has no se encuentran parceladas y en peligro debido al ingreso de personas, animales y motocicletas.

La falta de conciencia y la carencia de políticas de conservación integral del ecosistema han propiciado a que los servicios ambientales se estropeen, el almacenamiento de carbono en el suelo, el paisaje y la cantidad de agua retenida en el páramo, esto fundamentalmente por el desconocimiento de las comunidades de medidas de conservación efectivas para la preservación y sostenibilidad del páramo.

La mancomunidad del frente suroccidental, conformada por los Municipios de Tisaleo, Quero, Mocha y Cevallos, en el ámbito de sus competencias han financiado e implementado proyectos de forestación en el páramo del cantón Tisaleo, principalmente en las comunidades: El Calvario y EL Chilco con especies leñosas, algunas de estas introducidas con el fin de proteger el suelo, dejando de lado especies nativas del ecosistema como herbáceas y almohadillas, sin que se hayan encontrado soluciones, por lo cual mediante esta investigación que nace del Municipio de Tisaleo, se busca dar alternativas que permitan conservar los suelos de los páramos sin perder la diversidad florística.

Importancia

Los páramos son biomas con un gran valor ecológico y científico por su flora y fauna, por su función en la producción de alimentos, y por su rol en la regulación de la hidrología regional. La importancia de la conservación del ecosistema páramo radica en que es el factor fundamental en el equilibrio sistémico ya que es un sumidero de carbono, su suelo alberga gran cantidad de materia orgánica, lo que contribuye a reducir los efectos del calentamiento global y es considerado un regulador hídrico, lo cual salvaguarda la vegetación, incluso en épocas de sequía.

El ecosistema páramo es el hábitat de flora y fauna en peligro de extinción, es un espacio de producción de leguminosas, hortalizas y plantas medicinales. Contribuye a la mineralización transformando compuestos orgánicos, genera materias primas renovables y no renovables, y protege a las aguas de la contaminación con agentes nocivos.

En definitiva, los páramos son zonas de gran interés para los diversos ámbitos como el biológico, hidrológico, cultural, económico y social. Varios autores afirman que el principal beneficio que brindan los páramos es el recurso hídrico, porque actúan como esponjas acumulando agua, mediante sus especies de flora y materia orgánica. Los páramos son de vital importancia para la regulación del clima porque capturan carbono lo que a su vez contribuye a la regulación del ciclo hidrológico.

Los páramos en el Ecuador cubren un 5% del territorio patrio El Ecuador es uno de los países privilegiados al contar con biodiversidad rica en flora y fauna nativa. Estas juegan un papel importante en la ecología ambiental, ya que brindan bienes y servicios ambientales, culturales, económicos y sociales ya que proveen a las comunidades de la zona productos no maderables como madera, paja, agua, suelo, aire, flora y fauna silvestre.

Debido a la poca información acerca de la efectividad de regeneración biológica de suelos por especies alternativas a las leñosas en el ecosistema páramo la presente investigación busca generar alternativas más eficientes en el manejo de páramos con especies nativas como herbáceas y almohadillas que ayudan en la regulación del ciclo hidrológico ya que se ha dejado de lado el hecho de que para recuperar la cobertura vegetal se debe tener un manejo apropiado del ecosistema *in situ* con especies propias de la zona. Es importante llegar al conocimiento del funcionamiento del ecosistema páramo para poder brindar juicios de valor en pro de la preservación y manejo sostenible de este recurso natural.

Problema

Los páramos en general, son considerados tierras improductivas, hostiles, con poca oferta de diversión, con gente pobre con muchos problemas y no tan atractivos. Por esto, considerar el páramo un "ecosistema escondido" era casi conveniente para los que tomaban las decisiones respecto a él; en la actualidad se están perdiendo extensas áreas del páramo como consecuencia del aprovechamiento de los recursos maderables excesivos, colonización, avance de la frontera agrícola, pastoreo, contaminación con residuos sólidos, ingreso de motocicletas y bicicletas, lo que causa impactos en la flora, fauna y suelo como la pérdida de la cobertura vegetal y la erosión que a su vez afecta a la calidad y caudal de agua que proveen a las comunidades.

El mal manejo de los páramos ha causado alteración en el ecosistema, ya que en la época de los 80 a los 90 se realizaban planes de forestación en páramos que no lo necesitaban con especies arbóreas introducidas de los géneros *Cupresus* y *Pinus* incluso en la actualidad siguen afectando ya que las plantaciones en la zona no tienen un manejo silvicultural adecuad, siendo plantaciones improductivas y poco rentables para las comunidades ya que por la calidad de la madera poca es aprovechada y los residuos son abandonados en la zona y no permiten la regeneración del páramo.

Otro problema adicional es la pérdida de la diversidad de especies florísticas debido a la introducción innecesaria de especies leñosas en páramos que están bien conservados; por lo cual se plantea este proyecto desde el municipio de Tisaleo, para realizar una caracterización de Línea base para evaluar la calidad biológica de suelos de páramos.

Justificación

Ante la necesidad de las comunidades de restaurar 140 hectáreas de páramo afectado principalmente por la ganadería y la agricultura de las comunidades El Calvario y El Chilco como recuperar el paisaje propio de la zona contribuyendo a la captación del recurso hídrico y manejo sostenible de los páramos.

Debido a la escasa información acerca de la regeneración biológica de suelos por especies alternativas a las leñosas en el ecosistema páramo y con el fin de analizar la incidencia de la cobertura vegetal sobre la calidad biológica de suelos y a su vez presentar alternativas a la forestación para la regeneración de suelos degradados de páramos como la repoblación de la cobertura vegetal con especies endémicas, se presenta este proyecto bajo el financiamiento del Municipio de Tisaleo y las comunidades que permitan generar alternativas más eficientes en el manejo del páramo con especies endémicas como herbáceas y almohadillas que ayudarán a la regulación del ciclo hidrológico, captura de carbono y en forma conjunta a un manejo sostenible de este recurso natural en peligro de degradación.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la calidad biológica de suelos de paramo bajo tres diferentes tipos de vegetación del cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua.

Objetivos específicos

- Evaluar la calidad biológica de suelos de páramo bajo
- Georreferenciar el área de estudio.
- Realizar la caracterización física y química del suelo.
- Cuantificar el contenido de microorganismos presentes en el suelo en tres tipos de cobertura vegetal: almohadillas, herbáceas y leñosas.

Hipótesis nula

Los tipos de vegetación del páramo no influyen en la calidad biológica del suelo.

Hipótesis alternativa

Al menos unos de los tipos de vegetación del páramo influyen en la calidad biológica del suelo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Generalidades del páramo andino del Ecuador

1.1.1. *Páramo*

El páramo es un ecosistema tropical, es una formación altoandina caracterizado por una vegetación dominante no arbórea, alta irradiación ultravioleta, bajas temperaturas y alta humedad con una diversa cantidad de plantas entre ellas almohadillas, gramíneas o arbustos pequeños.

En ocasiones el páramo está intercalado con zonas pequeñas de bosques o arbustos, lo que se denomina subpáramo (Paredes et al, 2019, p. 7). El clima de los páramos es muy diverso, puede ser muy húmedo o incluso semiárido. A pesar de que las plantas se han adaptado con estructuras xeromórficas a un clima frío y con poca agua, la diversidad de especies disminuye con la humedad. Inclusive los páramos húmedos presentan escasez de agua, porque hay una disminución en su absorción, debido a factores como la baja temperatura, elevada presión osmótica del suelo. El Ecuador que está sobre la cota de los 3.500 metros en los páramos ubicados al norte del paralelo 3 de latitud sur, y sobre los 3.000 metros al sur de dicho paralelo. Esta definición, que resulta práctica para efectos de propuestas de leyes y otros instrumentos similares, no refleja en realidad la diversidad y la complejidad inherentes al ecosistema páramo, en general y al ecuatoriano en particular (Hofstede, 2003, p. 91).

Las características de los páramos están dadas por los elementos bióticos y abióticos presentes, el factor abiótico son los diversos componentes del ambiente entre ellos el clima, que abarca la temperatura, vientos, humedad, y presión atmosférica, el agua, la luz, el suelo, su composición, su estructura, el pH y los nutrientes. En cambio el factor biótico es la materia viva que se encuentra en ese ecosistema, como son los animales, los vegetales, los microorganismos, y el suelo, por esta razón se los ha clasificado en productores y consumidores (Lombo, 2019, p. 22).

1.1.2. *Caracterización de los páramos*

El páramo ecuatoriano es un ecosistema que presenta formaciones glaciares, planicies, valles, lagos, bofedales, pastizales húmedos entremezclados con parches forestales y matorrales (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 9). Se caracteriza por una vegetación no arbórea, con gran humedad, altas temperaturas y elevada irradiación ultravioleta (Hofstede et al., 2003, p. 91). Generalmente los suelos

de los páramos poseen un color negro debido a que contienen grandes cantidades de materia orgánica, están formados a partir de roca volcánica, por ello están compuestos de piedra pómez y ceniza, y son resistentes a procesos de erosión porque tienen una alta tasa de retención de agua (Gualán y Orbe, 2019, p. 17-18).

Este suelo tiene un pH entre 5.0 y 8.5 y se caracteriza por ser arenoso y arcilloso, en él existe una gran biodiversidad de plantas, algunas presentan un buen comportamiento, otras tienen buena adaptabilidad y utilidad (Fiallos et al., 2015, p. 407) Alberga cerca de 5000 especies de plantas debido a su ubicación aislada y fragmentada, de las cuales el 60% son endémicas (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 9).

1.1.3. Función de los páramos o servicios ambientales del ecosistema páramo

El páramo otorga algunos beneficios, ya que su suelo tiene alta fertilidad, entre los servicios ambientales se mencionan, ecosistémicos de apoyo, de aprovisionamiento, de regulación, y culturales (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 12-15). Estos servicios ambientales tienen que ver con sus características ecológicas especiales, dos de ellos son la continua provisión de agua y el almacenamiento de carbono atmosférico que ayuda a controlar el calentamiento global (Hofstede y Mena; 2004, p. 2). Son de gran importancia económica y social los servicios ambientales que ofrecen los páramos porque están asociados al agua, ya que aportan a acueductos y sistemas de riego, el efecto positivo de las cuencas hidrográficas está determinado por la calidad y cantidad de agua. Otro de los principales servicios ambientales del páramo es la regulación hídrica porque precisa la calidad y la cantidad de agua dulce para la vida (Ruíz; 2007, p. 93).

1.1.3.1. Retención y provisión de agua

El páramo por su posición geográfica es el mayor abastecedor de agua, por lo que es fundamental para la regulación de la hidrología, este ecosistema actúa como una esponja porque recoge y distribuye agua limpia de manera constante, inclusive en las épocas de sequía, tiene la capacidad de retener grandes volúmenes de agua y controlar su flujo mediante las cuencas hidrográficas (Cárdenas, 2015, p.18). El páramo provee agua dulce y contribuye con el servicio de regulación climatológica y de agua, ayuda a mitigar el efecto del calentamiento global, su variada vegetación crea microclimas de protección para las plantas y animales, interviene en la prevención de la erosión y deslaves porque almacena grandes cantidades de agua, su clima frío protege a la vegetación de plagas y enfermedades. Representa un factor necesario para el balance ecológico y el buen vivir (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 12-15).

1.1.3.2. Regulación del ciclo hidrológico

El páramo abastece de aguas superficiales a las poblaciones cercanas, es una fuente que regula bien el elemento vital a través de las estaciones. Este ecosistema tiene una particularidad, no cuenta con una capa densa de vegetación que almacene el agua, sin embargo, retiene el agua de sus suelos, hasta en un 80%. Las cuencas de los páramos tienen una gran capacidad de amortiguamiento, incluso en el caso extremo de un período seco de dos meses, permanece alto el contenido de agua en el suelo y el caudal de salida de la cuenca no se reduce (Buytaert, Célleri, De Bièvre, Deckers, y Wyseure, 2003, p .2).

El suelo de los páramos tiene una elevada capacidad de almacenamiento de agua, a lo que se suma su estructura porosa y ligera, que da lugar a la alta regulación de agua de los suelos, pero solo una mínima fracción de esta capacidad es usada con efectividad, pues se ha comprobado que el agua es almacenada como reservorio inactivo o muerto. A la topografía del páramo se le atribuye la gran capacidad de regulación del ciclo hidrológico, sus terrenos accidentados con actividad glacial propician el desarrollo de concavidades, lagos y pantanos (Buytaert, Célleri, De Bièvre, y Cisneros, 2003, p. 11).

1.1.3.3. Comportamiento hidrológico de microcuencas de páramo

La hidrología de las cuencas de los páramos afecta a los ecosistemas aguas abajo, al riego en la agricultura y a las industrias. El funcionamiento hidrológico de una cuenca está determinado por el estado y tipo de vegetación, las propiedades del suelo, la geomorfología del suelo, el clima, y el uso del suelo (Martínez, Coello, y Feyen, 2017, p. 130). La hidrología de los páramos cuenta con características especiales ya que los ríos que descienden de dicho ecosistema tienen un flujo base sostenido, que es producto de la elevada capacidad de regulación del agua (Buytaert, Célleri, De Bièvre, y Cisneros, 2003, p. 2).

1.1.3.4. Almacenamiento de carbono

Los suelos de los páramos han acumulado exorbitantes cantidades de materia orgánica, pueden contener hasta 600 toneladas de carbono. Este elemento es de gran relevancia porque afecta a las propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo, de hecho, su calidad está determinada por el carbono. Se debe mantener el carbono porque un suelo descuidado tenderá a la descomposición y ascenderá a la atmósfera, lo que propicia el calentamiento global. Por lo tanto, el carbono orgánico es producto del balance de la incorporación al suelo de material orgánico fresco y de la

salida del carbono del suelo en forma de CO₂ a la atmósfera (Cárdenas, 2015, p.19). El suelo de los páramos es un reservorio natural de carbono atmosférico (Gualán y Orbe, 2019, p. 18).

El ecosistema páramo proporciona suelo rico en materia orgánica que generalmente se usa para elaborar abono, además ofrece una diversidad de plantas que constituye una fuente de alimentación para el ganado y para los humanos, así como plantas medicinales, animales, fibra y madera; contribuye a la fijación y almacenamiento de carbono en el suelo, apoya a la regulación hídrica y a los procesos de polinización (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 12-15).

1.1.3.5. Aporte al hábitat de flora y fauna

Los páramos son de gran importancia biológica porque coleccionan excepcionales seres vivos, diversas especies de flora y fauna. De igual manera, albergan plantas endémicas que se han adaptado a las condiciones físico- químicas y climáticas, vegetación que consiste principalmente en arbustos pequeños, musgos, pajonales y rosetas. El páramo ecuatoriano tiene gran representatividad por la existencia de un total de 1524 especies de flora. En cuanto a la fauna, existe una amplia diversidad de animales, herpetofauna como invertebrados, reportes indican que 70 especies de mamíferos y 70 especies de aves habitan en este ecosistema. Entre los mamíferos que viven en el páramo están el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el venado de páramo (*Mazama rufina*), el tapir lanudo (*Tapirus pinchaque*), el conejo de páramo (*Sylvilagus brasiliensis*), y otras especies más (Chuncho y Chuncho, 2019, pp. 75-76).

Una alta cantidad de flora y fauna presente en los páramos tienen características de adaptación a factores extremos. Existe una infinidad de flora, entre la que se destaca la *Espeletia spp*, *puya spp* conocidas como achupallas, la especie de vegetación más común es la *stipa ichu* que se encarga de crear microclimas. Entre las especies de fauna de los páramos se encuentran *Sylvilagus brasiliensis*, *Tremarctos ornatos*, *Vultur grypus*, *Eleutherodactylus sp*, una variedad de colibríes la que destaca es la especie *Oreotrochilus stella*, una gran cantidad de reptiles como la *atelopus ignescens* conocida como la lagartija guasca, mamíferos, entre ellos el ganado vacuno, los camélidos como las llamas, y los equinos como mulas, burros y caballos. Además, existen animales introducidos que se adaptado a las condiciones de este espacio (Gualán y Orbe, 2019, p. 16).

1.1.4. Páramo en la provisión de recursos

El páramo provee diversidad de recursos, es una fuente de productos agrícolas, en él se dan especies de granos, tubérculos, verduras, hortalizas, frutas, nueces, malezas y especies forrajeras (Hofstede et al., 2003, p.117-121). Además, en este espacio hay especies vegetales, con un sinnúmero de plantas de tipo alimenticias, ornamentales y medicinales, así como también alberga recursos

hídricos, forestales, no forestales y fauna. Las especies forestales de los páramos son: el arrayán, aliso, yagual, pumamaqui (Cunalata, 2014, p. 19). Pero cabe indicar que los páramos son un ecosistema silencioso porque son marginados social y económicamente y que muchas veces este espacio es mal utilizado por parte de agricultores (León, 2009, p. 18). El páramo que no ha sido intervenido conserva una mayor diversidad de especies vegetales, presenta mayor cantidad de materia orgánica y la curva de retención de agua es mejor (Grupo de trabajo en páramos del Ecuador, 2008, p. 37).

1.1.4.1. Recursos forestales

El páramo ofrece varias especies de árboles, algunos son maderables y otros medicinales, básicamente su crecimiento depende de las condiciones propias del lugar, a continuación, se detallan algunos de ellos, sus usos, así como las épocas en que florecen (Ríos, 2015, p. 8):

Luma apiculata clasidicator: su nombre común es arrayán, de la familia *Myrtaceae*. es una especie de árbol pequeño que tiene de 3 a 8 m de altura y un diámetro de hasta 25 cm. Tiene múltiples usos, como materia prima en la construcción de tablas, vigas, pilares, leña, carbón, algunos de sus frutos son comestibles para la especie humana y para las aves, cuenta con propiedades medicinales, sus hojas son empleadas para infusiones y como saborizante para la comida, se usa para el tratamiento de infecciones pulmonares e intestinales, para combatir la alopecia y la caspa (Cunalata, 2014, pp.19-20).

Alnus acuminata: su nombre común es ayuso, de la familia *Betuleaceae*, su madera es perdurable y de buena calidad, se presenta en color blanco o rojizo. Esta especie crece a menudo en las zonas cercanas a las fuentes de agua y espontáneamente en suelos arenosos y pedregosos, tiene gran capacidad de adaptabilidad a la humedad y a los diferentes tipos de suelos. Esta especie de árbol tiene beneficios para el ambiente, tales como la protección a las cuencas hidrográficas y la fijación de nitrógeno (Cunalata, 2014, p.21) y su madera es utilizada para hacer utensilios de cocina como cucharas, cucharones y molinillos, también se usa para hacer leña y cercas (Ríos, 2015, p. 22).

Polylepis: su nombre común es yagual, su corteza está compuesta por varias láminas que se desprenden en capas delgadas, son vegetales con follaje verde, ramas muertas y hojas pequeñas, cuyo tronco es retorcido, aunque en algunas zonas sus troncos pueden llegar a 2 m de diámetro y alcanzar una altura de 15 a 20 m., su corteza es gruesa y cubre al tronco para protegerlo contra incendios y bajas temperaturas, este grupo es polinizado por el viento, forman bosques rodeados por arbustales y pastizales (Cunalata, 2014, p. 24). Es un recurso forestal de gran importancia, aunque vulnerable a la quema (Hofstede; 2003, p. 7), actúa como protector de las cuencas hídricas, y es

refugio para la vida silvestre. Tiene varios usos, su corteza posee propiedades medicinales para tratar enfermedades respiratorias y renales, y es usado para madera y leña (Rosero, 2014, p. 13).

Oreopanax ecuadorensis: cuyo nombre común es Pumamaqui, sus hojas tienen la forma de mano de puma, se lo usa con fines medicinales y maderables, pues su madera es utilizada para tallar platos, cucharas y fuentes, posee efectos medicinales por sus principios activos como ácido diterpénico, saponinas, aceites esenciales, taninos, por lo que actúa como cicatrizante, astringente, y antiséptico (Cunalata, 2014, pp. 24-26). Es un árbol nativo de la sierra ecuatoriana, que está en peligro de extinción debido a la plantación de otros recursos maderables como el *Eucalyptus globulus* (La Gaceta, 2020, párr. 1).

1.1.4.2. Recursos no forestales (leña, paja)

El páramo suministra varias especies leñosas forestales como el ***Pinus patula*** (pino), ***Cedrela montana*** (cedro), ***Juglans incana*** (nogales), *castaños*, *abedules*, *betuláceas*, *pináceas*, *hayas*, y *encinas* (Asociación Vida Sana, 2011, p. 15). Y los habitantes de los páramos generalmente extraen leña de estas especies, aunque esta actividad ha disminuido en la medida en que es más accesible el gas (Llambí et al., 2012, p. 80). El páramo que provee paja es el de tipo pajonal pues es un área inmensa a manera de mar de paja, con manchones de arbustos y hierbas coloridas (MOBOT, 2021, párr. 1).

1.1.4.3. Aspecto cultural

El páramo tiene un significado cultural por dos motivos: por su valor estético y de identidad de los pueblos indígenas. La belleza de su paisaje lo constituye como un espacio de turismo recreacional, educacional y hasta científico, y además tiene un valor especial porque es identidad de algunas comunidades (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 14-15). El páramo es una fuente de sustento y alimentación, que ha tenido un gran impacto y ha repercutido en la forma de vida de los grupos indígenas, favoreciendo una cultura propia, con costumbres e identidad histórica (Camacho, 2013, pp.81-82). El páramo representa un ecosistema con gran importancia socio-cultural y económica para el Ecuador (Chuncho y Chuncho, 2019, p. 71).

1.1.5. Protección de los páramos

Los hidrosistemas de páramos, como ya se anticipó son fundamentales en la regulación hídrica natural regional, ya que abastecen de agua a las ciudades, pero son extremadamente sensibles a los caudales aguas abajo, debido a la práctica de actividades inadecuadas (pastoreo extensivo de animales creados al aire libre, quema repetitiva, prácticas agrícolas intensivas, tala, aumento de

la urbanización, crecimiento demográfico, deforestación, cacería, cultivos ilícitos, construcción de vías y degradación de los suelos) (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 7). Este ecosistema está íntimamente relacionado con los caudales, desde esta perspectiva los ingenieros ambientales y/o forestales deben enfocar su accionar en la restauración de este hábitat (Díaz et al., 2005, pp. 64-72). Se conoce que el deterioro de los páramos afectaría principalmente a la producción de agua y a su calidad (Chuncho y Chuncho, 2019, p. 79).

1.1.6. Suelo del páramo

El suelo proviene del latín (solum = piso) constituye un recurso único, irremplazable y esencial para todos los organismos terrestres. El suelo no es simplemente la capa fina exterior terrestre explorada por las raíces de las plantas en busca de anclaje, agua y nutrientes. El suelo es el cuerpo natural complejo, formado por roca sólida o en sedimentos no consolidados bajo la influencia de las plantas, microorganismos y animales del suelo, agua y aire. (Burbano, 2016, p. 118). El suelo tiene la función de soportar una vegetación, y en él se deben dar las condiciones necesarias para el desarrollo de las plantas. (Torres et al., 2013, p. 72). El suelo influye en la regulación y purificación del agua, gases, interviene en el intercambio gaseoso (especialmente del dióxido de carbono), tiene la capacidad de soportar vida vegetal y animal, es un detoxificante de los residuos urbanos e industriales, contribuye en la descomposición de la materia orgánica (MO) y es parte del paisaje (Torres et al., 2013, pp. 71-72).

1.1.6.1. Condiciones de formación de los suelos

La formación de los suelos depende de tres factores que son: el clima, la roca madre y la edad de los suelos. El clima es un factor común en todos los páramos, de hecho, es el principal factor en el proceso de formación de los suelos del páramo. Existen dos grupos de suelos debido a la roca madre, su diferencia radica en que unos están sometidos a las actividades volcánicas recientes y otros no tienen esa actividad (Podwojewski y Poulénard, 2000, p. 7).

1.1.6.2. Origen de los suelos de páramo

El páramo actual empezó a configurarse no hace mucho tiempo atrás, ya que la cadena montañosa de los Andes se elevó hace unos 40 millones de años, pero llegó a su altitud actual hace aproximadamente 4 millones de años. El páramo pasó por varios procesos evolutivos de adaptación, durante las épocas glaciales, la vegetación tendía a bajar y a subir en el período glacial e interglacial respectivamente, debido al ritmo de enfriamiento y calentamiento global (Hofstede et al., 2003, p. 92-93). Los suelos se han formado por meteorización, un proceso físico-químico de

alteración de las rocas que da lugar a la formación de nuevos minerales, material que se ha ido transformando en unión con la materia orgánica y con otros organismos del suelo. La velocidad de este cambio ha estado determinada por la acción de los organismos vivos, vegetación, clima, tiempo, relieve y el material parenteral de la Cordillera de los Andes (Llambí et al., 2012, pp. 183-185).

1.1.6.3. Condiciones climáticas

1.1.6.4. Rango altitudinal

Generalmente el ecosistema páramo se encuentra sobre los 3000 m.s.n.m. de altitud. Al hablar de altitud se está haciendo mención a la distancia vertical con respecto al nivel del mar, con dirección hacia arriba. Varias altitudes en una misma latitud determinan los caracteres del clima y los tipos de vegetación de ese lugar (Lombo, 2019, p. 20). En el Ecuador el páramo se ubica entre los 3.200 y los 4.700 m.s.n.m., que corresponde al límite inferior del piso glaciario (Camacho, 2013, p. 79).

1.1.6.5. Temperatura

Los páramos tienen un clima frío y húmedo, su temperatura promedio es baja, entre 0,5 °C y 0,7 °C por cada 100 m. de altitud, a partir de los 2000 m, y de esta condición depende básicamente la evolución de los suelos. La temperatura varía considerablemente en el día, más de 15 °C, con una gran radiación. La actividad biológica se reduce a temperaturas medias bajas, lo cual conlleva a la reducción en la mineralización de la materia orgánica, que a su vez da lugar a la acumulación de estas materias (Podwojewski y Poulenc, 2000, p. 7). La variabilidad de la temperatura está determinada por el gradiente altitudinal y la humedad del aire, que son influenciados por el clima local (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 10-12).

1.1.6.6. Precipitación

La mayoría de los páramos ecuatorianos son húmedos. Sobre ellos caen entre 500 y 2.000 mm de precipitación anual, lo cual genera impactos sobre el crecimiento de la vegetación natural y pasturas. Por lo general la cordillera Central recibe más lluvias que la Occidental (Camacho, 2013, p. 79). La precipitación en los páramos es sumamente variable, va desde 700 mm hasta 3000 mm por año, en casos más extremos puede llegar hasta los 6000 mm. La variabilidad de las precipitaciones a gran escala depende de la cuenca del Pacífico y de la del Amazonas, en cambio, esta variabilidad en las precipitaciones a pequeña escala está influenciada por las variaciones en la dirección y velocidad del viento. Las precipitaciones brindan un aporte a los páramos, humedad, neblina, y lloviznas (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 11).

1.1.6.7. Humedad relativa

La humedad del páramo es producto de las precipitaciones, sin embargo, existen zonas en que los páramos reciben fuertes vientos con poca humedad, lo que da lugar a un microclima árido, donde el desarrollo del suelo se torna débil, formando arenales. El agua del suelo de los páramos está sometida al potencial hídrico, que es la presión que genera el desplazamiento del agua desde los puntos de mayor potencial a los de menor potencial, lo cual permite que el agua sea expulsada o retenida (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 45).

1.1.6.8. Calidad del suelo

La calidad del suelo tiene que ver con su acidificación, ya que el pH tiene una gran implicación en la fertilidad, por ello en la evaluación del suelo se debe indagar si amerita el incremento de insumos orgánicos (Mena et al., 2011, p. 104). Una disminución en la profundidad del suelo refleja una desmejora en su calidad, lo que a su vez genera una reducción de su funcionalidad y en sus servicios ecosistémicos, razón por la que al evaluar el suelo se deben considerar la textura, variación espacial y posición topográfica (Zúñiga et al., 2018, p. 188). Existen dos tipos de calidad del suelo, una que está definida por las características y que no cambia fácilmente con el paso del tiempo, es la calidad inherente, y otra que está influenciada por variables edáficas que tienden a cambiar, ésta es la calidad dinámica o salud del suelo. La calidad del suelo puede cambiar en un corto plazo según las prácticas de conservación o el uso (Cárdenas, 2015, p. 24).

1.1.6.9. Indicadores de la calidad del suelo

Los indicadores de calidad son variables que pueden ser medidas cualitativa o cuantitativamente, arrojan información sobre el funcionamiento de un suelo. Los mejores indicadores son las propiedades del suelo porque influyen de manera significativa sobre la capacidad del mismo (Cárdenas, 2015, p.25). Los suelos se pueden evaluar mediante indicadores porque reflejan los cambios en la capacidad del suelo y en su función. Éstos son las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, las cuales deben de cumplir ciertas condiciones, como:

Integrar propiedades químicas, biológicas y físicas, describir los procesos del ecosistema, ser sensitivos a variaciones del clima y de manejo, ser aplicables a condiciones de campo, centrarse en aspectos prácticos y claros, reflejar los atributos que se quieren medir, ser reproducibles, ser fáciles de entender, ser sensibles a los cambios que se producen en el suelo, tener una alta correlación con los procesos del ecosistema y ser relativamente fáciles de medir en el campo (García et al., 2012, p. 130).

1.1.6.10. Propiedades del suelo del páramo

Los suelos de los páramos tienen propiedades biológicas, químicas, físicas, y un número infinito de propiedades específicas, éstas difieren de un tipo a otro, de allí que ha establecido la clasificación de los suelos en base a la similitud en sus propiedades (Lahuatte y Recalde, 2015, p.19). La capacidad reguladora que tiene el suelo depende de sus propiedades, mismas que han sido degradadas por actividades antrópicas (Lahuatte y Recalde, 2015, p.1).

1.1.6.11. Propiedades biológicas

Integran numerosos factores que afectan la calidad del suelo, mismos que transportan y mezclan el suelo, afectan directamente a los procesos ya que incorporan varios materiales. Estas propiedades varían en función de las características predominantes del lugar (García et al., 2012, p. 132).

1.1.6.12. La actividad biológica de los suelos

El suelo cumple varias funciones, respira, origina humus y nitrifica, además por ser parte de la biósfera se encuentra ampliamente poblado de organismos, su actividad facilita la disponibilidad de nutrientes, e incluso puede generar problemas de toxicidad. Por ello los estudios desarrollados por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) han apartado un espacio para el análisis de su actividad biológica, otorgándole prioridad a los organismos que habitan y a los procesos que realizan (FAO, 2021).

1.1.6.13. Materia orgánica del suelo

Es la materia que está compuesta por restos de organismos vivos formando parte del suelo. Es una fuente de nutrientes como el P, N y S, por lo que contribuye al crecimiento de las plantas, se la llama humus y es utilizada para mejorar la labranza porque retiene la humedad y aireación, los suelos con gran cantidad de esta materia tienen mayor capacidad de retención de líquidos autor, año, p. Esta materia al descomponerse provee de nutrientes a la vegetación, especialmente de nitrógeno y mejora la estructura de las plantas. La materia orgánica depende de la complejidad química del suelo y de su grado de protección. La escasez de esta materia en el suelo ocasiona que su estructura se degrade y que la plantación no tenga un buen desarrollo (Gualán y Orbe, 2019, p.28).

1.1.6.14. *Biología del suelo*

El suelo constituye el habitat perfecto para el desarrollo de microorganismos, ya que su estructura es un entramado, colonias de estos seres vivos pueden crecer siempre con la intervención conjunta del agua y aire autor, año, p.. Es esencial conocer la biología del suelo del páramo porque los organismos que habitan en él se encargan de varias funciones entre ellas de proporcionar minerales (Asociación Vida Sana, 2011, p. 6), de regular los ciclos de la materia orgánica, de los nutrientes, de la fertilidad y de restablecer el suelo, además tanto los organismos mayores como menores ayudan a la descomposición de las rocas, mejorando las condiciones del suelo (Cárdenas, 2015, p. 38).

1.1.6.15. *Importancia de los microorganismos presentes en el suelo del páramo*

En las últimas décadas ha ido creciendo el interés por estudiar el microbiota de la filosfera por las interacciones microbianas y por el potencial de estos microorganismos. Se han realizado estudios destinados a entender como estos seres interactúan, cómo se adaptan al ambiente y sus beneficios para el ecosistema páramo (Ruíz et al. 2016, p. 1807). Para mantener el buen funcionamiento del páramo es esencial la diversidad microbiana, ya que de ésta dependen los ciclos biogeoquímicos, la descomposición de la materia orgánica y el flujo de energía, de allí que es necesaria la protección de esta diversidad para la sostenibilidad del ecosistema páramo (Avellaneda et al., 2020, p.

El clima tiene mayor impacto sobre las comunidades microbianas que el uso del suelo, pues hubo cambios estadísticamente significativos en el microbiota en la temporada de lluvias y en la estación seca (Avellaneda et al., 2020, p. 18).

Adicionalmente se han constatado relaciones entre variables ambientales y algunos microorganismos, seguramente porque cada especie tiene su propia capacidad de adaptación y de crecimiento, tal es el caso de la especie *Micrococcus lylae* que necesita de mucha humedad para su crecimiento (Roa y Forero, 2021, p. 674). Con el hallazgo de nuevos microbiomas y su ecología funcional se quiere direccionar hacia la bioprospección para identificar a microorganismos, enzimas o compuestos relevantes para la industria o remediación (Ruíz et al., 2016, p. 1807).

El microbiota es de suma importancia para el suelo del páramo porque participa en procesos dinamizadores de nutrientes como la solubilización de fosfatos, la fijación del nitrógeno, así como en la degradación de compuestos carbonatos, es decir entre los beneficios más relevantes de los microorganismos se pueden mencionar el de contribuir al desarrollo de los vegetales, otorgar estabilidad al suelo, ayudar a la fertilidad del suelo pues influye en el contenido de materia

orgánica (Lizarazo y Gómez, 2014, p.176). Roa y Forero (2021, p. 671). Indica que, la importancia del microbiota para el páramo radica en que las diferentes especies poseen ciertos atributos o funciones que contribuyen al buen funcionamiento de este ecosistema, así, la especie *Oerskovia* spp tiene un gen que codifica la 1,4-b -cellobiosidasa, además, está presente en el genoma que convierte la celulosa en 1,4-b -D-glucano. La especie *Corynebacteriu maquiatricum* cuenta con un gran potencial para ofrecer indicadores muy útiles de madurez en la rizosfera. El microorganismo *bacillus brevis* es muy recomendado para la producción y para el desarrollo de biofertilizantes ya que tiene un rol importante en el ciclo del carbono y nitrógeno. La especie *Micrococcus luteus* tiene propiedades que la hacen de gran utilidad para la biorremediación y promueve el crecimiento de las plantas. Los microorganismos que pertenecen a la especie *Micrococcus lylae* tienen la capacidad de producir anaeróticamente glicerol, glucosa, hidrólisis de esculina y la conversión de nitrato en nitrito.

Macroorganismos: son animales que habitan en el suelo y son visibles, pertenecen a grupos diferentes como mamíferos, moluscos, anélidos y artrópodos. Algunos mamíferos como los topos y roedores contribuyen al buen funcionamiento del páramo, porque fabrican redes de galerías permitiendo un buen drenaje y aireación de los suelos. A este grupo se incluyen las raíces de las plantas porque son seres vivos que constituyen una fuente de alimentos para otros organismos (Asociación Vida Sana, 2011, p. 5).

Microorganismos: tienen una gran versatilidad bioquímica por lo que actúan como intermediarios entre los minerales y los organismos vivos, cumplen un rol importante en la fertilidad de los suelos, en realidad son la base de toda la productividad, ya que poseen innumerables reacciones metabólicas lo cual permite incorporar los materiales del suelo en el mundo viviente. Los microorganismos son necesarios para la vegetación porque proveen minerales indispensables para su desarrollo, benefician a las plantas estableciendo relación con sus raíces (Asociación Vida Sana, 2011, pp. 5-14) y además son indicadores de la calidad microbiológica de los suelos (Beltrán y Lizarazo, 2013, p. 130). Los microorganismos desempeñan un rol bioquímico, regulan los ciclos biogeoquímicos, además degradan compuestos contaminantes, reciclan materia orgánica (Hofstede et al., 2003, p. 49) su accionar se resume en tres funciones relevantes: transforman la materia orgánica, solubilizan los minerales, fijan el nitrógeno (Asociación Vida Sana, 2011, p. 4).

Bacterias: es el grupo más relevante para el suelo porque cuenta con una capacidad ilimitada para aumentar en número, por lo que éste varía ya que depende de las condiciones del suelo y de la disponibilidad de alimento. Existen bacterias autótrofas y heterótrofas, las primeras obtienen la energía de la oxidación de compuestos minerales y las segundas adquieren su carbono y energía de la materia orgánica del suelo. Las bacterias intervienen en todas las transformaciones orgánicas

del suelo a fin que pueda sostener plantas superiores, son indispensables para la nitrificación y fijación del nitrógeno atmosférico, así como para la oxidación del azufre (Cárdenas, 2015, p. 38-39). Por ejemplo, las bacterias *Rhizobium* y *Azotobacter* se encargan de la fijación del nitrógeno atmosférico (Asociación Vida Sana, 2011, p. 21-22).

Hongos: crecen sobre las raíces y coadyuvan al desarrollo de la vegetación, tienen un efecto benéfico en el cultivo ya que actúan como fungicidas por lo que se los debe incorporar a la tierra antes de la siembra. El hongo *trichoderma harzianum* es un habitante natural, es un agente de biocontrol ya que algunas de sus especies producen enzimas que inhiben a hongos fitopatógenos que afecta a los cultivos de interés comercial como son el tomate, el maíz, la cebolla, el trigo, el frijón. Es compatible con insecticidas químicos, herbicidas, insecticidas biológicos, fertilizantes de acción ácidas, pero cabe mencionar que no tiene compatibilidad con productos desinfectantes ni con fungicidas (Cunalata, 2014, pp. 27-29).

1.1.7. Respiración del suelo

Es el proceso o ciclo de oxidación de la materia orgánica del suelo hasta la formación del dióxido de carbono, es muy variable porque influyen condiciones como la temperatura, oxígeno disuelto, nutrientes y humedad. En este proceso participan organismos aeróbicos presentes en el suelo como raíces vivas y microorganismos, y también macroorganismos como insectos, lombrices o nemátodos (Cárdenas, 2015, p. 39). En el páramo la respiración del suelo es más baja que en otros lugares posiblemente por la alta humedad (Peña et al., 2016, p. 364).

1.1.7.1. Propiedades químicas

Los indicadores químicos afectan a la relación suelo- planta, a la calidad del agua, a la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos, y a la capacidad amortiguadora del suelo (Cárdenas, 2015, p. 29). Entre estas propiedades están la disponibilidad de nutrientes que tiene el suelo, como el carbono orgánico, el nitrógeno, etc., el pH, la conductividad eléctrica, y la capacidad de intercambio catiónico (García et al., 2012, p. 131).

1.1.7.2. Reacción pH

Mediante el valor pH se puede cuantificar el grado de acidez o basicidad del suelo, el pH por si mismo no influye directamente sobre las plantas, su influencia es de tipo biológico ya que afecta a los microorganismos del suelo y es de tipo químico también porque determina la disponibilidad de ciertos nutrimentos presentes en el suelo que son necesarios para las plantas (Cárdenas, 2015, p. 29). El pH o potencial de hidrógeno determina el grado de adsorción de iones (H⁺) por las

partículas del suelo, por lo que es el indicador de la acidez o alcalinidad del mismo, además se lo considera el principal indicador de la disponibilidad de nutrientes, y de él dependen otros parámetros, entre ellos la solubilidad, movilidad, disponibilidad y otros (FAO, 2021).

1.1.7.3. Potenciometría

Es un método instrumental de ensayo o un método volumétrico que representa una herramienta esencial para el análisis químico de una solución ya que tiene por fundamento medir las propiedades químicas y físicas, e involucra todas las propiedades electroquímicas, lo que permite conocer la concentración del analito. Es un método analítico electroquímico que se basa en la medida de la diferencia de potencial entre electrodos sumergidos en una solución, donde el potencial de uno de electrodos es la función de la concentración de determinados iones de dicha solución. Esta medida permite obtener de forma precisa la concentración de una sustancia y seguir su evolución en una reacción química (Trujillo et al., 2014, p 4- 5).

1.1.7.4. Capacidad de intercambio catiónico CIC

Se refiere a una medida de la cantidad de cargas negativas presentes en los componentes orgánicos del suelo como son la materia orgánica, sustancias húmicas y arcillas, y en las superficies de los minerales, representa la cantidad de cationes de Na, K, Mg, Ca, etc., que las superficies pueden retener, en otras palabras, indica la habilidad del suelo de retener cationes. La capacidad de intercambio catiónico CIC es medida en centimoles de carga por kg de suelo cmol/kg o meq/100g de suelo., cuando los valores son bajos refleja que el suelo es pobre en materia orgánica o que es de textura arenosa (FAO, 2014, p. 28). Mientras más pequeñas sean las partículas más será la capacidad de cambio, la magnitud de esta capacidad es fundamental para las propiedades del suelo (Cárdenas, 2015, p. 32).

1.1.7.5. Conductividad eléctrica

Es la capacidad que tiene un cuerpo para conducir la corriente eléctrica, es decir que permite el paso de corriente por medio de las partículas cargadas. La conductividad eléctrica en el suelo es la medida de la corriente que pasa mediante la solución del suelo, en cambio en una solución la conductividad es igual al contenido de sales disueltas en dicha solución. La conductividad esta influenciada por la combinación de propiedades físico-químicas del suelo (Cárdenas, 2015, p. 31).

1.1.7.6. Conductimetría

Es un método de gran importancia por su aplicabilidad en disoluciones con características de

elevada dilución y coloreadas, en las que el cambio de pH en el punto de equivalencia experimental se torna insuficiente para un punto final bien definido. Cabe indicar que es fundamental conocer la conductividad porque es el flujo de corriente que surge de la aplicación de una fuerza eléctrica dada, y depende básicamente del número de partículas cargadas que contiene dicha disolución (Cáñez et al., 2011, p. 166).

1.1.7.7. Nutrientes para las plantas

La vegetación de los páramos requiere de 16 nutrientes esenciales para su crecimiento, dependiendo de la cantidad necesaria se los ha clasificado en macro y micronutrientes. Los macronutrientes son los que se requieren en grandes cantidades y éstos son el C, H, N, P, K, Ca, Mg y S (Mena y Ortega, 2020, p. 9). Las plantas también requieren de nutrientes en pequeñas cantidades, de allí su nombre micronutrientes, éstos son el Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo y Cl. Los dos tipos de nutrientes son tan importantes para el desarrollo normal de las especies vegetales, porque están condicionadas por la concentración de nutrientes en el suelo (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 38-39).

1.1.7.8. Macronutrientes

Son elementos de gran importancia para los vegetales ya que suministran energía que coadyuva a su desarrollo y a su supervivencia, se conforman por elementos primarios como el N, P y K (Mena y Ortega, 2020, p. 9). Los macronutrientes son: C, H, N, P, K, Ca, son tan esenciales que las plantas los requieren en grandes cantidades (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 38).

1.1.7.9. Micronutrientes

Los micronutrientes generan gran impacto en los cultivos, cada uno contribuye a una función diferente, el exceso o carencia de uno de ellos puede dar lugar a la pérdida total o parcial del cultivo, por esta razón es fundamental realizar un análisis de agua, suelo y tejidos (Reho, 2018, párr 9). Son esenciales para el desarrollo vegetal y para su reproducción (Mena y Ortega, 2020, p. 8). Y son igual de indispensables que los macronutrientes para mantener el buen estado de las plantas y evitar desórdenes fisiológicos (Godoy et al., 2013, p. 11).

El desarrollo de la diversidad vegetal está condicionado por la concentración de nutrientes, los micronutrientes esenciales son Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, y Mo, sin embargo, su exceso puede dar lugar a toxicidad (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 39). Hay que recalcar que las plantas solo requieren de pequeñas cantidades de estos nutrientes ya que el exceso de un micronutriente generará un efecto

perjudicial para el cultivo e incluso para el siguiente. Muchas de las veces las deficiencias de los micronutrientes en los suelos son causadas por un pH demasiado alto o demasiado bajo (Pereira et al., 2011, p. 32).

1.1.7.10. Propiedades físicas

Son las propiedades del suelo que pueden identificarse a simple vista o reconocerse al tacto fácilmente, mismas que influyen en el desarrollo de los vegetales, las principales son la estructura, la textura, la porosidad, el color, la permeabilidad. Estas propiedades indican la facilidad de preparación del terreno, la circulación del aire, y la velocidad de infiltración del agua (Godoy et al., 2013, p. 9-10).

Existe una gran variedad de indicadores físicos de la calidad del suelo, mismos que varían según las características que predominan en el lugar, estos indicadores revelan la capacidad del suelo para absorber agua, así como para retenerla y transmitirla a la vegetación, y también ponen de manifiesto problemas en el crecimiento de las raíces, y la infiltración del agua relacionada con los poros y partículas (Cárdenas, 2015, p. 25).

1.1.7.11. Tipos de suelos del páramo

Algunos páramos se han desarrollado en un material parenteral de origen volcánico y otros sobre depósitos no volcánicos, aunque la mayoría de los suelos de páramo del Ecuador se han formado sobre depósitos de vulcanismo (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 53). Los suelos más comunes en los páramos son: andosoles, histosoles, y entisoles, mientras que los suelos sobre depósitos volcánicos son: el andosol vítrico, andosol alofánico, y andosol no alofánico (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 52-54).

Andosoles: son suelos que se encuentran a 3000 m.s.n.m., con una estructura muy estable, son producto de depósitos volcánicos como ceniza, pumita, tobas, tienen arcillas amorfas, tienen una alta tasa de retención de agua, es el tipo de suelo más común en los páramos andinos (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 52). Se forman sobre las cenizas volcánicas, su nombre viene del término japonés AN-DO que significa suelo negro, tiene un grado de alteración muy rápida por su composición con gran parte de vidrios (Asanza y Barahona, 2015, p. 16).

Histosoles: Conocidos como suelos de pantano o turba, están formados por materiales orgánicos poco descompuestos, tienen mayor capacidad de retención de agua que los andosoles, presentan alto contenido de carbono orgánico, se caracterizan por tener almohadillas, es el segundo grupo de suelo más importante en los páramos andinos (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 53).

Entisoles: son suelos poco evolucionados, con poca profundidad, no se han desarrollado por completo, se han formado a partir de material rocoso y mediante la remoción de algunos minerales, son jóvenes (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 53).

Andosol vítrico: son de color negro y de textura gruesa ya que se encuentran sobre depósitos volcánicos (Cárdenas, 2015, p. 17) son fértiles y tienen abundantes minerales primarios, pero no tienen gran capacidad de retención de agua, por su textura arenosa, su contenido de carbono es inferior a la de los andosoles, tienen una edad menor a 2000 años. Son suelos característicos de zonas cercanas a los volcanes activos y de zonas cercanas a los arenales del Cotopaxi y Chimborazo (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 54).

El andosol alofánico: son suelos que se encuentran sobre depósitos volcánicos antiguos, con minerales paracrystalinos, son fértiles, pero con escasez de azufre y fósforo, tienen exceso de humedad (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 54). Su fertilidad depende de la edad y de su estado de alteración, que se manifiesta en cationes intercambiables (Asanza y Barahona, 2015, p. 19).

El andosol no alofánico: son suelos que están formados principalmente de aluminio y materia orgánica, con una gran capacidad de retención de agua, de 100 a 200 gramos de agua por cada 100 gramos de suelo seco. De igual manera su capacidad de retención de carbono es sumamente elevada, de 20 a 100 gramos de carbono por cada 100 gramos de suelo seco. Se encuentran sobre depósitos volcánicos en paramos como el Ángel (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 54). Tienen una alta fijación de fósforo por las reacciones que lo hacen insoluble y no disponible para los vegetales (Cárdenas, 2015, p. 17).

Suelos sobre depósitos no volcánicos: tienen una capa oscura muy rica en materia orgánica, con una alta tasa de arcillas mineralógicas, con una gran capacidad de retención de agua que supera el 100%, sus horizontes superficiales tienen tonalidades naranjas con manchas grises y rojas debido al proceso de óxido reducción del hierro (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 55).

1.1.7.12. Efectos de la cobertura vegetal en las propiedades biológicas, físicas y químicas

Los resultados de la investigación titulada *Effects of afforestation of a paramo grassland on soil nutrient status*, muestran que el cambio de la vegetación de los páramos puede afectar a las propiedades del suelo durante varias décadas y puede tener implicaciones para la productividad a largo plazo (Farley y Kelly, 2004, p.1). El cambio en la vegetación de los páramos genera sin duda una verdadera revolución, porque actúa sobre las propiedades de los suelos tornándolos más susceptibles a la degradación, acelera los procesos de descomposición de la materia orgánica, además, la plantación del páramo ocasiona un impacto en el suelo por ser un subsistema de los

ecosistemas terrestres, alterando su estructura y su funcionalidad. De igual manera, el cambio en las especies vegetales y uso del suelo tiene serias implicaciones en el equilibrio del resto de ecosistemas porque la materia orgánica interviene en la estructuración de suelo (Quichimbo et al., 2012, p. 139).

1.1.7.13. *Restauración ecológica de suelos*

Es una actividad planificada con la intención de recuperar los componentes de un ecosistema degradado, mediante la aplicación de técnicas y estrategias. Es importante la restauración ecológica por varias razones, para el desarrollo normal de las especies que habitan en el lugar, para la protección de las cuencas, para mitigar el cambio climático y para la investigación, ya que conlleva a una mejora en las condiciones ambientales y en la calidad de servicios ecosistémicos (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 56). En el proceso de recuperación de un ecosistema es necesario contar con la trayectoria del lugar a fin de conocer los usos del suelo en el pasado y en el presente, se debe hacer un análisis exhaustivo de ciertos parámetros como, la riqueza de las especies, la composición, las funciones ecosistémicas, y obviamente se debe evaluar el estado actual del ecosistema para detectar los factores que ocasionan el desperfecto (Vargas, 2011, p. 225).

Existen dos tipos de restauración, pasiva y activa, la primera implica eliminar ciertas actividades del lugar como la quema, la tala, la ganadería y la caza, para que los procesos ecológicos se recuperen por sí mismos, en cambio, la segunda consiste en alterar el estado químico o físico del ecosistema removiendo barreras abióticas, lo cual genera costes porque se recurre a la fertilización, a la introducción de plantas, etc. (Lahuatte y Recalde, 2015, pp. 57-58).

1.1.7.14. *Flora del páramo*

El ecosistema páramo presenta una amplia vegetación, cuenta con especies como: 14 leguminosas, 90 gramíneas, 169 plantas con importancia forrajera, 28 plantas compuestas, y 37 pertenecientes a *Equitaceas*, *Rosaceas*, *Liliaceas*, *Oxalidaceas*, *Ciperaceas*, *Scrophulariaceas*, *Arbustivas*, *Plantaginaceas*, *Poligonaceas*, *Orchideaceas*, *Gentianaceas* y *Ranunculaceas*. (Fiallos et al., 2015, p. 407) La mayoría de plantas son mechones de gramíneas, arbustos pequeños, rosetas de tierra, vegetación acuática, grandes rosetas, y plantas cojín. La vegetación cumple con algunas funciones entre ellas el proteger a los suelos de la radiación, el proveer de hojarasca para la formación del suelo, el prevenir la erosión mediante las raíces de las plantas que estabilizan los suelos, el incrementar el rendimiento hídrico porque su consumo de agua es bajo, de igual manera su evapotranspiración es baja y el aportar neblina (Lahuatte y Recalde, 2015, p. 9).

La flora del páramo está constituida por plantas herbáceas, arbustos, árboles enanos, musgos, pastos, vegetales perennes, y líquenes, sus hojas están recubiertas con finas y abrigadas pelusas, en este ecosistema predomina la vegetación arbusto o matorral. Estas plantas tienen una gran capacidad de adaptación, soportan la alta radiación solar durante todo el día, las bajas temperaturas nocturnas, la sequía severa y estacional, muchos arbustos cuentan con hojas resistentes y duras lo que les permite el crecimiento durante todo el año y mantener sus hojas verdes. (OVACEN, 2018, párr 17-20). El páramo incluye varias plantas, que presentan estructuras xeromórficas para su adaptación al clima frío, sin embargo, la diversidad de formas de vida disminuye con la humedad (Sierra, 1999, p. 46).

1.1.7.15. *Tipos de páramo*

Han definido algunos tipos de páramos en función de ciertos parámetros, a estas divisiones Sierra considera formaciones vegetales, las han clasificado según el tipo de vegetación, por las familias de plantas, por los ambientes físicos, por la distribución de las especies, por la temperatura y por el tipo fisionómico de la vegetación (Sierra, 1999, p. 27).

1.1.7.16. *Páramo húmedo o pantanoso*

Se lo llama húmedo porque se encuentra en zonas con exceso de agua la mayor parte del año, donde predominan especies siempreverdes. Su vegetación es densa, y muy pocas plantas son espinosas. Estos ecosistemas tienen mayores especies y formas de vida que los páramos secos, en él abundan las palmas, bejucos y lianas, además siempre se encuentran las almohadillas, los licopodios y plantas arrosetadas (*Puya*, *Espeletia*) en este tipo de páramo (Sierra, 1999, p. 49).

1.1.7.17. *Páramo de almohadilla*

A algunos páramos se los ha catalogado así porque son ecosistemas con gran presencia de almohadillas y plantas de menos de 30 cm. de altura, que están agrupadas a manera de pequeños montículos (Sierra, 199, p. 51). El mismo autor manifiesta que este tipo de páramo se encuentra en altitudes entre 4.000 y 4.500 m.s.n.m. Las hierbas en penacho son reemplazadas por hierbas de varios tipos, plantas en roseta, arbustos especialmente en los páramos más húmedos

Las plantas almohadillas que lo caracterizan pertenecen a muchas familias diferentes como *A. aretioides*, *Azorella pedunculata*, *A. corimbosa* (Apiaceae), así mismo especies de las familias *Ericaceae*, *Plantaginaceae*, *Apiaceae*, *Brassicaceae*, *Geraniaceae* y *Juncaceae*. Pero también se encuentran plantas no almohadilladas, entre ellas: *Loricaria* sp., *Baccharis* spp, *Culcitium* spp.,

Diplostephium rupestre, *Chuquiraga jussieu*, *Oritrophium* spp., *Senecio* spp., *Werneria* spp. (Asteraceae), *Werneria humilis*, *W. nubigena*; *Halenia* spp. (Asteraceae); *Distichia acicularis* (Juncaceae); *Isoëtes* spp. (Isoetaceae); *Huperzia llanganatensis*, *Huperzia hypogea*, *Lycopodium* spp. (Lycopodiaceae); *Jamesonia* spp. (Pteridaceae); *Plantago rigida* (Plantaginaceae); *Draba aretioides* (Brassicaceae); *Hesperomeles obtusifolia* var. *microphylla*, *Lachemilla orbiculata* (Rosaceae); *Viola* spp. (Violaceae); *Valeriana* spp. (Valerianaceae); y varias especies del musgo *Sphagnum* (Sierra, 1999, pp. 97 - 98).

1.1.7.18. Páramo arbustivo

Se encuentra sobre los 3.100 m.s.n.m. Las hierbas en penacho son reemplazadas por arbustos, hierbas de varios tipos, plantas en roseta y, especialmente en los páramos más húmedos, por plantas en almohadilla. Pequeños árboles de los géneros *Polylepis* y *Escallonia* pueden ocurrir. Entre la flora que lo caracteriza se encuentran las especies: *Azorella pedunculata*, *A. aretioides*, *A. corimbosa* (Apiaceae); *Baccharis* spp., *Culcitium* spp., *Chuquiraga jussieu*, *Diplostephium rupestr*, *Loricaria* sp.; *Oritrophium* spp., *Senecio* spp., *Werneria humilis*, *W. nubigena* (Asteraceae); *Draba aretioides*, *Draba* sp. (Brassicaceae); *Siphocampylus asplundii* (Campanulaceae); *Gentiana* spp., *Halenia* spp. (Gentianaceae); *Isoetes* spp. (Isoetaceae); *Distichia tolimensis* (Juncaceae); *Lupinus alopecuroide* (Fabaceae); *Lycopodium* spp. (Lycopodiaceae); *Plantago rigida* (Plantaginaceae); *Jamesonia* spp. (Pteridaceae); *Lachemilla orbiculata* (Rosaceae); *Valeriana* spp. (Valerianaceae); *Viola* spp. (Violaceae); *Sphagnum* spp. (Sphagnaceae) (Sierra, 1999, p. 110).

1.1.7.19. Páramo de herbáceo

Los páramos herbáceos (pajonales) ocupan la mayor parte de las tierras entre los 3.400 y 4.000 m.s.n.m. En su límite inferior se encuentra la Ceja Andina arbustiva o, frecuentemente, campos cultivados donde el bosque andino ya ha sido deforestado. Estos páramos están dominados por hierbas en penacho (manejo) de los géneros *Calamagrostis* y *Festuca*. Estos grupos de hierbas generalmente se entremezclan con otro tipo de hierbas y pequeños arbustos (Sierra, 1999, p. 89).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Caracterización del lugar

Área de estudio: El páramo del cantón Tisaleo se encuentra ubicado a 5 km al sur oeste de la cabecera cantonal y comprende las comunidades denominadas El Chilco y El Calvario.

Se realizó una georreferenciación con el GPS y con la ayuda del programa ARC MAP.21 se digitalizó el mapa.

2.1.1. Ubicación geográfica*

El páramo de Tisaleo que corresponde a esta investigación con coordenadas geográficas UTM WGS 84 17S Latitud (X): 755534 y Longitud (Y): 9846995 a una altura de 3743 m.s.n.m.

*Datos tomados por la autora con la utilización de GPS, 2021.

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales

Barreno, azadón, balde, regla, fundas, etiquetas, estacas, banderines, fundas de papel, libreta de campo, guantes, mandil, cajas Petri, pipetas, tubos de ensayo, medios de cultivo PDA (Papa-Dextrosa Agar), balanza, agua destilada estéril, alcohol industrial (70%).

2.2.2. Equipos

Autoclave, Estufa, Cámara de Flujo Laminar, Computador, cámara fotográfica,

2.3. Metodología

2.3.1. Para cumplir con el Objetivo 1 Georreferenciación

El estudio se realizó en un páramo localizado en las comunidades de El Chilco y El Calvario del cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua, en la república del Ecuador. El rango altitudinal del área de estudio fluctuó entre 3824 y 4277 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se empleó un GPS de última generación marca SAMSUNG digital con un rango de error de 10 cm. Los datos

obtenidos fueron 24 y fueron pasados a una tabla Excel en la que se indicaba altitud, latitud y longitud. Posteriormente estos datos se digitalizaron en el Programa ARC MAP 10.8 versión 23 y con la Ortofoto facilitada por la responsable del departamento Ambiental del Frente Sur Occidental, se realizó el Mapa.

2.3.2. Para cumplir con el Objetivo 2. Realizar la caracterización física y química del suelo.

2.3.2.1. Fase de campo y laboratorio para Densidad Aparente

- Se realizó una calicata de 75 cm x 75 cm, con una profundidad de 1m, mediante el método del cilindro (Rojas, 2012).
- Se introdujo un cilindro biselado de volumen conocido en el suelo, enrasando el suelo con los bordes, se secó la muestra en estufa a 105° C hasta peso constante y se obtuvo su valor de la siguiente manera:

$$D_{Ap} \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{peso suelo seco (g)} \times 100}{\text{volumen del cilindro (cm}^{-3}\text{)}}$$

2.3.2.2. Fase de laboratorio

- Para conocer el **color, textura y plasticidad** se recogió una muestra de 1 kg y se colocó en una funda plástica, posteriormente se etiquetó y selló dicha funda, para enviar al laboratorio de suelos TOX-CHEM
- Se identificó el color del suelo mediante una tabla de Munsell.
- Se determinó la plasticidad y la densidad real en gr/cm³ a través del método interno del Laboratorio.
- Se determinó la textura del suelo mediante el método de Bouyoucos.

2.2.3. Químico

2.2.3.1. Fase de campo

Para la recolección de muestras se aplicó la metodología sugerida por el INIAP en 2016 la misma que consiste en:

- Recolectar una muestra de 1kg. de suelo localizada bajo los tres tipos de vegetación (herbáceo, arbustivo y almohadilla).
- La muestra estuvo compuesta de 50 submuestras de suelo tomadas a 10 cm bajo la cobertura

vegetal, con la utilización de un barreno que tipo de barreno tipo pala marca Truper

- Cada submuestra se colocó en un balde plástico de 8 l.
- Se procedió a mezclar las submuestras.
- Se realizó el pesaje de 1 kg de suelo con la utilización de una balanza digital gramera.
- Se procedió al enfundado y etiquetado de la muestra, dando a conocer la información de la fecha de recolección, nombre del responsable y peso.

2.2.3.2. Fase de laboratorio

La muestra preparada se envió al laboratorio de análisis químico AGRORUM. Se realizó la identificación de los parámetros enlistados a continuación, mediante los métodos de ensayo siguientes:

- XK003-Humedad 105 °C (UW) Método de referencia: C5110007 Gravimetría.
- XK123-Nitrógeno total (N) Método de referencia: método interno.
- XK01-Fósforo (P) (Olsen) (UW) Método de referencia: C5110080 Espectrofotometría UV-VIS.
- XK017-Calcio (Ca) (extracto acetato amónico) Método de referencia: Método Interno ICP-OES.
- XK018- Magnesio (Mg) (extracto acetato amónico) Método de referencia: Método Interno ICP-OES.
- XK016-Potasio (K) (extracto acetato amónico) Método de referencia: Método Interno ICP-OES.
- XK019-Sodio (Na) (extracto acetato amónico) Método de referencia: Método Interno ICP-OES.
- XK005- Materia orgánica (W&B) (UW) Método de referencia: C5110079 Titulación potenciométrica.
- XK151-Relación Calcio/Magnesio Método de referencia: Método interno por cálculo.
- XK152-Relación Magnesio/Potasio Método de referencia: Método interno por cálculo.
- XK153-Suma de bases disponibles Método de referencia: Método interno.
- XK157-Relación Carbono Nitrógeno Método de referencia: Método interno por cálculo.
- XK033-Microelementos extracción EDTA Método de referencia: Método Interno ICP-OES.
- XK015-Capacidad de intercambio catiónico efectiva Método de referencia: Método interno.
- XK148-Sulfatos (SO₄) (extracto CaCl₂) Método de referencia: Método interno.
- XK032-Boro (B) (extracto H₂O) Método de referencia: Método Interno ICP-OES.
- XK091-Cloruros Método de referencia: Método interno Dureza (Cálculo) Relaciones entre

bases Índice de Kelly o Relación Ca/Mg RAS (solo aplica para agua de riego, solución de suelo).

Para el tercer objetivo Cuantificación de microorganismos Cuantificar el contenido de microorganismos presentes en el suelo en tres tipos de cobertura vegetal: almohadillas, herbáceas y leñosas.

2.2.4. Variables

2.2.4.1. Variable Dependiente

Cantidad de microorganismos presentes en el suelo

2.2.4.2. Variable Independiente

Tipos de vegetación (herbáceo, arbustivo y almohadilla)

2.2.4.3. Fase de campo

- Se recolectaron tres muestras de 1kg. de suelo influenciada por tres diferentes tipos de vegetación (herbáceo, arbustivo y almohadilla).
- Cada muestra se conformó de 50 submuestras de suelo tomadas a 10 cm bajo la cobertura vegetal, con la utilización de un barreno tipo pala marca Truper
- Cada submuestra se colocó en un balde plástico de 8 l.
- Se procedió a mezclar las submuestras.
- Se realizó el pesaje de 1 kg de suelo con la utilización de una balanza digital gramera.
- Se procedió al enfundado y etiquetado de la muestra, dando a conocer la información del tipo de vegetación de la que provenían, la fecha de recolección, nombre del responsable y peso.

2.2.4.4. Fase de laboratorio

La fase de análisis de laboratorio biológico se describe a continuación:

- En primer lugar, se procedió a la desinfección del laboratorio, equipos y materiales.
- Se colocaron las muestran sobre hojas de papel bond para su secado al aire libre durante un periodo de siete días.

- Después se realizó la preparación del medio de cultivo PDA.
- Se llevó a la autoclave para el proceso de esterilización a una temperatura de 121 ° C, 1 Atmósfera de presión por 15 minutos.
- Las muestras de suelo se prepararon mediante el método de diluciones sucesivas con las siguientes concentraciones: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} .
- Se procedió a colocar el medio de cultivo en las cajas Petri y una vez solidificado se platearon las diluciones con tres repeticiones.
- Se etiquetaron y llevaron a estufa a una temperatura de 28 ° C, durante ocho días
- Se cuantificaron los microorganismos y sus datos se reportaron en UFC (unidades formadoras de colonia).

2.2.5. *Diseño experimental*

2.2.5.1. *Tipo de diseño experimental*

Para cumplir este objetivo se utilizó un Diseño Completamente Al Azar (DCA), donde los tratamientos fueron los tres tipos de suelos en base a su cobertura vegetal y las cinco concentraciones (Tabla 1), con tres repeticiones.

Tabla 1-2: Tratamientos

TRATAMIENTO (CONCENTRACIÓN)	MUESTRA (Tipo de vegetación)	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
10^{-1}	M1	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración 10^{-1}	10^{-1} M1
10^{-2}	M1	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración 10^{-2}	10^{-2} M1
10^{-3}	M1	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración 10^{-3}	10^{-3} M1
10^{-4}	M1	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración 10^{-4}	10^{-4} M1
10^{-5}	M1	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración 10^{-5}	10^{-5} M1
10^{-1}	M2	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración 10^{-1}	10^{-1} M2
10^{-2}	M2	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración 10^{-2}	10^{-2} M2
10^{-3}	M2	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración 10^{-3}	10^{-3} M2
10^{-4}	M2	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva	10^{-4} M2

TRATAMIENTO (CONCENTRACIÓN)	MUESTRA (Tipo de vegetación)	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
		concentración 10^{-4}	
10^{-5}	M2	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración 10^{-5}	10^{-5} M2
10^{-1}	M3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración 10^{-1}	10^{-1} M3
10^{-2}	M3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración 10^{-1}	10^{-2} M3
10^{-3}	M3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración 10^{-1}	10^{-3} M3
10^{-4}	M3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración 10^{-1}	10^{-4} M3
10^{-5}	M3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración 10^{-1}	10^{-5} M3

Realizado por: Machado, Estefany, 2022.

Tabla 2-2: Esquema de ADEVA.

Fuentes de variación	Fórmula	GL
Tratamientos	t-1	14
Error	(r-1) t	30
Total	rt-1	44

Realizado por: Machado, Estefany, 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Georreferenciación del área de estudio

Clasificación ecológica Según el (MAE 2017), el área de estudio está ubicada en la zona de vida del Bosque siempre verde montano alto (parte alta) y Estepa espinosa montano bajo (parte baja). El clima es frío, con una media que fluctúa entre 6 y 8°C, mientras que la precipitación promedio anual es de 900 mm

En la Tabla 1-3 se presenta el detalle de las coordenadas geográficas y altitud de los 24 puntos de muestreo desarrollo de la presente investigación:

Tabla 1-3: Coordenadas geográficas y altitud de los transectos.

Transecto	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
1	754961	9848516	3855
2	754727	9848420	3833
3	754623	9848420	3893
4	754494	9848428	3924
5	754414	9848284	3937
6	754340	9848157	3933
7	754105	9847942	3960
8	753961	9847803	4030
9	753768	9847600	4028
10	753500	9847333	4081
11	753402	9847103	4136
12	753291	9846906	4170
13	753197	9846815	4185
14	752510	9846545	4277
15	752705	9846216	4253
16	752282	9845899	4234
17	753159	9846686	4172
18	753060	9846612	4173
19	754131	9846410	4092
20	754377	9846466	4089
21	754598	9846305	4004
22	755424	9847605	3844
23	755559	9847126	3826
24	755464	9847421	3824

Realizado por: Machado, Estefany, 2022.

En el Gráfico 1-3 se presenta la ubicación de los 24 transectos en el páramo de las comunidades

de El Chilco y El Calvario, también consta la cabecera cantonal de Tisaleo y los territorios aledaños pertenecientes al cantón Ambato:

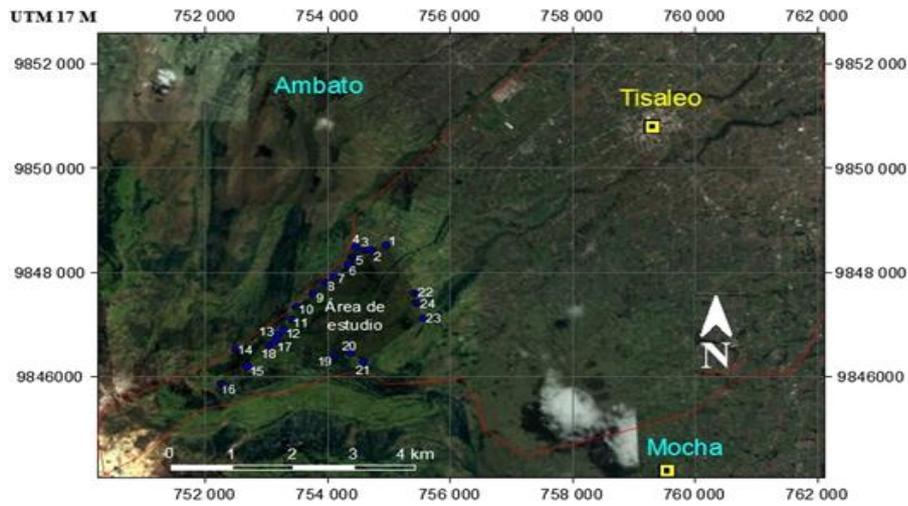


Gráfico 1-3: Localización del área de estudio en el cantón Tisaleo.

Realizado por: Machado, Estefany, 2022.

Los páramos están localizados en el barlovento de la Cordillera Occidental, caracterizada por ser una zona de clima frío húmedo, con frecuentes precipitaciones en el transcurso del año.

La flora dominante del área son: pajonales, almohadillas, algunas relictos de bosques *Polylepis incana* y otras especies nativas, y *Polylepis racimosa*, *Buddleja incana* y *Pinus pátul*, especies introducidas.

En cuanto a la población de personas residentes en las comunidades El Chilco y El Calvario, existen aproximadamente 215 y 132 familias, respectivamente. Los habitantes de las mencionadas comunidades tradicionalmente aprovechan el recurso hídrico existente en la zona para el consumo humano, actividades agropecuarias a través de regadío. Con respecto a los pajonales, en la antigüedad los residentes solían aprovecharlos para cubrir los techos de las casas de adobe y en la actualidad lo utilizan para cama de animales herbívoros. Adicionalmente se hace uso de la madera de los bosques, especialmente de pinos, para leña y para la elaboración de muebles.

3.2. Caracterización física y química del suelo

En la Tabla 2-3 se presentan los resultados del análisis físico del suelo y en la Tabla 3-3 se muestran los resultados del análisis químico. En cada uno de los casos se indican los parámetros, los resultados, las unidades de medición, los métodos de medición, los rangos óptimos y/o las observaciones correspondientes:

Tabla 2-3: Resultados del análisis físico del suelo.

Parámetro	Método de análisis	Unidad	Resultado	Observación
Densidad real	Gravimetría	g/cm ³	0.89	-
Plasticidad	Gravimetría	%	No presenta	-
Textura	Método de Bouyoucos	-	Arenoso franco	Arena: 84% Arcilla: 2% Limo: 14%

Fuente: Laboratorio AGRORUM S.A., 2022.

La densidad aparente tiene que ver con el desarrollo de los vegetales, los suelos que tienen densidades aparentes altas limitan el crecimiento de las raíces, por consiguiente la densidad representa un indicador fundamental al realizar la evaluación del suelo (Tabla 2-3).

En cuanto al color, los suelos del páramo comúnmente tienen un color oscuro, se van aclarando con la profundidad, los que tienen colores pardos, amarillentos y rojizos son bien aireados, los grises y manchados de verde azulados son suelos encharcados, los de color oscuro son más ricos en materia orgánica.

La textura se utiliza para clasificar suelos siguiendo el esquema propuesto por U.S.D.A (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), (Tabla 2-3) y se define de acuerdo a los porcentajes de sus componentes: Arena, limo y arcillas que lo componen. (James et al., 2012). Esta característica influye sobre la velocidad de infiltración del agua, la facilidad de preparación o laboreo del suelo, el drenaje (Flores et al., 2010, p. 10). Los suelos puramente arcillosos son los que más agua retienen y los arenosos los que menos. En este sentido, la textura representa el contenido de partículas de diferente tamaño en el suelo como la arena, el limo y la arcilla, y la facilidad con la que se puede trabajar el suelo, la velocidad con la que el agua penetra en el suelo, y la cantidad de aire y agua que son retenidos (Godoy et al. 2013, p.10).

Tabla 3-3: Resultados del análisis químico del suelo.

Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Criterio
Propiedades básicas				
pH	5.58	-	6.0 – 6.5	Fuertemente ácido
Humedad 105°C	3.72	%	-	Alto
Macronutrientes				
Materia orgánica	9.60	% s.m.s.	3.0 - 5.0	Alto
Nitrógeno (N)	0.380	% s.m.s.	0.21 – 0.40	Óptimo
Fósforo (P)	11.9	mg/kg s.m.s.	20.0 – 40.0	Bajo
Potasio (K)	165	mg/kg s.m.s.	78.2 – 156.4	Alto
Calcio (Ca)	1060	mg/kg s.m.s.	600.0 – 1200.0	Óptimo
Magnesio (Mg)	255	mg/kg s.m.s.	182.3 – 303.8	Óptimo
Sodio (Na)	46	mg/kg s.m.s.	11.0 – 23.0	Alto
Conductividad eléctrica	0.181	d/Sm	-	-
Micronutrientes				
Boro (B)*	< 0.25	mg/kg s.m.s.	0.2 – 0.4	Óptimo
Hierro (Fe)*	492	mg/kg s.m.s.	25.0 – 50.0	Alto
Cobre (Cu)*	7.3	mg/kg s.m.s.	2.0 – 3.0	Alto
Manganeso (Mn)*	89	mg/kg s.m.s.	5.0 – 10.0	Alto
Zinc (Zn)*	23	mg/kg s.m.s.	1.5 – 3.0	Alto
Molibdeno (Mo)*	< 0.1	mg/kg s.m.s.	0.2 – 5.0	Bajo
Azufre (S)*	8.35	mg/kg s.m.s.	10.0 – 20.0	Bajo
Cloruros (Cl)*	34.04	mg/kg s.m.s.	0.0 – 70.0	Óptimo
Relaciones entre las bases				
Carbono/Nitrógeno	14.87	-	8.5 – 11.5	Alto
Calcio/Magnesio	4.2	-	2.0 – 5.0	Óptimo
Magnesio/Potasio	1.5	-	2.5 – 15.0	Bajo
Suma de bases*	8.02	meq/100 g	5.0 – 25.0	Óptimo
Bases de cambio				
Capacidad de intercambio catiónico efectiva*	7.8	meq/100 g	5.0 – 25.0	Óptimo

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.

Fuente: Laboratorio AGRORUM S.A., 2022.

A partir del análisis físico del suelo (Tabla 2-3 y Anexo A) se determina que el color predominante es el pardo. Mediante ensayo de Gravimetría se establece que la densidad real es de 0,89 g/cm³ y que no presenta plasticidad. Así también, mediante el método de análisis de Bouyoucos se encontró que la textura del suelo es arenoso franco, con un 84% de arena, un 14% de limo y un 2% de arcilla.

De acuerdo a los resultados del análisis químico del suelo (Tabla 3-3 y Anexo A), mediante el

ensayo de Potenciometría se determinó que el nivel de pH es de 5,58 (bajo), el cual está fuera de los rangos óptimos (6,00 - 6,50) y que corresponde a un nivel categorizado como fuertemente ácido. La humedad media del suelo es de 3,72%, determinada mediante el ensayo de Gravimetría. En cuanto a los macronutrientes se identificaron niveles altos o que exceden los rangos óptimos de materia orgánica, sodio y potasio; mientras que el nivel de fósforo es bajo e inferior al rango óptimo; en tanto que, contenido de nitrógeno, calcio, magnesio se hallan en rangos óptimos. Con respecto a los micronutrientes existen niveles altos o que exceden los rangos óptimos de hierro, cobre, manganeso y zinc; contrariamente se detectaron niveles bajos e inferiores al rango óptimo de boro, molibdeno y azufre; mientras que los niveles de cloruros están en un rango óptimo. En referencia a la relación de las bases, se determinó que la relación carbono/nitrógeno es alta, las relaciones calcio/magnesio y la suma de bases se encuentran en niveles óptimos y la relación magnesio/potasio es baja. Finalmente, respecto a las bases de cambio, la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva se encuentra en un nivel óptimo.

Al revisar los antecedentes investigativos con respecto a la caracterización física y química de los suelos de páramo de la región Andina ecuatoriana, se han encontrado algunas publicaciones en las que se presentan los valores más usuales de los principales parámetros. En este sentido, los autores Zúñiga, Buenaño y Risco (2016) determinaron que el suelo del cantón Tisaleo tiene un pH medio de 6.15, que implica un nivel ligeramente ácido (p. 7). Mientras que en la presente investigación realizada exclusivamente en el suelo de páramo se determinó que el nivel de pH es de 5.58 que significa fuertemente ácido. Por su parte, los investigadores Podwojewski, Poulenard, Zambrana & Hofstede (2002) publicaron que el pH es de 4.7 en el páramo de Llangahua y La Esperanza en la provincia de Tungurahua, que significa un nivel fuertemente ácido (p. 49). Con estos antecedentes se corrobora lo observado en el presente estudio.

Los valores de pH son el factor ambiental determinante para el establecimiento de las poblaciones microbianas, aunque también influye el clima ya que sin lugar a dudas altera el pH y los nutrientes del suelo, pues el suelo pierde carbono orgánico y nitrógeno (Hernández y Lizarazo, 2015: p. 477) además la actividad microbiana se ve reducida por el clima húmedo y frío. En el proceso de descomposición de las bacterias en los suelos, se requieren de nutrientes y otras condiciones por lo que la vegetación de los páramos ha desarrollado adaptaciones con la presencia de micorrizas arbusculares y vesículo-arbusculares, hongos filamentosos, hongos solubilizadores de fosfato, bacterias promotoras de crecimiento y rizobacterias. Los hongos son de gran importancia para las plantas porque ayudan a la respiración vegetal y producen exudados que alteran el pH ácido, lo cual a su vez reduce el dióxido de carbono (Delgadillo, 2015: p. 7).

De acuerdo a Zúñiga, Buenaño y Risco (2016) en el suelo del cantón Tisaleo los niveles de

micronutrientes son medio-altos (p. 9), que concuerda con los resultados de la presente investigación, ya que la mayoría de parámetros presentaron óptimos o altos, conforme se muestra en la Tabla 3-3.

El Carbono es elemental para el desarrollo de la vegetación del páramo porque la vida orgánica se basa principalmente en las propiedades del átomo de carbono, de hecho (Granja, 2015, p. 8). El carbono se da de manera natural en la fotosíntesis y es una fuente de energía para las plantas, se encuentra presente en la glucosa y sacarosa (Chamorro, 2019, p.12).

El Nitrógeno es un macronutriente esencial para la composición del suelo, es almacenado de forma orgánica y es asimilable para la vegetación luego de pasar por la mineralización, la escasez de este elemento da lugar a plantas débiles, y su exceso puede acelerar el proceso de descomposición y el crecimiento microbiano (Gualán y Orbe, 2019, p. 32).

3.3. Cuantificación del contenido de microorganismos presentes en el suelo

La cantidad de colonias formadoras de microorganismos presentes en el suelo de cada uno de los tipos de vegetación es un indicador de gran repercusión en la valoración de la calidad biológica. A partir del análisis de varianza (Tabla 4) para cada uno de los tipos de vegetación del suelo se evaluó la existencia de diferencias significativas entre el número de colonias según el tipo de tratamiento (concentración del suelo).

Tabla 4-3: Análisis de varianza de las colonias presentes en el suelo bajo vegetación herbácea

Fuentes De Variación	GL	SC	CM	F
TRATAMIENTO	4	258145.6	64536.40	39.671**
ERROR	10	16268.00	1626.80	
TOTAL	14	274413.6		
CV	17.57%			
MEDIA GENERAL	229.6			

Realizado por: Machado, Estefany, 2022.

Con un coeficiente de variación de 17.57% y una media general de 229.6 UFC

Con la finalidad de representar los promedios del número de colonias del suelo según los tipos de vegetación y tratamientos, a continuación, se presenta un gráfico de barras con todas las medias correspondientes (figura 2-3).

Conforme la información del Gráfico 2-3 se observa que los suelos bajo el tipo de vegetación herbácea son los que tienen un mayor número de colonias formadoras de colonias. En cuanto al

tratamiento, se aprecia que los suelos bajo cobertura de herbáceas en todas las concentraciones presentaron más colonias que los restantes tres tratamientos.

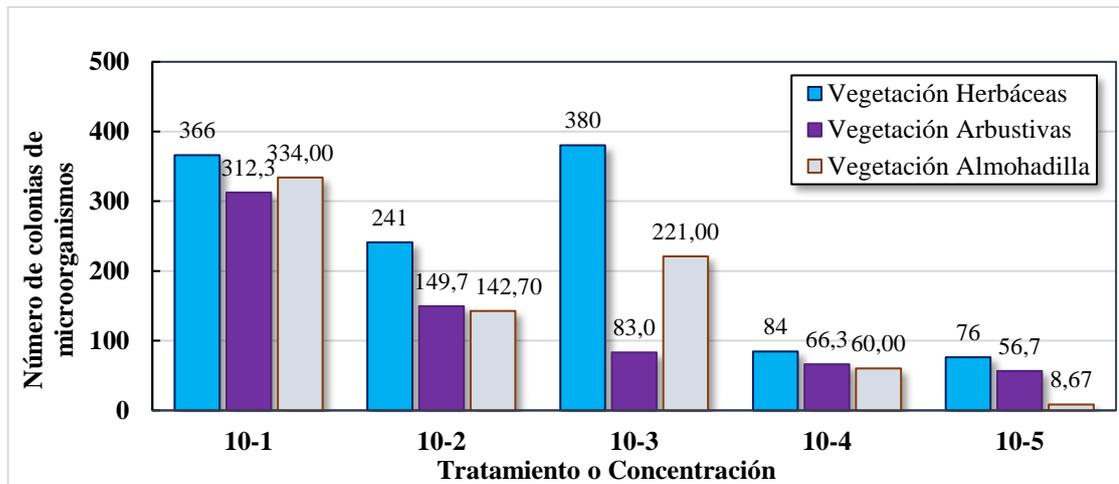


Gráfico 2-3: Promedio de colonias según el tipo de tratamiento y vegetación.

Realizado por: Machado, Estefany, 2022.

De acuerdo a la información de la prueba ADEVA y HSD de Tukey (Anexo E), para el suelo bajo tipo de vegetación herbácea los promedios del número de colonias de microorganismos fueron estadísticamente mayores que para las otras vegetaciones (almohadilla y arbustiva).

En la Tabla 4-3 se presenta el detalle de la cuantificación de las colonias en concentración según el tipo de vegetación. Se realizó el conteo para dicha concentración en vista de que fue la opción más viable hacerlo. Para la notación de la concentración se expresa mediante 10^{-5} .

Tabla 5-3: Cuantificación de las colonias en concentración al 5% según el tipo de vegetación.

Tratamiento	Concentración al 10^{-5}	Número de colonias (Notación científica)	Número de colonias
Vegetación herbácea		76.33	7633000
Vegetación arbustiva	10^{-5}	56.67	5667000
Vegetación almohadilla	10^{-5}	8.67	867000

Realizado por: Machado, Estefany, 2022.

Conforme se observa en la Tabla 4-3, para una concentración de 10^{-5} el suelo bajo el tipo de vegetación herbácea presentó un total de 7633000 colonias formadoras de colonias, el suelo bajo vegetación arbustiva tuvo 5667000 colonias y el suelo bajo vegetación almohadilla tuvo 867000 colonias. Estos resultados indican que bajo la vegetación herbácea tuvo lugar una mayor actividad microbiológica, mientras que la menor actividad correspondió al suelo bajo vegetación almohadilla. Por lo tanto, la mejor opción para implementar programas de forestación sería trabajar con vegetación herbácea, ya que es la bajo las condiciones establecidas en el experimento

realizado tiene una mayor diversidad microbiológica.

En el suelo del páramo habitan numerosos organismos y tienen características muy diferentes, sin embargo, hay una diferencia considerable de su presencia en cuanto al tipo de suelo, en los que han sido sometidos a prácticas agrícolas existe menor cantidad de organismos vivos. A estos seres vivos se los ha clasificado en dos grupos, en macroorganismos y microorganismos (Asociación Vida Sana, 2011: pp. 4 - 5). Un componente de la agrobiodiversidad de los páramos son las especies de la microfauna como hongos, virus, bacterias y mohos (Hofstede et al., 2003: p.116).

Es importante mencionar que los macroelementos como el Fósforo, Nitrógeno y Potasio, son fundamentales para la vegetación ya que permite evaluar la fertilidad de los suelos, transfiere energía en los procesos metabólicos, y propicia el desarrollo vegetal, un déficit de estos elementos da pie a que las plantas sean menos resistentes y que retrasen su crecimiento (Gualán y Orbe, 2019, p. 33). Se encuentra bajo la forma de iones disueltos en la solución del suelo, fijados a través de enlaces estables (Lahuatte y Recalde, 2015, p.40).

CONCLUSIONES

Los páramos de las comunidades El Chilco y El Calvario están comprendidas por un área de 186 ha, y su rango altitudinal 3743msnm.

El color del suelo de paramo de las comunidades El Chilco y El Calvario es el pardo grisáceo muy oscuro, un pH Fuertemente acido, no presenta plasticidad la textura franco arenoso, el nivel de pH es fuertemente ácido, posee niveles altos de macronutrientes a igual que el contenido de materia orgánica materia orgánica, a acepción del fósforo que es inferior al rango óptimo; en tanto que, contenido de nitrógeno, calcio, magnesio se hallan en rangos óptimos.

El suelo bajo el tipo de vegetación herbácea tuvo mayor cantidad de colonias, mientras que el suelo bajo vegetación arbustiva tuvo un 25% menos colonias formadoras y el suelo bajo vegetación almohadilla tuvo un 11% de colonias formadoras en referencia al suelo con vegetación herbácea por ello la mejor opción para implementar programas de remediación de suelos de páramo sería trabajar con vegetación herbácea, ya que tiene una mayor diversidad microbológica y una mayor calidad biológica.

RECOMENDACIONES

Identificar los microorganismos presentes en el páramo localizado en las comunidades del Chilco y el Calvario, a la cabecera cantonal de Tisaleo, con la finalidad de que se pueda hacer una caracterización completa de los mismos.

Socializar los resultados obtenidos con las autoridades y pobladores de la localidad, con el propósito de concientizar sobre la importancia de la conservación y manejo responsable del suelo de páramo especialmente con especies herbáceas.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, M. *Las tierras agrícolas de la provincia de Tungurahua*. Quito- Ecuador: Ecuador, 1945, pp. 5-21. Disponible en: https://biblioteca.casadelacultura.gob.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=645&query_desc=kw%2Cwrdl%3A%20Investigaci%C3%B3n%7D.

ASANZA, J., & BARAHONA, J. Impacto de la cobertura vegetal y las actividades antrópicas sobre la formación del suelo en una microcuenca de paramo en la cuenca alta del río Yanuncay-quebrada Cuevas” (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad de Cuenca, Facultad de ciencias agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. Cuenca- Ecuador. 2015. pp. 1-156 [Consulta: 11 agosto 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/91888909-Universidad-de-cuenca-facultad-de-ciencias-agropecuarias-carrera-de-ingenieria-agronomica.html>.

ASOCIACIÓN VIDA SANA. *Microorganismos del suelo y biofertilización* [blog]. España: 2011. [Consulta: 11 septiembre 2021]. Disponible en: https://cultivos-tradicionales.com/upload/file/dossier-5_microorganismos-del-suelo-y-biofertilizacion-2.pdf.

AVELLANEDA, L. et al. “*Impact of potato cultivation and cattle farming on physicochemical parameters and enzymatic activities of Neotropical high Andean Páramo ecosystem soils*”. *Science of the total environment* [en línea], 2018, (Colombia) 631-632, pp. 1600 – 1610. [Consulta: 03 octubre 2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29727984/>.

BEDOYA, J. La auto- organización de comunidades vegetales de páramo luego de un disturbio por fuego: una herramienta para la restauración ecológica (Trabajo de titulación) (Maestría). [en línea] Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales (Pereira- Colombia). 2014. pp. 1-87 [Consulta: 05 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/4335>.

BELTRAN, M., & LIZARAZO, L. “*Grupos funcionales de microorganismos en suelos de páramo perturbados por incendios forestales*”. *Revista de Ciencias* [en línea], 2013, (Colombia) 17 (2), pp. 121-136. [Consulta: 29 julio 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/267165574.pdf>.

BOGENA, H. et al. “*Emerging methods for noninvasive sensing of soil moisture dynamics from field to catchment scale: a review*”. *WIREs water* [en línea], 2015, (Alemania) 2, pp. 635- 647.

[Consulta: 05 octubre 2021]. Disponible en:
<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wat2.1097>.

BURBANO, H. “*El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria*”. *Revista de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2016, (Colombia) 33 (2), pp. 117-124. [Consulta: 13 julio 2021]. ISSN: 0120-0135. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf>.

BUYTAERT, W. et al. “*Modelando el comportamiento hidrológico de microcuencas de páramo en el Sur del Ecuador con TOP MODEL*”. *Universidad Verdad* [en línea], 2003, (Ecuador), pp. 249-264. [Consulta: 26 julio 2021]. Disponible en:
<https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/2115>.

CACUANGO, L. Determinación multielemental de macro y micronutrientes catiónicos en tejidos vegetales de banano, palma y rosas, por espectroscopia de emisión por acoplamiento de plasma inductivo y detección óptica (ICP-OES) (Trabajo de titulación) (Licenciatura). [en línea] Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Químicas. (Quito- Ecuador). 2015. pp. 133 [Consulta: 26 septiembre 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9748/Determinaci%c3%b3n%20de%20macro%20y%20micro%20nutrientes%20cati%c3%b3nicos%20en%20tejidos%20vegetales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CAMACHO, M. “*Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*”. *ANALES de la Universidad Central del Ecuador* 372 [en línea], 2013, (Ecuador), pp. 77-92. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en:
<https://revistadigital.uce.edu.ec>.

CÁÑEZ, M. et al. “*Conductimetría y titulaciones, ¿cuándo, por qué y para qué?*”. *Educación química* [en línea], 2011, (México) 22 (2), pp. 166-169. [Consulta: 03 octubre 2021]. ISSN: 0187-893-X. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2011000200010.

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 (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea], Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Escuela de Ingeniería en Biotecnología de los recursos naturales. (Quito- Ecuador). 2015. pp. 1-145. [Consulta: 16 agosto

2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9368>.

GONDARD, P. et al. *Políticas y economías campesinas en ecosistemas de altura: caso Pilahuin, zona interandina, Ecuador*. 1983. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:26320>

CUNALATA, G. Evaluación de cuatro especies forestales nativas en tres pisos altitudinales con la utilización de 2 bio estimulantes para propiciar una revegetación ecológica activa en los páramos de la comunidad de Poatug (Trabajo de titulación) (Maestría). [en línea] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato- Ecuador. 2014. pp. 1-113 [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/870/simplesearch?query=&sort_by=score&order=asc&rpp=40&etal=5&start=400.

CHAMORRO, G. Determinación de métodos de propagación sexual y asexual del mortíño (*vaccinium floribundum*) con fines de conservación de la especie (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea], Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, Escuela de Ciencia Agrícolas y Ambientales. (Ibarra- Ecuador). 2019. pp. 1-67 [Consulta: 07 julio 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/170526593-Pontificia-universidad-catolica-del-ecuador-sede-ibarra.html>.

CHUNCHO, C., & CHUNCHO, G. “*Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión*”. Revista indexada Bosques latitud cero [en línea], 2019, (Ecuador) 9 (2), pp. 71- 83. [Consulta: 14 agosto 2021]. ISSN: 2528- 7818. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AljSh5IIPnS/view.

DELGADILLO, N. Descripción de comunidades microbianas cultivables en las raíces de especies seleccionadas en el estudio de humedales construidos en el páramo Chingaza (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea], Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. (Bogotá-Colombia). 2015. pp. 1-40 [Consulta: 27 agosto 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/17649?show=full>.

DÍAZ M., et al. “*Páramos: Hidrosistemas sensibles*”. Revista de Ingeniería [en línea], 2005, (Colombia) 22, pp. 64-75. [Consulta: 05 septiembre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S012149932005000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

ERRÁZURIZ, J. Microzonificaciones sísmicas en ciudades del mundo y discusión sobre la aplicabilidad en la ciudad de Santiago (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela de Ingeniería Civil. (Santiago-Chile). 2012. pp. 1- 212. [Consulta: 29 agosto 2021]. Disponible en:https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111924/cf-errazuriz_jb.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

FAO. *Portal de Suelos de la FAO* [blog]. 2021. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>.

FAO. *Portal de Suelos de la FAO* [blog]. 2021. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-biologicas/es/>.

FAO. *Portal de Suelos de la FAO* [blog]. 2021. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>.

FARLEY, K., & KELLY, E. “*Effects of afforestation of a páramo grassland on soil nutrient status*”. *Forest Ecology and Management* [en línea], 2004, (Ecuador) 195 (3), pp. 281-290. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112704000088>.

FIALLOS, L. et al. “*Characterization and in situ selection of promissory grasses species in the Ecuadorian páramo grasslands ecosystem*”. *Cuban Journal of Agricultural Science* [en línea], 2015, (Ecuador) 49 (3), pp. 406- 414 [Consulta: 07 agosto 2021]. ISSN: 0034-7485. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193042629016>.

FLORES, L., & ALCALÁ, J. “*Manual de procedimientos analíticos. Laboratorio Física de Suelos*”. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Departamento de Edafología [en línea], 2010, (México), pp. 1-56. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>.

FRANCO, L; et al. *Ecología y conservación laboratorio y campo*. México: Trillas, 2011. ISBN: 978-607-17-3956-8, pp. 257-304. Disponible en: https://etrillas.mx/libro/ecologia-y-conservacion_10033.

FUNDAMENTOS DE QUÍMICA. *Práctica 4, Espectrofotometría* [en línea]. Cuarta edición. Sevilla- España: 2017. [Consulta: 28 Septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/quimbiotec/FQpractica4.pdf>.

GAD TISALEO. *Tisaleo tierra de tesoros escondidos* [blog]. 2019. [Consulta: 14 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.tisaleo.gob.ec/>.

GARCÍA, Y. et al. “*Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso*”. *Pastos y forrajes* [en línea], 2012, (Cuba) 35 (2), pp. 125-138. [Consulta: 19 septiembre 2021]. ISSN: 0864-0394. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001.

GODOY, R. et al. “*El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*”. *Ñemity* [en línea], 2013, (Paraguay), pp. 1-33. [Consulta: 12 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>.

GRANJA, C. Comparación de los contenidos de Carbono entre la Amazonía y los páramos del Ecuador (Trabajo de titulación) (Licenciatura). [en línea] Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas. Quito-Ecuador. 2015. pp. 1- 48 [Consulta: 22 agosto 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8737>.

GRUPO DE TRABAJO EN PÁRAMOS DEL ECUADOR. *Páramo* [en línea]. Quito-Ecuador: Editorial Abyayala, 2008. [Consulta: 24 julio 2021]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43341.pdf>.

GUALÁN, A., & ORBE, K. Plan de forestación de zonas afectadas por incendios forestales nivel 2 en la comunidad Pesillo- cantón Cayambe (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Escuela de Ingeniería Ambiental. (Quito-Ecuador). 2019. pp. 1-127 [Consulta: 28 agosto 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17695>.

HERNÁNDEZ, D., & LIZARAZO, L. “*Bacterias heterótrofas y oligotróficas en zonas conservadas e intervenidas del páramo de la cortadera, Boyacá, Colombia*”. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* [en línea], 2015, (país) 18 (2), pp. 475 – 483. [Consulta: 02 julio 2021]. ISSN: 0123 – 4226. Disponible en: <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n2.2015.178>.

HOFSTEDE, R. et al. “*El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador*”. *Ecotrópicos* [en línea], 2002, (Venezuela) 15 (1), pp. 3-18. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: https://www.portalces.org/sites/default/files/references/037_Hofstede%20et%20al%20ecotropicos.2002.pdf.

HOFSTEDE, R. et al. *Los páramos del mundo* [en línea]. Quito- Ecuador: Global Peatland Initiative, 2003. [Consulta: 16 julio 2021]. ISBN: 9978-43-505-0. Disponible en: <https://www.iucn.org/es/content/los-paramos-del-mundo-proyecto-atlas-mundial-de-los-paramos>.

HOFSTEDE, R., & MENA, P. “*Los beneficios escondidos del páramo: servicios ecológicos e impacto humano*”. *EcoCiencia* [en línea], 2004, (Ecuador), pp. 1- 4. [Consulta: 04 septiembre 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/48035247.pdf>.

INTAGRI, S. C. *La función de los nutrimentos esenciales* [blog]. México: Intragi, 2016. [Consulta: 26 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/nutricion-vegetal-funcion-de-nutrientes-esenciales>.

JAMES, R., CALVO, B., GARCÍA, D., VAUGHAN, D., & SKINNER, J. *Recursos de la Tierra y el medio ambiente* [en línea]. 4 edición. Madrid, España: Pearson, 2012. ISBN: 9788415552024, pp. 487-500. [Consulta: 19 agosto 2021]. Disponible en: <https://pearson.es/espa%C3%B1a/TiendaOnline/es-ebook-9788415552178>.

LAHUATTE, B., & RECALDE, M. *Propiedades Físico- Químicas del suelo como instrumentos de evaluación a las estrategias de restauración implementadas en áreas degradadas de páramo, caso de estudio: Microcuencas Antisana y Pita (Trabajo de titulación) (Ingeniería)*. [en línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. (Quito- Ecuador). 2015. pp. 1-262. [Consulta: 14 agosto 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11300>.

LA GACETA. *Pumamaqui está en peligro de extinción* [blog]. Latacunga-Ecuador: 02 de marzo, 2020. [Consulta: 04 octubre 2021]. Disponible en: <https://lagaceta.com.ec/pumamaqui-esta-en-peligro-de-extincion/>.

LEÓN, D. *Propagación de dos especies de yagual (Polylepis incana y Polylepis racemosa) utilizando dos enraizadores orgánicos y dos enraizadores químicos en el vivero forestal del crea*

en el cantón y provincia del Cañar (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2009. pp. 1-121.

LOMBO, O. *Travesía por los páramos, una historia de la naturaleza urgente de contar* [en línea]. 1 edición. Ibagué, Colombia: Universidad de Tolima, 2019. [Consulta: 22 julio 2021]. Disponible en: http://administrativos.ut.edu.co/images/Rectoria/Contratacion/mayor_cuantia_2019/Invitacion_002/ANEXO_5_-_GUION_SOFTWARE_BIOQU%C3%8DMICA.pdf.

LLAMBÍ, L. et al. *Ecología, hidrología y suelos de páramos* [en línea]. Quito- Ecuador: Proyecto Páramo Andino, 2012. [Consulta: 04 agosto 2021]. ISBN: 9789942115492. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56475.pdf>.

MARTÍNEZ, E. et al. “*Análisis comparativo del comportamiento de la escorrentía de tres microcuencas andinas con diferente régimen de precipitación y cobertura vegetal*”. MASKANA [en línea], 2017, (Ecuador) 8 (1), pp. 129-144. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1196>.

MENA, P. et al. “*Los páramos del Ecuador: Particularidades, Problemas y Perspectivas*”. Proyecto páramo [en línea], 2001, (Ecuador) pp. 5-15. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20\(Eds.\).%20%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%2B_%2BHOJA%2BTECNICA%2BY%2BPRESENTACION.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20(Eds.).%20%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%2B_%2BHOJA%2BTECNICA%2BY%2BPRESENTACION.pdf).

MENA, P., & HOFSTEDE, R. “*Los páramos ecuatorianos*”. Botánica Económica de los Andes Centrales [en línea], 2006, (Ecuador), pp. 91-109. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf>.

MENA, L., & ORTEGA, A. Determinación del protocolo para quemas experimentales simulando incendios forestales con diferentes intensidades, en suelos extraídos de las zonas: parque metropolitano Guangüiltagua, Cerro Inguí y páramo de Paquiestancia – Cayambe, a nivel de Laboratorio (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Escuela de Ingeniería Ambiental. (Quito-Ecuador). 2020. pp. 1-91 [Consulta: 11 agosto 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18607>.

MENA, P. et al. *Páramo paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado* [en línea].

Quito- Ecuador: Editorial Universitaria Abya Ayala, 2011. [Consulta: 17 agosto 2021]. Disponible en: http://origin.portalces.org/sites/default/files/references/043_Mena%20et%20al.%20%28eds%29.%202011.Libro%20P%C3%A1ramo%20antolog%C3%ADa%20GTP%20FINAL%20preimprenta.pdf.

MOBOT. *Flora y vegetación* [blog]. Estados Unidos: 2021. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible en: http://www.mobot.org/MOBOT/research/paramo/flora_vege.shtml.

OVACEN. *Páramo; Clima, flora, fauna y características* [blog]. España: 2018. [Consulta: 21 septiembre 2021]. Disponible en: <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/paramo/>.

OYOLA, R. “Titulación potenciométrica”. Humacao [en línea], 2019, (Puerto Rico), pp. 1- 4. [Consulta: 03 octubre 2021]. Disponible en: [http://www.uprh.edu/~royola/index_htm_files/\[7\]_Titulacion_Potenciometrica.pdf](http://www.uprh.edu/~royola/index_htm_files/[7]_Titulacion_Potenciometrica.pdf).

PAREDES, M. & SÁNCHEZ, D. Propuesta de un plan de restauración en áreas afectadas por incendios de origen antrópico en los páramos del parque nacional Llanganates del cantón Píllaro-Tungurahua (Trabajo de titulación). Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la vida, Escuela de Ingeniería Ambiental. Pastaza, Ecuador. 2019. pp. 1-74. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/842/1/T.AMB.B.UEA.%20%203281.pdf>.

PEÑA, D. et al. “Effects of land use on soil CO2 flux in the Páramo de Guerrero, Colombia”. *Agronomía Colombiana* [en línea], 2016, (Colombia) 34 (3), pp. 364-373. [Consulta: 02 octubre 2021]. ISSN: 0120-9965. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S012099652016000300364&lng=e&nrm=iso&tlng=en.

PERALTA, J. Estudio de la diversidad florística en el ecosistema páramo, en la parroquia la Matriz sector “Pampas de Salasaca” del cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ingeniería Forestal. Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 1-40. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <http://biblioteca.esepoch.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=59510>.

PEREIRA, C. et al. *Sistemas de producción vegetal II*. [en línea]. Caldas- Colombia: 2011. [Consulta: 05 agosto 2021]. Disponible en:

https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4781/sistemas_de_produccion_vegetal_2.pdf

PODWOJEWSKI, P., & POULENARD, J. “*Los suelos de los páramos del Ecuador*”. Revista Peruana de Biología [en línea], 2000, (Ecuador), pp. 1-24. [Consulta: 22 julio 2021]. ISSN: 1390-1222. Disponible en: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-05/010024690.pdf.

PODWOJEWSKI, P., POULENARD, J., ZAMBRANA, T. & HOFSTEDE, R. “Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador)”. British Society of Soil Science [en línea], 2002, (Ecuador) 18 (1), pp. 45-55. [Consulta: 11 julio 2021]. Disponible en: <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00049.x>

QUICHIMBO, P. et al. “*Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador*”. Suelos Ecuatoriales [en línea], 2012, (Ecuador) 42 (2), pp. 138-153. [Consulta: 22 agosto 2021]. ISSN: 0562-535. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260389572_EFECTOS_SOBRE_LAS_PROPIEDAD_ES_FISICAS_Y_QUIMICAS_DE_LOS_SUELOS_POR_EL_CAMBIO_DE_LA_COBERTURA_VEGETAL_Y_USO_DEL_SUELO_PARAMO_DE_QUIMSACOCCHA_AL_SUR_DEL_ECUADOR.

REHO, A. *El poder de los micronutrientes* [blog]. México: 23 mayo, 2018. [Consulta: 28 julio 2021]. Disponible en: <https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/el-poder-de-los-micronutrientes/>.

RÍOS, C. “*Las plantas maderables de páramo y saberes campesinos*”. Forestal maderero [en línea], 2015, (Ecuador), [Consulta: 25 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/las-plantas-maderables-de-paramo-y-saberes-campesinos.html>.

ROA, E., & FORERO, J. “*La economía campesina y la sociedad rural en el modelo neoliberal de desarrollo*”. Revista Javeriana [en línea], 2012, (Colombia), pp. 55 - 71. [Consulta: 16 octubre 2021]. ISSN: 0120-3606. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/3348>.

ROSERO J. Evaluación de dos fertilizantes de lenta liberación en la propagación asexual del

yagual (*Polylepis racemosa*) en la comunidad san José del Guanto, Cantón Quero, Tungurahua. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. (Ambato -Ecuador). 2014. pp. 1-96.

RUIZ, J. “*Servicios ambientales, agua y economía*”. Revista de ingeniería [en línea], 2007, (Colombia) (26), pp. 93-100. [Consulta: 02 septiembre 2021]. ISSN: 0121-4993. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932007000200012.

RUIZ, C., et al. “Microbial and Functional Diversity within the Phyllosphere of *Espeletia* Species in an Andean High-Mountain Ecosystem”. Applied and Environmental Microbiology [en línea], 2016, (Colombia) 82 (6), pp. 1807-1817. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.02781-15>.

SIERRA, R. *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. [en línea]. Quito- Ecuador: Rimana, 1999, [Consulta: 17 julio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/268390074_Propuesta_Preliminar_de_un_Sistema_de_Clasificacion_de_Vegetacion_para_el_Ecuador_Continental.

TORRES, C. et al. “*Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo*”. Terra Latinoamericana [en línea], 2013, (México) 31 (1), pp. 71-84. [Consulta: 17 julio 2021]. ISSN: 0187-5779. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792013000100071.

TRUJILLO, A. et al. “*Potenciometría: usos y aplicaciones*”. CienciAcierta Revista Científica Tecnológica y Humanística [en línea], 2014, (México) 38. [Consulta: 07 octubre 2021]. ISSN: 2683- 1848. Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2014/06/05/potenciometria-usos-y-aplicaciones/>.

VALLADARES, S. *Espectrofotometría de absorción molecular ultravioletavisible* [blog], Chile: 1994. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ab482s/AB482S03.htm>.

VARGAS, O. “*Restauración ecológica: biodiversidad y conservación*”. Acta Biológica Colombiana [en línea], 2011, (Colombia) 16 (2), pp. 221- 246. [Consulta: 14 julio 2021]. ISSN: 0120 - 548X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008017.pdf>.

ZUÑIGA, F. et al. “*Propiedades morfológicas de los suelos asociados a los ecosistemas de páramo, Nariño, Sur de Colombia*”. Terra Latinoamericana [en línea], 2018, (Colombia) 36 (2),

pp. 183-196. [Consulta: 29 julio 2021]. ISSN: 0187-5779. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792018000200183&script=sci_abstract.

ZÚÑIGA, F., BUENAÑO, M., RISCO, D. “*Caracterización física y química de suelos de origen volcánico con actividad agrícola, próximos al volcán Tungurahua*”. Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias [en línea], 2016, (Ecuador) 1 (1), pp. 5-10. [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/reiagro/article/view/68/60>


DBRA
Ing. Cristian Castillo



ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO



TOX-CHEM
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

INFORME DE ENSAYO
LTC-S-050-2021

MATRIZ: SUELO

<p>Empresa ESPOCH Atención Estefany Victoria Machado Silva Dirección Calvario Tisaleo Tungurahua Teléfono 0997465826 Tipo de muestra Suelo de páramo no intervenido Código de la empresa MS-01 Punto de muestreo Tisaleo Páramo de la comunidad El Calvario</p>	<p>Oferta No 33 Fecha de muestreo 2021/10/15 Fecha de Ensayo 2021/11/03 - 2021/11/08 Fecha de Emisión 2021/11/09</p> <p>Condiciones ambientales Tmin: 15 °C T max: 25 °C</p>
--	--

RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO	OBSERVACIÓN
Densidad real	Gravimetría	g/cm ³	0,89	
Plasticidad	Gravimetría	%	No presenta	
Textura	Método de Bouyoucos	-	Arenoso franco	Arena: 84% Arcilla: 2% Limo: 14%

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, MS
DIRECTOR



Av. 21 de Abril y Otto Arosemena. RIOBAMBA-ECUADOR
toxchemgroup@gmail.com
0998341037

ANEXO B: ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO



Informe Analítico: IA-21-AG-001464-01
Lab-ID: UIO-21/0730 1 al 2

ANÁLISIS DE SUELO								
DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE								
Cliente:	ESTEFANY VICTORIA MACHADO SILVA	Descripción de la muestra:	MUESTRA DE SUELO DE PARAMO DE 3 DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA VEGETAL					
Contacto:	ESTEFANY MACHADO	Lote N°:	-					
Fines / Hazienda:	-	Cultivo actual:	-					
Señor / Ciudad:	PARAMOS DE LAS COMUNIDADES CALVARIO Y CHILCO, TISALEO	Especie / Variedad:	-					
Provincia:	TUNGURAHUA	Parte de la planta:	-					
Muestrador:	ESTEFANY MACHADO (CLIENTE)	Número de monitoreo:	-					
Fecha de Muestreo:	05/08/2021 11:00	Estación de monitoreo:	-					
Fecha de Recepción:	17/08/2021	Periodo Monitoreo:	-					
Fecha Inicio de análisis:	25/08/2021	Fecha fin de análisis:	01/09/2021					
PROPIEDADES BÁSICAS								
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo
pH	5,58	-	5,00 - 6,50				H ₂ O	Potenciometría
Humedad 105 °C	3,72	%	-	-			-	Gravimetría
MACRONUTRIMENTOS								
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo
Materia orgánica	9,60	% s.m.s.	3,00 - 5,00				-	Titulación potenciométrica
Nitrógeno (N)	0,380	% s.m.s.	0,21 - 0,40				-	Conductividad térmica
Fósforo (P)	11,9	mg/kg s.m.s.	20,00 - 40,00				Olsen	Espectrofotometría UV-VIS
Potasio (K)	165	mg/kg s.m.s.	79,2 - 156,4				Ac. NH ₄	Espectrometría ICP-OES
Calcio (Ca)	1060	mg/kg s.m.s.	600,0 - 1200,0				Ac. NH ₄	Espectrometría ICP-OES
Magnesio (Mg)	255	mg/kg s.m.s.	182,3 - 303,8				Ac. NH ₄	Espectrometría ICP-OES
Sodio (Na)	46	mg/kg s.m.s.	11,0 - 23,0				Ac. NH ₄	Espectrometría ICP-OES
Conductividad eléctrica	0,181	dSm	-	-			H ₂ O	Conductimetría
MICRONUTRIMENTOS								
Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo
Boro (B) ⁺	<0,25	mg/kg s.m.s.	0,2 - 0,4				H ₂ O	Método interno ICP-OES
Hierro (Fe) ⁺	492	mg/kg s.m.s.	25,0 - 50,0				EDTA	Método interno ICP-OES
Cobre (Cu) ⁺	7,3	mg/kg s.m.s.	2,0 - 3,0				EDTA	Método interno ICP-OES
Manganeso (Mn) ⁺	89	mg/kg s.m.s.	5,0 - 10,0				EDTA	Método interno ICP-OES
Zinc (Zn) ⁺	23	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
Azufre (S) ⁺	8,35	mg/kg s.m.s.	10,0 - 20,0				CaCl ₂	Método interno ICP-OES
Cloruros (Cl) ⁺	34,04	mg/kg s.m.s.	0,0 - 70,0				-	Cromatografía Iónica
RELACIONES ENTRE LAS BASES								
Relación	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Bajo	Óptimo	Alto	Extractante	Método de ensayo
Carbono/Nitrógeno	14,87	-	8,5 - 11,5				-	Cálculo interno
Calcio/Magnesio	4,2	-	2 - 5				-	Cálculo interno
Magnesio/Potasio	1,5	-	2,5 - 15				-	Cálculo interno
Suma de bases ⁺	8,02	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. ⁺	7,8	meq/100 g	5,0 - 25,0				-	Espectrometría UV-VIS



Informe Analítico: IA-21-AG-001464-01
Lab-ID: UIO-21/0730 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 etilendiaminotetraacético

DTPA: Ácido dietiltriáminopentaacético

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 Vizcaino
Fecha: 2021.09.02
14:58:23 -05'00'

Secretario Técnico

-.FIN DEL INFORME DE ENSAYO.-

ANEXO C: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA RECOLECCION DE LAS MUESTRAS

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN		
FASE DE CAMPO		
<p>Recolección de una muestra de 1kg. de suelo localizada bajo los tres tipos de vegetación, conformada por 50 submuestras.</p>	<p>Pesaje de 1 kg de suelo con la utilización de una balanza digital gramera.</p>	
		



ANEXO D: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ASPECTO BIOLÓGICO

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN	
FASE DE CAMPO	
Recolección de las tres muestras de 1kg. de suelo (50 submuestras) influenciada por tres diferentes tipos de vegetación.	Colocación de las submuestras en un balde plástico de 8 l. y mezclado de las mismas.
	
Pesaje de 1 kg de suelo con la utilización de una balanza digital gramera.	Enfundado y etiquetado de la muestra.
	
FASE DE LABORATORIO	
Desinfección del laboratorio, equipos y materiales.	Colocación de las muestras sobre hojas de papel bond para su secado al aire libre.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN



Preparación del medio de cultivo PDA.

Autoclavado del medio de cultivo, tubos de ensayo y agua.



Dilución del suelo en agua con las concentraciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} .

Colocación del medio de cultivo en las cajas Petri.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN



Etiquetado de las cajas.

Inoculación de las muestras con las diluciones de suelo y sellado.



Encubado del medio de cultivo inoculado.

Cuantificaron las colonias formadoras de microorganismos.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN





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: 11 / 10 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: ESTEFANY VICTORIA MACHADO SILVA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: INGENIERÍA FORESTAL
Título a optar: INGENIERA FORESTAL
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



DBRA
Ing. Cristhian Castillo



1991-DBRA-UTP-2022

