



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

**IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL  
SUELO DE PÁRAMO BAJO TRES TIPOS DE VEGETACIÓN EN  
TISALEO, TUNGURAHUA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA: LUZ STELA CHUINT KUJA**

**DIRECTORA: Ing. ROSA CASTRO, PHD.**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Luz Stela Chuint Kuja

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

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

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

Riobamba, 20 de noviembre de 2023

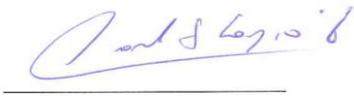


**Luz Stela Chuint Kuja**

**1401094725**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto de Investigación, **IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL SUELO DE PÁRAMO BAJO TRES TIPOS DE VEGETACIÓN EN TISALEO, TUNGURAHUA**, realizado por la señorita: **LUZ STELA CHUINT KUJA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. María Elena Vallejo Sanaguano MsC <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023/11/20
Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023/11/20
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba MsC <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023/11/20

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi vida profesional. A mis queridos padres Marcelino y Fanny por haberme apoyado en todo este trayecto, ya que sin su apoyo no habría alcanzado mis propósitos. A mí amado hijo José David ya que ha sido mi fortaleza y motivación para no rendirme. A mi compañero de vida Jonás por el cariño y el apoyo que me brindó en este trayecto universitario. A mi hermana Maris por el sacrificio que hizo por apoyarme en cada instante que necesite de su ayuda para realizar este trabajo de investigación.

Luz

## **AGRADECIMIENTO**

El principal agradecimiento a mi familia por su comprensión y estímulo constante, en especial a mi abuelita Zoila que no me acompaña, pero su legado está intacto.

A la Doctora Rosa Castro como directora de tesis, por su apoyo, a lo largo de mi vida estudiantil por la dedicación impartida en las aulas y en la elaboración de este trabajo de investigación. Al Ingeniero Carlos Carpio como asesor del trabajo de titulación, por su dedicación y tiempo, para formarme profesionalmente.

A mi amiga Victoria por su apoyo incondicional en el trajinar universitario. A todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la culminación de mi carrera profesional.

Luz

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.4.1. <i>Hipótesis nula</i> .....	3
1.4.2. <i>Hipótesis alternativa</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Marco referencial.....	6
2.2.1. <i>Ecosistema páramo</i> .....	6
2.2.1.1. <i>Características</i> .....	6
2.2.2. <i>Tipos de páramos según la vegetación predominante</i> .....	7
2.2.2.1. <i>Páramo húmedo o pantanoso</i> .....	7
2.2.2.2. <i>Páramo de almohadilla</i> .....	7
2.2.2.3. <i>Páramo arbustivo</i> .....	8
2.2.2.4. <i>Páramo de herbáceo</i> .....	8
2.2.2.5. <i>Funciones del páramo</i> .....	8
2.2.3. <i>Tipos de páramos</i> .....	9
2.2.3.1. <i>Importancia de los páramos</i> .....	10

2.2.4.	<i>Suelo de páramo</i> .....	11
2.2.4.1.	<i>Características</i> .....	12
2.2.5.	<i>Tipos de suelo de los páramos</i> .....	13
2.2.5.1.	<i>Propiedades físicas y químicas del páramo de la zona de estudio</i> .....	14
2.2.5.2.	<i>Degradación del suelo</i> .....	15
2.2.6.	<i>Biología del suelo de páramo</i> .....	15
2.2.6.1.	<i>Microorganismos presentes en el suelo de páramo</i> .....	16
2.3.	<b>Marco conceptual</b> .....	17
2.3.1.	<i>Microorganismos</i> .....	17
2.3.2.	<i>Páramo</i> .....	17
2.3.3.	<i>Flora y vegetación</i> .....	17
2.3.4.	<i>Suelo</i> .....	18
2.3.5.	<i>Cuantificación</i> .....	18
2.3.6.	<i>Biodiversidad</i> .....	18

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	19
3.1.	<b>Caracterización del lugar</b> .....	19
3.1.1.	<i>Localización en campo</i> .....	19
3.1.1.1.	<i>Área de estudio:</i> .....	19
3.1.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i> .....	19
3.1.2.	<i>Localización del laboratorio</i> .....	19
3.2.	<b>Materiales y equipos</b> .....	19
3.2.1.	<i>Materiales de campo</i> .....	19
3.2.2.	<i>Material de escritorio</i> .....	20
3.2.3.	<i>Equipo de campo</i> .....	20
3.2.4.	<i>Materiales de laboratorio</i> .....	20
3.2.5.	<i>Equipos de laboratorio</i> .....	21
3.2.6.	<i>Reactivos e insumos</i> .....	21
3.3.	<b>Metodología</b> .....	21
3.3.1.	<i>Para cumplir con el objetivo 1</i> .....	21
3.3.1.1.	<i>Fase de campo</i> .....	21
3.3.1.2.	<i>Fase de laboratorio</i> .....	22
3.3.1.3.	<i>Aislamiento de microorganismos</i> .....	22
3.3.1.4.	<i>Solución salina y solución madre</i> .....	22
3.3.1.5.	<i>Blancos de dilución</i> .....	23

3.3.1.6.	<i>Siembra</i> .....	23
3.3.1.7.	<i>Cultivos puros</i> .....	23
3.3.2.	<i>Para cumplir con el objetivo 2</i> .....	23
3.3.3.	<i>Para cumplir con el objetivo 3</i> .....	24
3.3.4.	<i>Variables</i> .....	24
3.3.4.1.	<i>Variable Dependiente</i> .....	24
3.3.4.2.	<i>Variable Independiente</i> .....	24
3.3.5.	<i>Diseño experimental</i> .....	24
3.3.5.1.	<i>Tipo de diseño experimental</i> .....	24

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	26
4.1.	<b>Procesamiento, análisis e interpretación de resultados</b> .....	26
4.1.1.	<i>Recolectar los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación</i> .....	26
4.1.2.	<i>Identificar los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación</i> .....	26
4.1.2.1.	<i>Morfotipo <math>M_210^{-3}R_2</math>: <i>Aspergillus niger</i></i> .....	29
4.1.2.2.	<i>Morfotipo <math>M_110^{-2}R_1</math>: <i>Purpureocillium sp</i></i> .....	29
4.1.2.3.	<i>Morfotipo <math>M_110^{-3}R_1</math>: <i>Penicillium sp</i></i> .....	30
4.1.2.4.	<i>Morfotipo <math>M_110^{-4}R_2</math>: <i>Bauveria bassiana</i></i> .....	30
4.1.2.5.	<i>Morfotipo <math>M_210^{-3}R_2</math>: <i>Aspergillus sp</i></i> .....	31
4.1.3.	<i>Cuantificación de los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación</i> .....	32
4.2.	<b>Discusión</b> .....	35
4.3.	<b>Comprobación de la hipótesis</b> .....	36
4.3.1.	<i>Hipótesis nula</i> .....	37
4.3.2.	<i>Hipótesis alternativa</i> .....	37

## CAPÍTULO V

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	38
5.1.	<b>Conclusiones</b> .....	38
5.2.	<b>Recomendaciones</b> .....	39

**GLOSARIO**  
**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Tipos de páramos.....	9
<b>Tabla 2-2:</b>	Diversidad biológica e interacciones bióticas. ....	10
<b>Tabla 2-3:</b>	Fases del suelo del páramo.....	13
<b>Tabla 2-4:</b>	Tipos de suelos más comunes en la región.....	13
<b>Tabla 2-5:</b>	Análisis físico del suelo.....	14
<b>Tabla 2-6:</b>	Resultados del análisis químico del suelo. ....	14
<b>Tabla 2-7:</b>	Microorganismos presentes en el suelo de páramo. ....	17
<b>Tabla 3-1:</b>	Ubicación geográfica páramo de Tisaleo. ....	19
<b>Tabla 3-2:</b>	Diseño experimental.....	25
<b>Tabla 4-1:</b>	Características culturales de la colonia amarilla oscura plana. ....	26
<b>Tabla 4-2:</b>	Características culturales de la colonia amarillo oscuro ondulada. ....	26
<b>Tabla 4-3:</b>	Características culturales de la colonia café opaca plana. ....	27
<b>Tabla 4-4:</b>	Características culturales de la colonia amarilla brillante liso. ....	27
<b>Tabla 4-5:</b>	Características culturales de la colonia crema translúcida irregular.....	27
<b>Tabla 4-6:</b>	Características culturales de la colonia crema irregular plana. ....	27
<b>Tabla 4-7:</b>	Características culturales de la colonia translúcido con borde amarillo circular. ....	28
<b>Tabla 4-8:</b>	Características culturales de la colonia café oscuro translúcido circular. ....	28
<b>Tabla 4-9:</b>	Características culturales de la colonia amarillo translúcido puntiforme.....	28
<b>Tabla 4-10:</b>	Características culturales de la colonia amarillo brillante puntiforme. ....	28
<b>Tabla 4-11:</b>	Identificación cultural y microscópica del género <i>Aspergillus niger</i> . ....	29
<b>Tabla 4-12:</b>	Identificación cultural y microscópica del género <i>Purpureocillium sp.</i> .....	29
<b>Tabla 4-13:</b>	Identificación cultural y microscópica del género <i>Penicillium sp.</i> .....	30
<b>Tabla 4-14:</b>	Identificación cultural y microscópica del género <i>Bauveria bassiana</i> . ....	31
<b>Tabla 4-15:</b>	Identificación cultural y morfológica del género <i>Aspergillus sp.</i> .....	31
<b>Tabla 4-16:</b>	Unidades formadoras de colonias de bacterias y hongos (UFC).....	33

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 4-1:</b>	Morfotipo de bacterias. ....	34
<b>Ilustración 4-2:</b>	Especie de hongos. ....	34

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

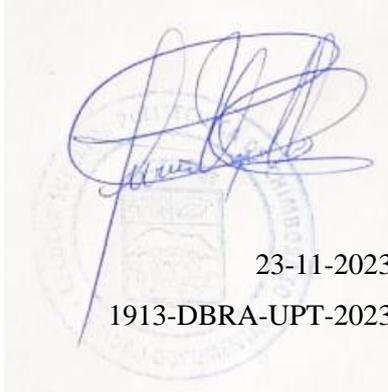
**ANEXO A:** REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE CAMPO.

**ANEXO B:** REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO.

## RESUMEN

Algunos habitantes del cantón Tisaleo realizan actividades de pastoreo y crianza de ganado, lo que genera una pérdida de la diversidad de especies de vegetación y microorganismos. El trabajo tuvo como objetivo la identificación de microorganismos presentes en el suelo de páramo del cantón Tisaleo bajo tres tipos de vegetación: almohadilla, arbustiva y herbácea. La investigación desarrollada fue experimental, con un Diseño Completamente Al Azar (DCA), en la que se consideraron tres tipos de suelos en base a su cobertura vegetal, con cinco concentraciones ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ) y tres repeticiones. Para el efecto, se recolectaron muestras de 1 kg. de suelo tomadas a 10 cm. bajo los tres tipos de cobertura vegetal, cada una compuesta de 50 submuestras. Se realizó un aislamiento de los microorganismos a través de diluciones seriadas. Para la identificación de hongos y bacterias se preparó un medio de cultivo que contenía Agar de Dextrosa de Patata (PDA) sin antibióticos. Posteriormente se identificaron los morfotipos de los microorganismos encontrados, mediante caracterización cultural y morfológica. Se cuantificaron las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por ml o g. de muestra después de ocho días de inoculación. Según los resultados, existió una predominancia de bacterias (99,44% del total) y una pequeña proporción de hongos (0,56%). Los morfotipos de bacterias fueron: colonia amarilla brillante lisa (44,62% del total), colonia crema irregular plana (39,33%) y otras colonias que individualmente representaron menos del 5%. Por su parte, las especies de hongos halladas fueron *Aspergillus sp.* (50% del total), *Purpureocillium sp.* (18,1%), *Bauveria bassiana* (16,55%), *Aspergillus niger* (12,5%) y *Penicillium sp.* (2,85%). En conclusión, los suelos bajo vegetación herbácea fueron los que presentaron mayor diversidad biológica por tener una mayor cantidad de colonias de bacterias y hongos, seguido por los suelos bajo vegetación arbustiva, y por último aquellos bajo vegetación almohadilla.

**Palabras clave:** <ALMOHADILLA>, <ARBUSTIVA>, <HERBÁCEA>, <MICROORGANISMOS>, <PÁRAMO>, <SUELO>, <VEGETACIÓN>.



23-11-2023  
1913-DBRA-UPT-2023

## ABSTRACT

Some inhabitants of the Tisaleo town carry out grazing and livestock raising activities, which generates a loss in the diversity of vegetation species and microorganisms. This study aimed to identify microorganisms present in the moorland soil of the Tisaleo town under three types of vegetation: cushion, shrubby and herbaceous. The research developed was experimental, with a Completely Randomized Design (CRD), in which three types of soils were considered based on their vegetation cover, with five concentrations ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ) and three repetitions. For this purpose, 1 kg samples were collected of soil taken at 10 cm under the three types of vegetation cover, each composed of 50 subsamples. Microorganisms were isolated through serial dilutions. For the identification of fungi and bacteria, a culture medium containing Potato Dextrose Agar (PDA) without antibiotics was prepared. Subsequently, the morphotypes of the microorganisms found were identified through cultural and morphological characterization. Colony Forming Units (CFU) were quantified per ml or gram sample after eight days of inoculation. According to the results, there was a predominance of bacteria (99.44% of the total) and a small proportion of fungi (0.56%). The morphotypes of bacteria were smooth bright yellow colony (44.62% of the total), flat irregular cream colony (39.33%) and other colonies that individually represented less than 5%. For its part, the fungal species found were *Aspergillus* sp. (50% of the total), *Purpureocillium* sp. (18.1%), *Bauveria bassiana* (16.55%), *Aspergillus niger* (12.5%) and *Penicillium* sp (2.85%). In conclusion, the soils under herbaceous vegetation were the ones that presented the greatest biological diversity due to having a greater number of colonies of bacteria and fungi, followed by the soils under shrub vegetation, and finally those under cushion vegetation.

**Keywords:** <CUSHION VEGETATION>, <SHRUBS>, <HERBACEOUS>, <MICROORGANISMS>, <MOORLAND>, <SOIL>, <VEGETATION>.



PhD. Dennys Fenelanda López  
ID number: 0603342189

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de páramo se determinaron una extensión aproximada de 1'337.119 hectáreas en el Ecuador, que representa el 5% del territorio nacional, los páramos se ubican a lo largo de las cordilleras Oriental y Occidental de los Andes. Se origina desde la frontera límite norte con Colombia hasta el Sur que limita con Perú. La Cordillera Oriental tiene la mayor extensión de páramo prácticamente no posee interrupción desde Carchi hasta Cañar. En la parte occidental la extensión de páramo es más fragmentada, aunque aquí también existe un complejo grande entre las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Bolívar. Cabe recalcar que en el centro y norte del país los páramos se encuentran sobre de los 3500 msnm, mientras que en el sur las provincias de Azuay y Loja se tiene alrededor de los 3000 msnm por las características más bajas de la Cordillera de los Andes en esta zona (Beltrán, et al., 2009, p. 44).

El Páramo en el cantón Tisaleo desde tiempos históricos se consideran como sitios de donde se extraían plantas medicinales y se construían templos, centros de vigilia entre otros; los ecosistemas con que cuenta el Tisaleo, se trata de una zona que alberga importantes cantidades de agua por cual es de gran importancia para las comunidades que viven en el sector, e inclusive cuanto para las ciudades que se encuentran más alejadas. Las características climáticas inestables debido a las intermitentes precipitaciones, así como abundancia de luz solar se genera una flora y fauna muy diversa, considerándose un hábitat de aves, un número aún no determinado de insectos, reptiles, anfibios y de igual manera mamíferos (Gobierno Provincial de Tungurahua, 2022, pp. 1-2).

La amplia diversidad de microorganismos que se encuentran en la fracción del suelo cumple una función elemental la cual es transformar componentes orgánicos e inorgánicos como minerales facilitan la formación de la fracción arcillosa y húmica del suelo, degradando moléculas complejas de materia orgánica. Los microorganismos también se involucran en la aireación del suelo, la disponibilidad de agua y sales minerales (García de Salamone, 2011). El comportamiento del suelo importante para el desarrollo de las funciones del páramo, el suelo de páramo es poco conocido y subvalorado (Hofstede & Mena Vásquez, 2000, p. 9).

El suelo de páramo 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, el suelo influye en la regulación y purificación del agua, gases, interviene en el intercambio gaseoso (especialmente del dióxido de carbono), (Torres et al., 2013, pp. 71-72).

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

Los páramos se enfrentan a una serie de amenazas que obedecen a varios aspectos generados desde hace dos siglos atrás, esto se originó debido a las diferentes formas de acceso de la propiedad, así como a las distintas promulgaciones de leyes que los respaldaba. Los ecosistemas de alta montaña han sido utilizados en la implementación de prácticas agrarias, costumbres que se han desarrollado hasta la actualidad. El páramo representa al 7% del territorio ecuatoriano y es altamente biodiverso. Desafortunadamente, menos del 40% del área está formalmente protegida, el clima, los suelos y la vegetación dominante entre los cuales se consideran que el pasto de matas del área afectan significativamente las regulaciones y suministros de agua (Beltrán, et al., 2009 pp. 15-17). La ampliación de la frontera agrícola, la ganadería, los deportes y hasta el turismo están ejerciendo grandes presiones sobre los páramos de Ecuador. El escenario difícil para estos ecosistemas que funcionan como grandes reservorios de agua y alberga una gran variedad de biodiversidad (Carrillo, et al., 2019, p. 1).

El páramo de Tisaleo pertenece a la reserva La Reserva de Producción de Fauna Chimborazo que se encuentra en un rango altitudinal fluctúa entre los 3800 y 6310 msnm y está en las provincias de Bolívar, Chimborazo y Tungurahua, específicamente en los cantones Guaranda, Guano, Riobamba, Ambato, Tisaleo y Mocha, y las parroquias Simiátug, Salinas, Guanujo, San Andrés, San Juan, Pilahuín, Juan Benigno Vela, Santa Rosa, Mocha y Quinchicoto, al ser considerado (Romero, et al., 2018, p. 7).

En las comunidades colindantes con el páramo del cantón Tisaleo, la mayoría de su población realiza actividades de pastoreo y crianza de ganado de donde se obtiene sus principales ingresos, llegando a constituirse esta actividad en la aportante del 80% de las entradas familiares de un gran porcentaje de usuarios. Sin embargo, el alto impacto que se genera en la flora y la fauna, adicionalmente se puede mencionar que se genera por las actividades antes mencionadas la pérdida de la diversidad de especies de vegetación y microorganismos que se desarrollan en el suelo de páramo del cantón Tisaleo.

## **1.2. Objetivos**

### ***1.2.1. Objetivo general***

Identificar los microorganismos presentes en el suelo del páramo bajo 3 diferentes tipos de vegetación en Tisaleo, Tungurahua.

### ***1.2.2. Objetivos específicos***

- Recolectar los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación.
- Identificar los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación.
- Cuantificación de los microorganismos presentes en el suelo del páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación.

## **1.3. Justificación**

La Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH) es parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) del Ecuador. Tiene 52.683,27 ha y es administrada por el Ministerio del Ambiente (MAE) a través de su Dirección Provincial de Chimborazo (MAE-DPCH), en donde se encuentran vinculadas poblaciones de la provincia de Chimborazo y Tungurahua (Romero, et al., 2018 p. 4). Sin embargo, pese a la acción que toma que las entidades encargadas en la conservación del páramo no logran establecer límites entre los pobladores de las comunidades que realizan actividades ganaderas y agrícolas las cuales modifican el ecosistema páramo, por lo que los suelos sufren la degradación de la capa vegetal que recubre y los microorganismos endémicos del sector son los afectados, por tal razón se ha planteado en el presente estudio de investigación desarrollar la Identificación de microorganismos de suelo de páramo bajo tres tipos de vegetación, Tisaleo-Tungurahua.

## **1.4. Hipótesis**

### ***1.4.1. Hipótesis nula***

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

#### ***1.4.2. Hipótesis alternativa***

Al menos uno de los tipos de vegetación del páramo influye en la diversidad biológica del suelo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1. Antecedentes

El trabajo de investigación denominado: Caracterización físico-química y microbiológica de los suelos paramunos del P.N.N. Sumapaz, fue desarrollado en la ciudad de Bogotá; en su avance se detallan tres fases; la primera corresponde al diseño experimental en el que se describen dos tratamientos de cultivos de manejo agrícola y un tratamiento testigo, en la segunda fase analiza la caracterización de los suelos en base a las variaciones en condiciones físicas, químicas y microbiológicas considerando tiempos de descanso en actividades agrícolas y en la fase 3 ejecuta un estudio estadístico para validar la hipótesis a través de un análisis ANOVA. Finalmente, se obtiene como resultado que los suelos del páramo presentan niveles más altos en variables físicas y químicas; el tiempo de descanso de los suelos analizados no es suficiente para una restauración natural, sin embargo, los resultados de la caracterización microbiológica muestran una ventaja comparativa en términos de recuperación del microbiota presente (González, 2016, pp. 60-62).

El trabajo denominado: Diversidad microbiana en relación con una gradiente altitudinal en el páramo del volcán Ilinizas ejecutado en la ciudad de Quito, inicia con la toma de muestras de suelo en 4 sitios previamente seleccionados desde una altura de 3600 a 4200 msnm y posterior a ello se ejecuta un pool a través de la tecnología Next Generation Sequencing con el software QIIME 2.0, arrojando resultados significativos de altura 1 y 2 para bacterias y hongos, además los filos más abundantes son: Proteobacteria, Acidobacteriota, Actinobacteriota, Verrucomicrobiota Bacteroidota, Plantomycetota y Chloroflexi, con respecto a los hongos se obtiene un total de 20 filos, 270 familias y 379 géneros. Finalmente, en el análisis ACC se observa que las alturas 1 y 2 tienen una mayor influencia por parte de los parámetros fisicoquímicos y el pH influye significativamente (Arguello, 2022, pp. 35-36).

El estudio desarrollado con el tema: Identificación de microorganismos de suelo de páramo alto andino para producir bioelectricidad efectuado en la ciudad de Riobamba, para lo cual fue necesario un análisis de parámetros de altura y condiciones climáticas, en base estos valores se definió un punto de muestreo; posterior a ello, se determinan las características fisicoquímicos y mineralógicos, además se emplea un análisis de conductividad y humedad, a través de la secuenciación masiva del suelo se determina la presencia de una especie, luego de una profunda indagación, la investigación presenta los siguientes resultados: se identifica la presencia de *Bradyrhizobium canariense*, como especie dominante encontrada en el sueño de páramo de alto

andino de pajonal a una altura de 4000 msnm, con un porcentaje de abundancia del 63%, apareciendo 1195 ejemplares en las dos muestras de profundidad (Argoti, 2019, pp. 1-4).

## **2.2. Marco referencial**

### **2.2.1. Ecosistema páramo**

Los páramos han sido el escenario de un proceso histórico que empieza hace miles de años. La utilización directa o indirecta de estos territorios se remonta a épocas preincaicas. En los páramos están ubicadas varias de las fortalezas y miradores de las diferentes culturas, dada la ubicación militar y socialmente estratégica de estos sitios. En el sur del Ecuador, las poblaciones utilizaban el agua de las zonas más altas para recolectarlas en reservorios artificiales que proveían de agua a las labores agrícolas y necesidades de la población de ciudades aledañas (Andrade, 2016, pp. 26-28). El páramo se puede considerar como un ecosistema neotropical único de alta montaña, el cual posee praderas húmedas entremezcladas con matorrales y bosque, se encuentran ubicados entre 3000 a 3500 msnm. Se conoce como subpáramo sobre el nivel del mar y debajo de los glaciares de 4500 – 5000 msnm. superpáramo o subnival. Este tipo de ecosistema se distribuye desde Venezuela hasta el norte de Perú, y parches entre Costa Rica y Panamá. Cubren una superficie de 35000 km<sup>2</sup> (Morocho & Chunchu, 2019, p. 72).

La vegetación se encuentra expuesta a la variabilidad de temperatura que se cubre de niebla, baja presión atmosférica y alta irradiación solar (Morocho & Chunchu, 2019, pp. 73-74). De acuerdo a lo antes mencionado, las características han permitido a las especies vegetales desarrollar estrategias adaptativas para enfrentar condiciones abióticas extremas, resultando alto endemismo (6,7% de las plantas endémicas del mundo) y diversidad de plantas, la más grande entre todos los paisajes alpinos del mundo (De la Cruz, et al., 2009, pp. 100-102).

#### **2.2.1.1. Características**

En Ecuador los páramos tienen una altitud promedio de 3 300 msnm., y cubren el 7 % del territorio ecuatoriano. Estos ecosistemas son los encargados de suministrar agua a los valles interandinos y toda la población de las ciudades a su alrededor. Estas características, entre otras, se deben a la baja evapotranspiración, humedad alta, acumulación de materia orgánica y a la morfología de ciertas plantas de páramo (Morocho & Chunchu, 2019, pp. 72-73). La vegetación del páramo se caracteriza por la ausencia de árboles y presencia de vegetación herbácea, dominada principalmente por pastos, cojines, rosetas y pequeños arbustos. Entre las principales especies vegetales se puede citar a las siguientes especies:

- *Neurolepis elata*
- *Rhynchospora vulcani*
- *Calamagrostis macrophylla*
- *Chusquea neurophylla*
- *Puyaeryngioides*
- *Valeriana plantaginea*
- *Blechnum aurantium*

### 2.2.2. Tipos de páramos según la vegetación predominante

Las formaciones vegetales se clasifican 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).

#### 2.2.2.1. Páramo húmedo o pantanoso

El páramo húmedo se encuentra en zonas con exceso de agua durante casi todo año, y la mayoría de las especies permanecen verdes. Su vegetación es densa, además siempre se encuentran las almohadillas, los licopodios y plantas arrosadas en este tipo de páramo (Sierra, 1999, p. 49).

#### 2.2.2.2. Páramo de almohadilla

Son ecosistemas con gran presencia de almohadillas y plantas de menos de 30 cm. de altura, que están agrupadas a manera de pequeños montículos el rango altitudinal de este se encuentra en altitudes entre 4.000 y 4.500 m.s.n.m. 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.*, *24 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).

### 2.2.2.3. Páramo arbustivo

Se encuentra sobre los 3100 m.s.n.m. abundan 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 orviculata* (*Rosaceae*); *Valeriana* spp. (*Valerianaceae*); *Viola* spp. (*Violaceae*); *Sphagnum* spp. (*Sphagnaceae*) (Sierra, 1999, p. 110).

### 2.2.2.4. 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).

### 2.2.2.5. Funciones del páramo

El páramo es un ecosistema que debido a sus condiciones ambientales se considera único, se clasifica como un ecosistema montañoso intertropical. Se puede establecer como una función principal del páramo la de retener el agua y mantener su equilibrio entre los aportes y las pérdidas dentro del ecosistema. Esta característica se debe a su altitud y clima, gracias a ella en épocas de sequía se puede llevar el agua a zonas más bajas y abastecerlas de agua, garantizando así suministro de agua potable para los humanos de las poblaciones cercanas, riego e hidroelectricidad.

Los páramos disponen de características que los hacen vitales ya que presentan servicios ecosistémicos muy relevantes. Se considera que son hogares de especies endémicas y únicas en el mundo, ya que cumplen funciones de mitigación y adaptación al cambio climático; la concentración de materia orgánica en los suelos de los páramos permite almacenar carbono en mayor proporción que en otros ecosistemas (Hofstede, et al., 2014, pp. 8-9).

Tomando en consideración los aspectos antes mencionados, los páramos son un lugar privilegiado y con potencial para la investigación científica. Además, su característica más significativa para la vida es que son una gran fuente de agua dulce, además permite la regulación hidrológica y almacenamiento de carbono. Debido a su clima frío y suelo orgánico, son ideales para recoger, filtrar y regular el agua que llega por lluvias, neblinas y deshielos. El páramo libera luego agua limpia y pura de forma constante (Pazmiño, 2020, pp. 7-8).

### 2.2.3. Tipos de páramos

Las características geográficas diversas que intervienen en el ecosistema páramo, además de las geológicas y climáticas intervienen en la fisonomía de la vegetación, lo que permite el que hagan su hábitat para el crecimiento de diferentes tipos de formas de vida y el establecimiento de diversas formaciones vegetales y microorganismos. El páramo se clasifica en tres amplias zonas definidas por su fisonomía y estructura de la vegetación:

**Tabla 2-1:** Tipos de páramos.

Tipo	Descripción
● Subpáramo	Se encuentra entre 3.200 y 3.500 (3.600) m. Se caracteriza por la vegetación arbustiva predominante, matorrales dominados por especies de <i>Diplostephium</i> , <i>Pentacalia</i> y <i>Gynoxys</i> (Asteraceae), <i>Hypericum</i> ( <i>H. laricifolium</i> , <i>H. ruscooides</i> , <i>H. juniperinum</i> ), <i>Pernettya</i> , <i>Vaccinium</i> , <i>Bejaria</i> y <i>Gaultheria</i> (Ericaceae). En casi todas las localidades se presentan zonas de ecotonía o de contacto con la vegetación de la región de la media montaña y se conforman comunidades mixtas
● Páramo	Páramo de gramíneas; sus límites se extienden entre 3.500 (3.600) y 4.100 m. La diversificación comunitaria es máxima. Alberga casi todos los tipos de vegetación, aunque predominan los frailejonales o rosetales (con especies de <i>Espeletia</i> ), los pajonales (con especies de <i>Calamagrostis</i> ) y los chuscales de <i>Chusquea tessellat</i> .
● Superpáramo	Franja situada por encima de 4.100 m. Llega hasta el límite inferior de los glaciares y se caracteriza por la discontinuidad de la vegetación y la apreciable superficie de roca desnuda. La cobertura y la diversidad vegetal disminuyen ostensiblemente. El tipo fisionómico más común es el de vegetación de tipo prado, con especies de <i>Draba</i> : <i>D. lítamo</i> en la Sierra Nevada del Cocuy y la cordillera Oriental; <i>D. pennell-hazenii</i> en la cordillera Central; <i>D. sanctamarthae</i> en la Sierra Nevada de Santa Marta, los prados con <i>Senecio canescens</i> entre otras.

Fuente: (Rivera, et al., 2010, pp. 21-28).

Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

### 2.2.3.1. Importancia de los páramos

El páramo posee características únicas a nivel regional y mundial por lo cual se lo considera un ecosistema muy importante. Entre las características más representativas se encuentran el ser fuentes y reguladores de la disponibilidad de agua, la cual es un recurso clave para muchos habitantes rurales y urbanos, así como para la producción agrícola de los valles altos, la vegetación y suelos constituyen un reservorio de carbono y materia orgánica, claves en la regulación del agua y en la fertilidad de las tierras. Los páramos, además, son un espacio para la vida de muchas comunidades rurales y son hábitat de una gran diversidad de plantas y de animales, en peligro de extinción, como el oso frontino u oso de anteojos. A continuación, se puede describir la importancia desde diversos enfoques:

**Tabla 2-2:** Diversidad biológica e interacciones bióticas.

	<b>Enfoque</b>
<b>• Diversidad biológica e interacciones bióticas</b>	<p>El páramo considerado como ecosistema provee de hábitat a todos los seres vivos que habitan en él y permite el mantenimiento de las interacciones entre sus componentes físicos y biológicos. Para que estas interacciones se lleven a cabo en los sistemas naturales existen componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vivos (microorganismos, plantas, animales y otra biota).</li><li>• No vivos (minerales, agua, aire, temperatura, precipitación, materia orgánica en descomposición, etc.).</li></ul>

**Fuente:** (Rivera, et al., 2010, pp. 17-20).

**Realizado por:** Chuint, Luz, 2023.

#### **• Importancia categoría social y cultural del páramo**

Comprende con la población más marginada del Ecuador, ya que su pobreza está determinada, por la erosión de las tierras de altura, y la migración de la gente del campo a las ciudades y al exterior. Para prevenir estos hechos es necesario buscar una armonía entre la gente y su entorno, entre la agricultura y el páramo, esto implica la sustentabilidad entre la tierra y el uso de la tierra. Es parte de la cosmovisión indígena. Se recalca que, a más de la producción de alimentos, los páramos proveen de beneficios económicos a nivel local y regional (Morocho & Chunchu, 2019, pp. 76-77).

El agua es la base de la producción andina, no solamente en relación con la agricultura sino también con la industria (electricidad) y la salud (agua potable). Sin el agua del páramo el Ecuador tendría problemas económicos y de salud. Además, existen otras actividades con una importancia económica directa, como el turismo y la recreación, debido a las áreas con paisaje, elementos naturales atractivos y a su representatividad de los Andes ecuatorianos. Existen visitantes

nacionales e internacionales que van a muchas de las áreas protegidas, y una parte de estos visitantes viene atraída por los páramos.

La importancia cultural de los páramos no es muy reconocida, pero es evidente y se manifiesta a distintos niveles. En primer lugar, los páramos (junto con las punas y las jalcas) formaron las rutas de comunicación de la cultura Inca, la cultura Andina. El famoso Incañan, o Camino Inca, entre Quito y La Paz, pasaba por la mayoría de su extensión sobre los páramos. Por esto hoy en día algunos páramos son importantes sitios arqueológicos (Morocho, et al., 2019, p. 77).

- **Importancia turística**

El páramo es uno de los ecosistemas de los Andes del Norte más visitados por millones de turistas, que acuden para disfrutar de sus paisajes misteriosos y de las múltiples expresiones de su cultura. Sin embargo, el turismo mal manejado es una de las causas del deterioro ambiental del páramo (acumulación de basura, alteración de la vegetación natural y de los suelos por el acceso de vehículos rústicos y motos, sobrepastoreo del ganado, etc.) (Llambí, et al., 2012 p. 63). Algunos de los sitios turísticos emblemáticos en los páramos, son:

- La Laguna de Mucubají y el Sistema Teleférico de Mérida en Venezuela.
- El Parque Natural Chingaza en Colombia.
- Los volcanes del Cotopaxi y el Chimborazo en Ecuador.

- **Importancia científica**

El páramo ha sido también escenario de numerosas iniciativas de investigación científica, cuyos resultados nos han ayudado a explorar su funcionamiento y han contribuido a resaltar su importancia y su carácter único a nivel mundial. Gracias a estos trabajos, hoy sabemos que es el ecosistema más diverso de las altas montañas del mundo y estamos comenzando a entender mejores aspectos como su papel en la regulación de la disponibilidad de agua o la capacidad de respuesta del ecosistema luego de disturbios como el fuego o la agricultura (Llambí, et al., 2012 p. 65).

#### ***2.2.4. Suelo de páramo***

Los suelos de los páramos ecuatorianos se han desarrollado esencialmente a lo largo de toda la región Sierra, sobre los depósitos piroclásticos resultantes de las erupciones volcánicas de la llamada cravenida de los volcanes, ocupan alrededor de un 7% del territorio nacional. Se trata en general de andisoles o vitrosoles; la morfología y propiedades varían considerablemente según los principales factores de la pedogénesis, como la edad, la naturaleza, la composición química

de los materiales y las condiciones climáticas. Presentan globalmente altas capacidades de retención de agua que van desde el 60 al 200 % y a menudo importantes acumulaciones de materia orgánica (Navarrete, 2021, p. 29).

Por consiguiente, el suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza y uno de los hábitats más diversos de la tierra, existe una infinidad de organismos diferentes que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida. Es el sustrato más utilizado para la producción agrícola y, además, presenta unas características que le hace especial, por las cuáles es considerado el sustrato vivo y dinámico con mayor biodiversidad, donde se desarrollan muchas formas de vida, como por ejemplo las plantas, modificando el ambiente para sostener el sistema productivo (Cevallos, 2022, pp. 4-7).

Son millones los microorganismos que podemos encontrar en una pequeña muestra de suelo, aunque los microorganismos más abundantes son las bacterias, hongos y virus, asociados generalmente a enfermedades de los cultivos. Sin embargo, existe una unión entre plantas, suelo y organismos en conjunto con factores bióticos y abióticos que modulan el sistema productivo y en donde con certeza son más las bacterias, hongos y virus benéficos que los patógenos.

#### *2.2.4.1. Características*

En su mayoría presentan una combinación de materia orgánica y ceniza volcánica, por lo cual los cambios en su composición se producen lentamente. En general son, en gran parte, de origen glacial y volcánico. En general, los páramos más altos poseen suelos rocosos y poco profundos con un alto porcentaje de arena, poca materia orgánica y muy baja retención de agua; son extremadamente infértiles.

En elevaciones medias, los suelos son relativamente húmedos, negros o cafés y ácidos, con una gran capacidad de retención de agua. Los páramos más bajos presentan suelos muy oscuros, una acidez moderada, bajos niveles de calcio, alto contenido de agua, potasio y nitrógeno total. Los suelos del páramo tienen un alto contenido de materia orgánica y por lo tanto una alta capacidad para retener agua y nutrientes (Llambí, et al., 2012, pp. 23-24).

**Tabla 2-3:** Fases del suelo del páramo

<b>Tipos de fases</b>	<b>Descripción</b>
La fase sólida	sólida se encuentra formada por la materia mineral y orgánica: la mineral, está compuesta por partículas de varios tamaños, como son la arena, el limo y la arcilla, que ocupan 45% del total, en volumen; la materia ocupa 5% del total del volumen, e incluye residuos vegetales en descomposición y organismos en vida activa
La fase líquida	Está constituida por el agua con sustancias en solución y ocupa una parte o todos los espacios porosos entre las partículas sólidas. Su contenido puede ser variable de acuerdo a las condiciones del suelo.
La fase gaseosa	Ocupa aquellos espacios que se encuentran vacíos, es decir, los poros que no son ocupados por el agua. Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con la dinámica de los factores y procesos formadores se origina un suelo cOQ sus propiedades particulares. En conclusión, se puede señalar que un suelo presenta características químicas. Físicas y biológicas inherentes.

**Fuente:** (Ramírez, 1997, pp. 8-15).

**Realizado por:** Chuint, Luz, 2023.

### 2.2.5. Tipos de suelo de los páramos

Los suelos se clasifican a nivel mundial de acuerdo con su estructura y composición, variando de un lugar a otro.

**Tabla 2-4:** Tipos de suelos más comunes en la región.

<b>Tipos</b>	<b>Descripción</b>
Andisoles	Se caracterizan por ser suelos jóvenes, volcánicos, con horizontes orgánicos de hasta 3 m de profundidad y presencia de alófanos (asociaciones de materia orgánica y arcillas).
Histosoles:	Son suelos ricos en materia orgánica y residuos vegetales más o menos descompuestos.
Entisoles e inceptisoles	Son aquellos suelos jóvenes, no volcánicos, con poca profundidad (hasta 50 cm). Están presentes en las zonas más antiguas de los Andes como los del norte del Perú y en muchas zonas de la Cordillera de Mérida en Venezuela. Se caracterizan por ser suelos jóvenes, porque se formaron después de la retirada del hielo, tras la última glaciación, hace unos 20.000 años.

**Fuente:** (Chinchilla, et al., 2011, pp. 85-86).

**Realizado por:** Chuint, Luz, 2023.

La acumulación de materia orgánica está relacionada con un lento proceso de descomposición del material vegetal, debido a las bajas temperaturas. En ocasiones la descomposición es lenta por la baja disponibilidad de nitrógeno mineral en el suelo.

La actividad humana como el arado o el sobrepastoreo pueden ocasionar erosión y disminuir la capacidad de retener agua y nutrientes, reduciendo la fertilidad del suelo y el desarrollo de la vegetación natural (Pulido, 2014, p. 23).

La composición de los suelos en el páramo también puede depender la altitud a la que se encuentran. Mientras mayor es la altitud, los suelos tienden a ser más rocosos y menos profundos, con un alto porcentaje de arena, menor retención de agua. Además, son extremadamente infértiles.

#### 2.2.5.1. Propiedades físicas y químicas del páramo de la zona de estudio

En la Tabla 2-3 se presenta el análisis físico del suelo y en la Tabla 3-3 se muestra el 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 2-5:** Análisis físico del suelo.

Parámetros	Análisis	Unidad de medida	Resultado	Observación
TEXTURA	Método de Bouyoucos		Arenoso franco	Arena 84%
				Arcilla 2%
				Limo 14%
DENSIDAD REAL	Gravimetría	g/cm <sup>3</sup>	0,89	-
PLASTICIDAD	Gravimetría	%	No presenta	-
PH		-	5,58	Fuertemente ácido

Fuente: Laboratorio AGRORUM S.A., 2022.

Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

**Tabla 2-6:** Resultados del análisis químico del suelo.

Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Criterio
<b>Propiedades básicas</b>				
pH	5.58	-	6.0 – 6.5	Fuertemente ácido
Humedad 105°C	3.72	%	-	Alto
<b>Macronutrientes</b>				
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	-	-
<b>Micronutrientes</b>				

Parámetro	Resultado	Unidad	Rangos óptimos	Criterio
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
<b>Relaciones entre las bases</b>				
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
<b>Bases de cambio</b>				
Capacidad de intercambio catiónico efectiva*	7.8	meq/100 g	5.0 – 25.0	Óptimo

Fuente: Laboratorio AGRORUM S.A., 2022.

Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

#### 2.2.5.2. Degradación del suelo

El manejo intensivo del suelo, tanto en la agricultura como en la ganadería, la deforestación y el crecimiento poblacional han provocado fuertes pérdidas de fertilidad, compactación y erosión del suelo. En los suelos la degradación puede efectuarse en el aspecto físico, químico o biológico. El uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas han llevado a la disminución de la biodiversidad, la desestructuración del suelo y la contaminación de los mantos freáticos. El cambio de uso de suelo y su degradación también contribuyen al incremento de CO<sub>2</sub> atmosférico y al cambio climático, es importante recalcar que la degradación del suelo hace referencia a la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua o el viento generando consecuencias en sectores ambientales, sociales, económicos y culturales (Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura, 2018, pp. 12-13).

Por la importancia fundamental del suelo, la 68ª sesión de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas, la ONU y la FAO declararon este 2015, como el Año Internacional de los Suelos, con el lema Suelos Sanos para una Vida Sana.

#### 2.2.6. Biología del suelo de páramo

La biología del suelo, es fundamental ya que se encarga de la composición del suelo y sus características. Sin embargo, es relevante mencionar que los organismos del suelo descomponen

la materia orgánica proveniente de restos vegetales y animales liberando a su vez nutrientes para ser asimilados por las plantas (Pinos, et al., 2021, pp. 2-4). Los nutrientes que se encuentran almacenados dentro de los organismos del suelo impiden su pérdida por lixiviación. Los microorganismos del suelo mantienen la estructura mientras las lombrices remueven el suelo. Las bacterias juegan un papel crucial para el Ciclo del Nitrógeno mediante varios procesos:

- La mineralización del nitrógeno en el suelo se define como la impregnación con amoníaco o componente de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Un proceso donde las formas puras de nitrógeno se transforman en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) con la ayuda de descomponedores o bacterias. Cuando una planta o animal muere, o un animal desecha el nitrógeno se encuentra en forma inorgánica. Las bacterias, o en algunos casos los hongos, transforman el nitrógeno orgánico en los restos de vuelta a amonio, un proceso denominado la mineralización o amonificación.
- La nitrificación incluye un proceso en que se divide en tres etapas. En la primera etapa las bacterias transforman el nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) por lo que pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas. En la segunda etapa el amonio se oxida y se forma nitrito  $\text{NO}_2$ . En la tercera etapa mediante oxidación se forma nitrato,  $\text{NO}_3$ .
- La fijación de nitrógeno ocurre con bacterias en el suelo o algas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico incorporándolo a su organismo y depositado al suelo una vez muertos. Las bacterias que llevan a cabo fijación simbiótica incluyen Rhizobia. Su hábitat se encuentra alrededor de las raíces leguminosas formando nódulos en las células corticales habitadas por las bacterias.
- Desnitrificación devuelve el nitrógeno a la atmósfera. Las bacterias anaeróbicas *Achromobacter* and *Pseudomonas* llevan al proceso la conversión de nitratos y nitritos como óxido de nitrógeno  $\text{N}_2\text{O}$  o  $\text{N}_2$  molecular. En exceso el proceso tiende a conducir a pérdidas totales de nitrógeno disponible en el suelo y en consecuencia su fertilidad (FAO, 2022, pp. 5-8).

#### *2.2.6.1. Microorganismos presentes en el suelo de páramo*

Las bacterias, hongos y virus son los organismos más abundantes como se ha mencionado anteriormente, pero también existen otros de relativa importancia como los protozoarios o las microalgas que se describen brevemente a continuación:

**Tabla 2-7:** Microorganismos presentes en el suelo de páramo.

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Bacterias	Se consideran el grupo más diverso de microorganismos en el suelo y pueden ser beneficiosos o fitopatógenos.
Hongos	Suelen ser de vida libre o estar unidos con las raíces de las plantas como es el caso de las micorrizas. Pertenecen a este grupo las levaduras y puede haber hongos beneficiosos, así como fitopatógenos. La importancia de este grupo radica en que muchos de ellos desempeñan un rol en los procesos de descomposición de la materia orgánica.
Protozoarios	Son los organismos que requieren de oxígeno para vivir por lo que están presentes cerca de la superficie del suelo. Su alimentación consiste en algas y bacterias del propio suelo.
Microalgas	Al igual que los anteriores, se encuentran presentes cerca de la superficie del suelo y constituyen una fuente de alimento para protozoarios, hongos, lombrices de tierra y nemátodos (Fertibox, 2019 p. 7-10).

**Realizado por:** Chuint, Luz, 2023.

### **2.3. Marco conceptual**

#### **2.3.1. Microorganismos**

Son seres vivos que únicamente se pueden visualizar a través de un microscopio, típicamente son organismos con forma unicelular, son considerados esenciales para la vida debido a su amplia diversidad y distribución en el planeta. Algunos de los organismos más estudiados pertenecen a grupos biológicos como lo son los protozoarios, algas, hongos y bacterias (Curiel, 2019, pp. 19-21).

#### **2.3.2. Páramo**

Son sistemas naturales complejos y variados de alta montaña, es considerado como un ecosistema montano intertropical con predominio de vegetación tipo matorral o arbustos. El páramo se ubica desde altitudes de aproximadamente 3000 msnm hasta los 4000 o 5000 msnm (Camacho, 2013, p. 79).

#### **2.3.3. Flora y vegetación**

La vegetación se refiere a los aspectos cuantitativos de la arquitectura vegetal, es decir su distribución horizontal y vertical sobre la superficie, mientras que la flora corresponde a la definición cualitativa de esta arquitectura, referido a las especies componentes de ella.

#### **2.3.4. Suelo**

La concepción más básica de suelo define como el medio natural para el crecimiento de las plantas, en términos más específicos se define al suelo como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (Alarcón, et al., 2020, p. 6).

#### **2.3.5. Cuantificación**

La cuantificación es el cálculo del número de unidad, tamaño o proporción de una cosa, especialmente, por medio numérico. La cuantificación es un proceso por el cual se expresa la observación en término numérico para ayudar en el análisis y la comparación. También, es la expresión de la cantidad (extensión y comprensión) en el enunciado o juicio (Santana, 2019, p. 2).

#### **2.3.6. Biodiversidad**

La biodiversidad o también denominada diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies como: plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes (Romero, 2020 págs. 17-20).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Caracterización del lugar

##### 3.1.1. Localización en campo

###### 3.1.1.1. Área de estudio:

Al sur oeste de la cabecera cantonal a 5 km se encuentra el páramo del cantón Tisaleo y comprende las comunidades El Chilco y El Calvario.

###### 3.1.1.2. Ubicación geográfica

**Tabla 3-1:** Ubicación geográfica páramo de Tisaleo.

Zona	17 sur
Datum	WGS 84
Latitud(x)	755534
Longitud(Y)	9846995
Altitud media del estudio	3743 m.s.n.m

Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

##### 3.1.2. Localización del laboratorio

En la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), en la facultad de Recursos Naturales en el laboratorio de fitopatología se realizó la investigación.

#### 3.2. Materiales y equipos

##### 3.2.1. Materiales de campo

- Barreno
- Azadón
- Balde
- Regla
- Fundas ziplot

- Fundas de papel
- Libreta de campo
- Guantes
- Balanza gramera
- Alcohol industrial (70%)

### **3.2.2. *Material de escritorio***

- Computadora
- Impresora
- Hojas

### **3.2.3. *Equipo de campo***

- Cámara fotográfica (canon)
- GPS (Garmin)

### **3.2.4. *Materiales de laboratorio***

- Fundas Plásticas (20 x 30 cm)
- Cajas Petri (90 mm Ø)
- Probeta (100 mL y 1000 mL)
- Vasos de precipitación (50 mL y 100 mL)
- Matraz Erlenmeyer (250 mL)
- Puntas de micropipeta (10 µL, 100µL y 1000 µL)
- Tubos de ensayo de 20ml
- Morteros
- Parafilm
- Porta y cubre objetos
- Cinta adhesiva
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Pinzas
- Jeringa

### **3.2.5. Equipos de laboratorio**

- Autoclave
- Cámara de flujo laminar vertical
- Microscopio óptico
- Incubadora
- Estereoscopio
- Centrifuga
- Agitador magnético
- Balanza de precisión
- Vortex
- Destilador de agua
- Secador de vidrio
- Microondas
- Mechero de Bunsen
- Micropipeta
- Refrigeradora

### **3.2.6. Reactivos e insumos**

- Agua destilada estéril
- Papa Dextrose Agar al (PDA)
- Etanol
- Cloranfenicol
- Alcohol antiséptico

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Para cumplir con el objetivo 1**

Recolectar los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación.

#### **3.3.1.1. Fase de campo**

En la provincia de Tungurahua, se encuentra el páramo del cantón Tisaleo y comprende las comunidades El Chilco y El Calvario. En dicho lugar se procede a la recolección de muestras que

son divididas en tres tipos de vegetación 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 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, para ser ingresado a laboratorio.

#### *3.3.1.2. Fase de laboratorio*

Para la recolección de microorganismos del suelo se procedió a realizar lo siguiente:

#### *3.3.1.3. Aislamiento de microorganismos*

Para el aislamiento de los microorganismos de suelo de páramo bajo tres tipos de vegetación, se utilizó la técnica de diluciones seriadas, para lo cual se detalla los procedimientos y materiales a continuación:

#### *3.3.1.4. Solución salina y solución madre*

Para preparar las soluciones se utilizó 4 erlenmeyer, utilizando 250 mL de agua destilada en cada una de ellas.

En los primeros tres erlenmeyer en los cuales se va a preparar la solución madre se procede a agregar agua destilada y se selló con papel aluminio en cambio para la preparación de la solución salina se realizó el mismo procedimiento excepto que se agregó 2,13 g de cloruro de sodio (sal). Finalmente los 4 erlenmeyer se lleva a la autoclave a 120 ° C por una hora, pasada la hora se deja enfriar por una hora más para evitar que la vidriería utilizada se rompa y así poder retirar y utilizar las soluciones, después de ya retirar del autoclave, en los tres erlenmeyer que solo contenían agua se agrega 27,7g de muestras de suelo, que con anterioridad fue secado al ambiente por 24 horas y tamizado, consecutivamente se llevó los tres al agitador orbital a una temperatura de 25 ° C, a 160 rpm por 24 h.

#### *3.3.1.5. Blancos de dilución*

Se esterilizaron tubos de ensayo de 20mL, mediante la ayuda de la autoclave se esterilizó los materiales como puntas de 1000uL. Los blancos de dilución se prepararon utilizando los materiales que se habían esterilizado con anterioridad, colocando 9mL de solución salina en tubos de ensayo, para después añadir 1mL de la solución madre para obtener una dilución de  $10^1$ .

#### *3.3.1.6. Siembra*

Para preparar el medio se utilizó una botella de 1000mL previamente esterilizada con 26,32 g de Agar de Dextrosa de Patata (PDA) y 675mL de agua destilada. Una vez que ya se obtuvo la disolución de las muestras de suelo, se procedió a sembrar en medio de cultivo PDA, sin antibiótico ya que también se requiere el estudio de bacterias; se sembraron 50  $\mu$ L (0,05 mL) en las cajas que contienen los medios de cultivo con la ayuda de una espátula drigalsky se esparció la gota uniformemente por todo el contorno de la caja petri, fueron selladas las cajas con parafilm, además se les dio un código de identificación a cada caja, para que finalmente puedan estar en incubación en condiciones de oscuridad por 8 días. El crecimiento de los microorganismos se monitoreo cada 24 h.

#### *3.3.1.7. Cultivos puros*

Para realizar la identificación de hongos y bacterias se preparó medio de cultivo que contenían Agar de Dextrosa de Patata (PDA) sin antibióticos, según las colonias que fueran identificadas durante el proceso de incubación se procedió a preparar las cajas, posteriormente se tomó una fracción de micelio de cada una de las colonias crecidas y se las pasó a medio PDA estéril, se selló con papel parafilm y se etiquetó, luego se las incubó a 28 ° C en condiciones de oscuridad por aproximadamente 5 días, en cambio en bacterias solo se pudo realizar la identificación cultural.

### ***3.3.2. Para cumplir con el objetivo 2***

Identificar los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación.

Para identificar lo primero que se hizo fue la identificación los morfotipos de los microorganismos encontrados; en este caso se encontraron hongos y bacterias, para poder seguir con la identificación de las bacterias se realizó la identificación cultural y en el caso de los hongos la

identificación cultural y morfológica, se encontraron 10 morfotipos de bacterias en donde se realizó solo identificación cultural. En los hongos se encontró cinco morfotipos de hongos los cuales se realizó identificación cultural y morfológica por medio de observación en microscopio con vista 40x.

### **3.3.3. *Para cumplir con el objetivo 3***

Cuantificación de los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación.

La numeración de bacterias y hongos se basó en la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por ml o g de muestra. Fue ejecutada la cuantificación después de los 8 días de inoculación y divisada en el contador de colonias digital, utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{UFC}}{\text{ml}} = \text{Colonias contadas} * \text{factor de dilución} * \text{Volumen de inóculo}$$

### **3.3.4. *Variables***

#### **3.3.4.1. *Variable Dependiente***

- Abundancia de microorganismos
- Riqueza de microorganismos

#### **3.3.4.2. *Variable Independiente***

- Vegetación
- Tipo de suelo
- Altitud

### **3.3.5. *Diseño experimental***

#### **3.3.5.1. *Tipo de diseño experimental***

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 3-2), con tres repeticiones.

**Tabla 3-2:** Diseño experimental.

TRATAMIENTO (CONCENTRACIONES)	MUESTRAS (M) (TIPO DE VEGETACIÓN)	REPETICIONES (R)			DESCRIPCIÓN	CÓDIGOS
		R1	R2	R3		
10-1	M1	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración $10^{-1}$	10 <sup>-1</sup> M1R1
						10 <sup>-1</sup> M1R2
						10 <sup>-1</sup> M1R3
10-2	M1	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración $10^{-2}$	10 <sup>-2</sup> M1R1
						10 <sup>-2</sup> M1R2
						10 <sup>-2</sup> M1R3
10-3	M1	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración $10^{-3}$	10 <sup>-3</sup> M1R1
						10 <sup>-3</sup> M1R2
						10 <sup>-3</sup> M1R3
10-4	M1	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración $10^{-4}$	10 <sup>-4</sup> M1R1
						10 <sup>-4</sup> M1R2
						10 <sup>-4</sup> M1R3
10-5	M1	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación herbácea concentración $10^{-5}$	10 <sup>-5</sup> M1R1
						10 <sup>-5</sup> M1R2
						10 <sup>-5</sup> M1R3
10-1	M2	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración $10^{-1}$	10 <sup>-1</sup> M2R1
						10 <sup>-1</sup> M2R2
						10 <sup>-1</sup> M2R3
10-2	M2	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración $10^{-2}$	10 <sup>-2</sup> M2R1
						10 <sup>-2</sup> M2R2
						10 <sup>-2</sup> M2R3
10-3	M2	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración $10^{-3}$	10 <sup>-3</sup> M2R1
						10 <sup>-3</sup> M2R2
						10 <sup>-3</sup> M2R3
10-4	M2	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración $10^{-4}$	10 <sup>-4</sup> M2R1
						10 <sup>-4</sup> M2R2
						10 <sup>-4</sup> M2R3
10-5	M2	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación arbustiva concentración $10^{-5}$	10 <sup>-5</sup> M2R1
						10 <sup>-5</sup> M2R2
						10 <sup>-5</sup> M2R3
10-1	M3	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración $10^{-1}$	10 <sup>-1</sup> M3R1
						10 <sup>-1</sup> M3R2
						10 <sup>-1</sup> M3R3
10-2	M3	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración $10^{-1}$	10 <sup>-2</sup> M3R1
						10 <sup>-2</sup> M3R2
						10 <sup>-2</sup> M3R3
10-3	M3	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración $10^{-1}$	10 <sup>-3</sup> M3R1
						10 <sup>-3</sup> M3R2
						10 <sup>-3</sup> M3R3
10-4	M3	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración $10^{-1}$	10 <sup>-4</sup> M3R1
						10 <sup>-4</sup> M3R2
						10 <sup>-4</sup> M3R3
105-	M3	R1	R2	R3	PDA+ Suelo bajo el tipo de vegetación almohadilla concentración $10^{-1}$	10 <sup>-5</sup> M3R1
						10 <sup>-5</sup> M3R2
						10 <sup>-5</sup> M3R3

Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

## CAPÍTULO IV

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

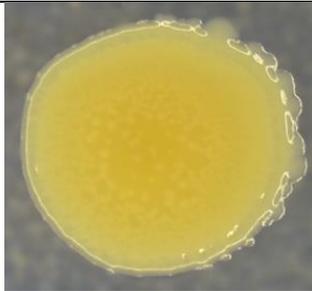
#### 4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1. Recolectar los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación

La recolección de muestras de suelo se realizó en horas de la mañana, fueron guardadas, selladas y etiquetadas en fundas de ziploc, ya que son tres diferentes tipos de suelo la herbácea fue etiquetada como muestra uno (M1), la arbustiva como muestra dos (M2) y la almohadilla como muestra tres (M3) esto en el proceso de campo, por el proceso de laboratorio pasa estas muestras por cinco concentraciones en tres repeticiones, para poder obtener microorganismos, que son aisladas y finalmente puedan ser identificadas.

##### 4.1.2. Identificar los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación

**Tabla 4-1:** Características culturales de la colonia amarilla oscura plana.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia amarilla oscura plana		<b>Forma:</b> irregular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> crenada <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> amarilla oscura <b>Características ópticas:</b> opaca

Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

**Tabla 4-2:** Características culturales de la colonia amarillo oscuro ondulada.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia amarillo oscuro ondulada		<b>Forma:</b> irregular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> ondulada <b>Superficie:</b> ondulada <b>Color:</b> amarillo oscuro <b>Características ópticas:</b> opaca

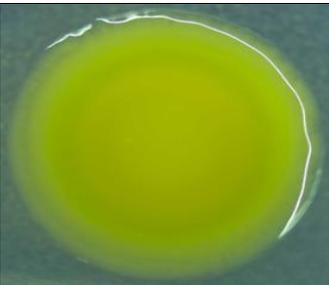
Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

**Tabla 4-3:** Características culturales de la colonia café opaca plana.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia café opaca plana		<b>Forma:</b> irregular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> rizada <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> café <b>Características ópticas:</b> opaca

Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

**Tabla 4-4:** Características culturales de la colonia amarilla brillante liso.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia amarilla brillante liso		<b>Forma:</b> circular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> entera <b>Superficie:</b> liso <b>Color:</b> amarilla <b>Características ópticas:</b> brillante

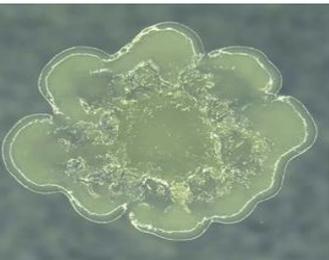
Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

**Tabla 4-5:** Características culturales de la colonia crema traslúcida irregular.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia crema traslúcida irregular		<b>Forma:</b> irregular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> ondulada <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> crema <b>Características ópticas:</b> traslúcido

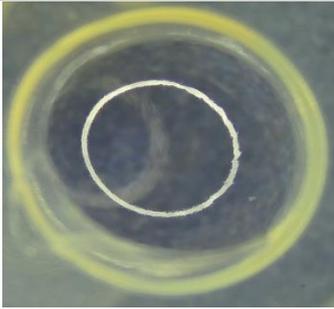
Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

**Tabla 4-6:** Características culturales de la colonia crema irregular plana.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia crema irregular plana		<b>Forma:</b> irregular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> lobado <b>Superficie:</b> rugosa <b>Color:</b> crema <b>Características ópticas:</b> translúcido

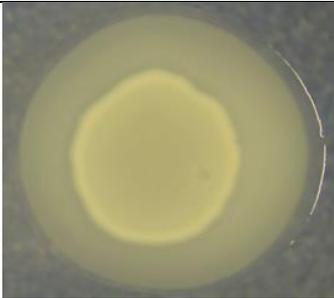
Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

**Tabla 4-7:** Características culturales de la colonia traslúcido con borde amarillo circular.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia traslúcido con borde amarillo circular		<b>Forma:</b> circular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> entera <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> traslúcido con borde amarillo <b>Características ópticas:</b> traslúcido

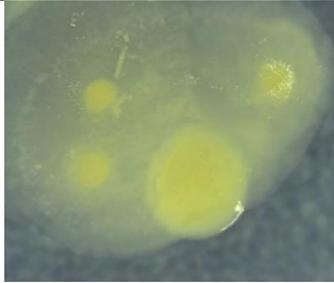
Realizado por: Chuint, Luz, 2023.

**Tabla 4-8:** Características culturales de la colonia café obscuro traslúcido circular.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia café obscuro traslúcido circular		<b>Forma:</b> circular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> entera <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> café obscuro <b>Características ópticas:</b> traslúcido

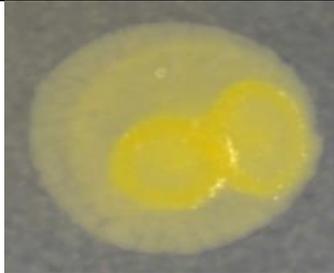
Realizado por: Chuint Luz, 2023.

**Tabla 4-9:** Características culturales de la colonia amarillo traslúcido puntiforme.

Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia amarillo traslúcido puntiforme		<b>Forma:</b> puntiforme <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> entera <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> amarillo <b>Características ópticas:</b> traslúcido

Realizado por: Chuint Luz, 2023.

**Tabla 4-10:** Características culturales de la colonia amarillo brillante puntiforme.

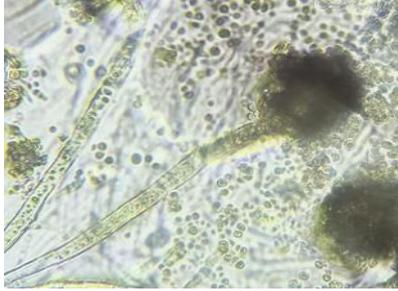
Morfología colonial	Fotografía	Identificación cultural
Colonia amarillo brillante puntiforme		<b>Forma:</b> puntiforme <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> entera <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> amarillo <b>Características ópticas:</b> brillante

Realizado por: Chuint Luz, 2023.

#### 4.1.2.1. Morfotipo $M_210^{-3}R_2$ : *Aspergillus niger*

Este morfotipo fue extraído de la muestra dos de la concentración  $10x^{-2}$  de la repetición dos ( $M210^{-3}R2$ ), se realizó el debido aislamiento, en el cual presenta una forma circular, elevación plana, borde: entera, superficie lisa de color blanco con puntos negros y con características ópticas opaca.

**Tabla 4-11:** Identificación cultural y microscópica del género *Aspergillus niger*.

Morfología colonial	Identificación cultural	Identificación microscópica
	<b>Forma:</b> circular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> entera } <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> blanco con puntos negros <b>Características ópticas:</b> opaca	

Realizado por: Chuint Luz, 2023.

*Aspergillus niger* es uno de los microorganismos más importantes utilizados en biotecnología. Ya se ha utilizado durante muchas décadas para producir enzimas extracelulares (alimentarias) y ácido cítrico. De hecho, el ácido cítrico y muchas enzimas de *Aspergillus niger* son considerados GRAS por la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos. Además, *Aspergillus niger* se utiliza para biotransformaciones y tratamiento de residuos (Schuster, et al., 2002, pp. 426-435).

#### 4.1.2.2. Morfotipo $M_110^{-2}R_1$ : *Purpureocillium sp*

Este morfotipo fue extraído de la muestra uno de la concentración  $10x^{-2}$  de la repetición uno ( $M110^{-2}R1$ ), se realizó el debido aislamiento, en el cual presenta una forma circular con elevación plana, borde entero, superficie lisa de color café con bordes blancos y con características ópticas opaca.

**Tabla 4-12:** Identificación cultural y microscópica del género *Purpureocillium sp*.

Morfología colonial	Identificación cultural	Identificación microscópica
	<b>Forma:</b> circular <b>Elevación:</b> plana <b>Borde:</b> entera <b>Superficie:</b> lisa <b>Color:</b> café con bordes blancos <b>Características ópticas:</b> opaca	

Realizado por: Chuint Luz, 2023.

*Purpureocillium* es especie saprobia aislada del suelo, también presente en la vegetación en descomposición, en adultos y larvas de insectos, nematodos, humanos, animales e inclusive en el aire, además tiene un gran potencial como biocontrolador de nematodos (Deng, et al., 2012, p. 66-70).

#### 4.1.2.3. Morfotipo $M_110^{-3}R_1$ : *Penicillium* sp

Este morfotipo fue extraído de la muestra uno de la concentración  $10x^{-3}$  de la repetición uno ( $M110^{-3}R1$ ), se realizó el debido aislamiento, presenta forma circular, elevación plana, borde entero, superficie radial de color verde con bordes blancos y con características ópticas opaca.

**Tabla 4-13:** Identificación cultural y microscópica del género *Penicillium* sp.

Morfología colonial	Identificación cultural	Identificación microscópica
	<p><b>Forma:</b> circular  <b>Elevación:</b> plana  <b>Borde:</b> entera  <b>Superficie:</b> radial  <b>Color:</b> verde con bordes blancos  <b>Características ópticas:</b> opaca</p>	

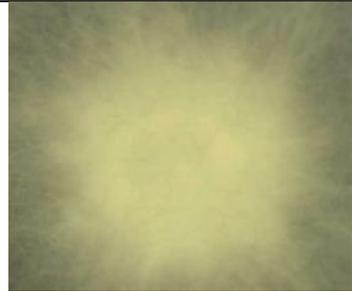
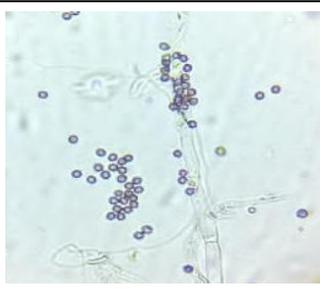
Realizado por: Chuint Luz, 2023.

*Penicillium* sp. es uno de los hongos más comunes en una amplia variedad de hábitats, tiene una distribución mundial y un gran impacto económico en la vida humana, este género es de gran importancia en campos diversos, como el deterioro de los alimentos y la biotecnología. *Penicillium* también puede producir una amplia gama de metabolitos secundarios, incluidas varias micotoxinas dañinas, compuestos antibacterianos y antifúngicos, inmunosupresores y agentes reductores del colesterol. El mejor ejemplo de un fármaco derivado de un hongo es la penicilina, el primer antibiótico de la historia (El hajj assaf., et al, 2020, p. 9462).

#### 4.1.2.4. Morfotipo $M_110^{-4}R_2$ : *Bauveria bassiana*

Este morfotipo fue extraído de la muestra uno de la concentración  $10x^{-4}$  de la repetición dos ( $M110^{-4}R2$ ), se realizó el debido aislamiento, presenta forma irregular, elevación plana, borde crenado, superficie lisa de color blanco y con características ópticas opaca.

**Tabla 4-14:** Identificación cultural y microscópica del género *Bauveria bassiana*.

Morfología colonial	Identificación cultural	Identificación microscópica
	<p><b>Forma:</b> irregular  <b>Elevación:</b> plana  <b>Borde:</b> crenada  <b>Superficie:</b> lisa  <b>Color:</b> blanco  <b>Características ópticas:</b> opaca</p>	

Realizado por: Chuint Luz, 2023.

*Bauveria bassiana* ha asumido un papel clave en el manejo de numerosas plagas de artrópodos agrícolas, veterinarios y forestales. *Beauveria* se implementa típicamente en una o más aplicaciones de inundación de grandes cantidades de conidios aéreos en formulaciones secas o líquidas, en un paradigma químico. La producción en masa se practica principalmente mediante fermentación en estado sólido para producir conidios aéreos hidrófobos, que siguen siendo el principal ingrediente activo de los micoinsecticidas. Las plataformas posteriores de fermentación y formulación más robustas y rentables son imprescindibles para su comercialización general por parte de la industria (Mascarín, et al, pp. 1-26).

#### 4.1.2.5. Morfotipo $M_210^{-3}R_2$ : *Aspergillus sp*

Este morfotipo fue extraído de la muestra dos de la concentración  $10x^{-3}$  de la repetición dos ( $M_210^{-3}R_2$ ), se realizó el debido aislamiento, presenta forma irregular, elevación lisa, borde ondulado, superficie lisa l de color verde y con características ópticas brillante.

**Tabla 4-15:** Identificación cultural y morfológica del género *Aspergillus sp*.

Morfología colonial	Identificación cultural	Identificación microscópica
	<p><b>Forma:</b> irregular  <b>Elevación:</b> lisa  <b>Borde:</b> ondulada  <b>Superficie:</b> lisa  <b>Color:</b> verde  <b>Características ópticas:</b> brillante</p>	

Realizado por: Chuint Luz, 2023.

*Aspergillus sp* presentan notable importancia en aplicaciones biotecnológicas, y numerosos estudios han reportado la importancia de los parámetros de fermentación, como nutrientes, temperatura y tiempo de fermentación (Contesini, et al, 2010, pp. 163-171).

#### ***4.1.3. Cuantificación de los microorganismos presentes en el suelo de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación***

Para poder realizar la cuantificación se realizó 45 cajas de estudio, en los cuales existen cinco tipos de concentración iniciando desde  $10x^{-1}$  y terminando en  $10x^{-5}$  con tres repeticiones. Una vez analizado los objetos de estudio se procede a separar hongos de bacterias, una vez realizado esto se cuantifica por muestras en diferentes concentraciones en cada una de las repeticiones, se pudo observar y contabilizar que, de las tres muestras de suelos obtenido, la herbácea fue superior en la multiplicación de bacterias y hongos, tomando el segundo lugar la arbustiva y por último la almohadilla.

En el cual se contabiliza 10.170.000 unidades formadoras de colonias de bacterias y 57.400 unidades formadoras de colonias de hongos.

En la muestra de herbáceas (M1) en las concentraciones de  $10x^{-1}$ ,  $10x^{-2}$  y  $10x^{-3}$  en las tres repeticiones se visualizó que las bacterias son incontables y desde la concentración  $10x^{-4}$  y  $10x^{-5}$  pueden ser contables y visualizar los diferentes morfotipos para así proceder a identificar, en cambio los hongos fueron incontables en la repetición uno, en la concentración  $10x^{-1}$  y  $10x^{-2}$  en la repetición dos, en la repetición uno con concentración  $10x^{-2}$ ,  $10x^{-3}$  y  $10x^{-4}$  son contables, igualmente en la repetición dos en las concentraciones de  $10x^{-3}$  y  $10x^{-4}$  son contables y por lo contrario en la repetición uno con concentración  $10x^{-5}$ , repetición dos con concentración  $10x^{-1}$  y en la repetición tres en todas las concentraciones no se visualiza ningún tipo de hongo.

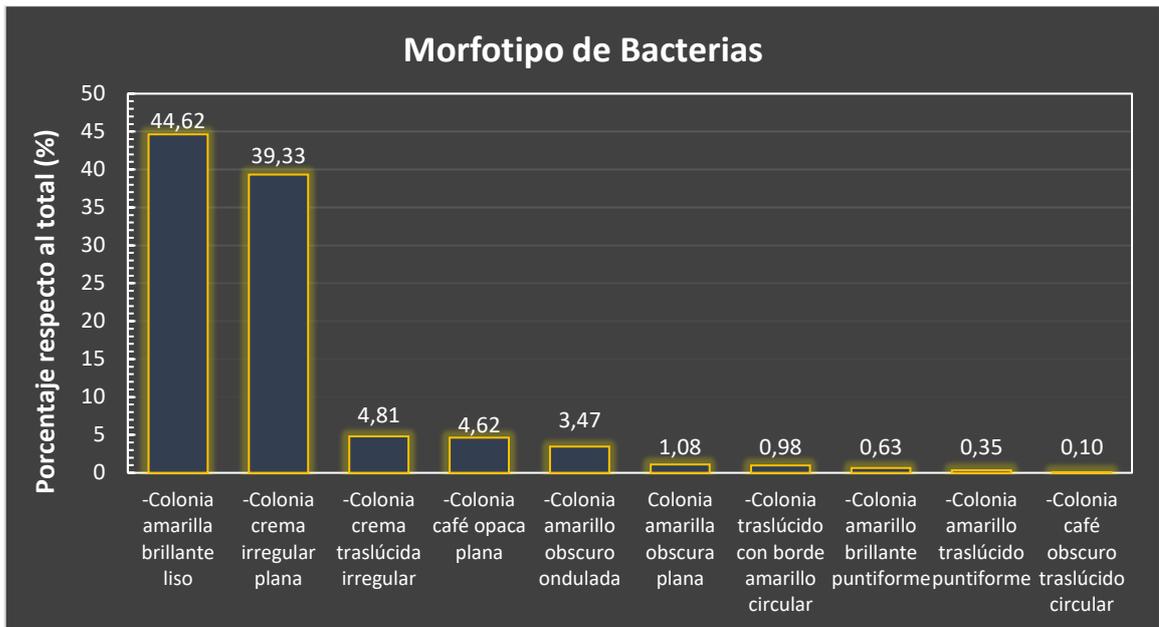
En la muestra de arbustivas (M2), en las tres repeticiones y en las dos primeras concentraciones son incontables, y en las últimas concentraciones en las tres repeticiones son contables en este caso en bacterias, todo lo contrario, en los hongos los únicos contables estuvieron en la repetición uno y repetición dos con las concentraciones  $10x^{-2}$  y  $10x^{-3}$ , no se visualiza en la repetición tres y en las concentraciones no mencionadas.

En la muestra de almohadilla (M3), en las tres repeticiones en las dos primeras concentraciones las bacterias son incontables, las contables se visualizan en las tres repeticiones, pero en la concentración de  $10x^{-3}$  y  $10x^{-4}$ , en la última concentración no se visualiza nada y en el caso de hongos no se visualizó en ninguna concentración y en ninguna repetición.

**Tabla 4-16:** Unidades formadoras de colonias de bacterias y hongos (UFC).

<b>UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS DE BACTERIAS</b>				
<b>DILUCIONES</b>	<b>MUESTRAS (M)</b>	<b>REPETICIONES (R)</b>		
		<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
10 <sup>-1</sup>	HERBÁCEA (M1)	INCONTABLE	INCONTABLE	INCONTABLE
10 <sup>-2</sup>		INCONTABLE	INCONTABLE	INCONTABLE
10 <sup>-3</sup>		INCONTABLE	INCONTABLE	INCONTABLE
10 <sup>-4</sup>		9,1X10 <sup>5</sup>	1,89X10 <sup>6</sup>	1,89X10 <sup>6</sup>
10 <sup>-5</sup>		4,7 X10 <sup>5</sup>	5,7 X10 <sup>5</sup>	5,9 X10 <sup>5</sup>
10 <sup>-1</sup>	ARBUSTIVA (M2)	INCONTABLE	INCONTABLE	INCONTABLE
10 <sup>-2</sup>		INCONTABLE	INCONTABLE	INCONTABLE
10 <sup>-3</sup>		2,13 X10 <sup>5</sup>	1,61 X10 <sup>5</sup>	1,69 X10 <sup>5</sup>
10 <sup>-4</sup>		3,9 X10 <sup>5</sup>	4,3 X10 <sup>5</sup>	5,9 X10 <sup>5</sup>
10 <sup>-5</sup>		5 X10 <sup>5</sup>	8 X10 <sup>5</sup>	2,6 X10 <sup>6</sup>
10 <sup>-1</sup>	ALMOHADILLA (M3)	INCONTABLE	INCONTABLE	INCONTABLE
10 <sup>-2</sup>		INCONTABLE	INCONTABLE	INCONTABLE
10 <sup>-3</sup>		1,67X10 <sup>5</sup>	6,1X10 <sup>4</sup>	6,9X10 <sup>4</sup>
10 <sup>-4</sup>		0	10 <sup>4</sup>	6x10 <sup>4</sup>
10 <sup>-5</sup>		0	0	0
<b>UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS DE HONGOS</b>				
<b>DILUCIONES</b>	<b>MUESTRAS (M)</b>	<b>REPETICIONES (R)</b>		
		<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
10 <sup>-1</sup>	HERBÁCEA (M1)	INCONTABLES	0	0
10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-2</sup>	INCONTABLES	0
10 <sup>-3</sup>		2X10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	0
10 <sup>-4</sup>		10 <sup>4</sup>	4X10 <sup>4</sup>	0
10 <sup>-5</sup>		0	0	0
10 <sup>-1</sup>	ARBUSTIVA (M2)	0	0	0
10 <sup>-2</sup>		10 <sup>2</sup>	2X10 <sup>2</sup>	0
10 <sup>-3</sup>		3X10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	0
10 <sup>-4</sup>		0	0	0
10 <sup>-5</sup>		0	0	0
10 <sup>-1</sup>	ALMOHADILLA (M3)	0	0	0
10 <sup>-2</sup>		0	0	0
10 <sup>-3</sup>		0	0	0
10 <sup>-4</sup>		0	0	0
10 <sup>-5</sup>		0	0	0

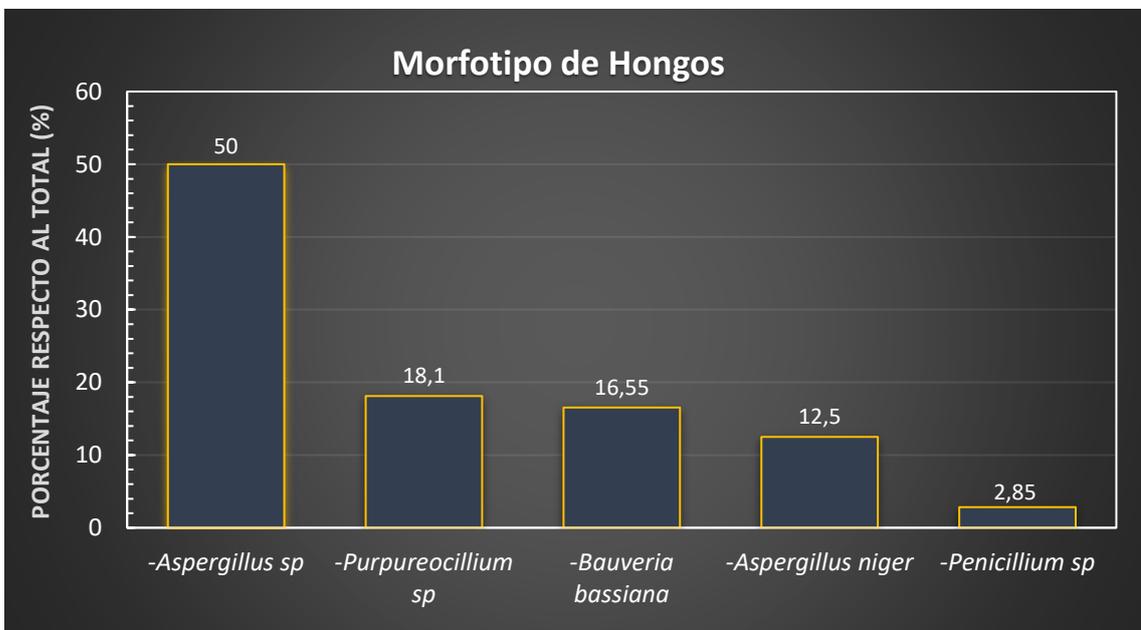
Realizado por: Chuint Luz, 2023.



**Ilustración 4-1:** Morfofotipo de bacterias

Realizado por: Chuint Luz, 2023.

De acuerdo a la información de la ilustración 4-1 la proporción de colonias de bacterias del morfofotipo amarillo brillante liso conforman el 44,62% del total de colonias observadas, seguido por la proporción de colonias del morfofotipo crema irregular plana que representan el 39,33% del total; mientras que los restantes ocho morfofotipos no alcanzan individualmente ni el 5% del total.



**Ilustración 4-2:** Especie de hongos

Realizado por: Chuint Luz, 2023.

Según la información de la ilustración 4-2 la proporción de colonias de hongos del *Aspergillus sp.* son preponderantes conformando el 50% del total de colonias observadas, seguido por la proporción de colonias *Purpureocillium sp.* que representan el 18,1% del total, en tercer lugar, se encuentran *Bauveria bassiana* que representa el 16,55%, en cuarto lugar, *Aspergillus niger* con el 12,5% y por último las colonias de *Penicillium sp* corresponden al 2,85% restante.

#### **4.2. Discusión**

La altitud a la que se encuentra un ecosistema terrestre natural determina las comunidades microbianas que habitan en sus suelos; esto se debe a que la altura influye en varios factores bióticos (seres vivos) y abióticos (condiciones físico-químicas) que condicionan el tipo de microorganismos que pueden prosperar (Velez et al., 2023, p. 1). Esto sugiere que los microorganismos del suelo de páramo, tanto hongos como bacterias, que están presentes en las comunidades El Chilco y El Calvario del cantón Tisaleo están influenciadas principalmente por el hecho de estar localizadas a 3743 m de altura media sobre el nivel del mar. No obstante, también hay una influencia directa del tipo de vegetación existente (Delgado et al., 2021, p. 1), lo cual se evidenció en la presente investigación, dado que los morfotipos de colonias de bacterias y hongos y la abundancia de los mismos vieron que estaban influenciadas por el tipo de vegetación. En este sentido, conforme la información mostrada en la Tabla 4-16, se determinó que el suelo de páramo bajo la vegetación herbácea tiene una mayor cantidad de colonias de bacterias y hongos, seguido por el suelo bajo la vegetación arbustiva y por último el suelo bajo la vegetación almohadilla es el que tiene una menor cantidad de colonias. Estos resultados corroboran la información presentada en la investigación desarrollada por (Machado, 2022) que tuvo lugar en la misma zona geográfica.

Otro aspecto que tiene una incidencia en la presencia de microorganismos del suelo de los páramos es la composición físico-química de los mismos (Hidalgo, 2016). Al respecto en la investigación de (Machado, 2022) se determinó que los suelos de las comunidades El Chilco y El Calvario del cantón Tisaleo tienen una densidad media de 0.89 g/cm<sup>3</sup>, no presentan plasticidad, por su textura son esencialmente arenosos francos con una composición de 84% de arena, 14% de limo y 2% de arcilla; según su pH son fuertemente ácidos (5.58), con una alta humedad y poseen exceso de materia orgánica, potasio, sodio, hierro, cobre, manganeso, zinc y una elevada relación carbono/nitrógeno.

Complementariamente, la menor disponibilidad de oxígeno en alturas elevadas promueve el desarrollo de microorganismos anaerobios y microaerófilos, que están mejor adaptados a esas condiciones. Esto explica la razón por la que en suelos de páramo se encuentran diferentes

comunidades microbianas respecto a las de tierras bajas. La baja temperatura también favorece el crecimiento de microbios psicrófilos y limita microbios mesófilos. Esto determina la prevalencia de unos u otros según la altitud. La radiación ultravioleta mayor en altura puede ser dañina para algunos microbios, por lo que prosperan aquellos con adaptaciones para protegerse de sus efectos. Las raíces y rizomas de las plantas liberan exudados que atraen a ciertos microbios simbióticos o patógenos específicos de esa vegetación. Algunos hongos y bacterias fijan nitrógeno, descomponen materia orgánica, o cumplen otras funciones que ayudan a sostener ese tipo de vegetación, creando interdependencia (Corrales, 2015, pp. 57-59).

Es importante destacar que los hongos son organismos clave en el suelo, especialmente en ecosistemas forestales y agrícolas. A pesar de que algunas especies del género *Aspergillus* pueden ser patógenas, muchas tienen efectos positivos en la agricultura y el medioambiente. Por ejemplo, las especies de *Aspergillus* juegan un papel clave en la descomposición de materia orgánica vegetal como celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina. Estos hongos pueden digerir eficientemente los complejos sustratos de carbono presentes en desechos de plantas. Este proceso de degradación es muy importante en el ciclo de nutrientes, especialmente en el ciclo del carbono. Al descomponer la biomasa vegetal, *Aspergillus* libera dióxido de carbono y otros compuestos inorgánicos de nuevo al ambiente. De esta forma, estos hongos contribuyen a reciclar el carbono fijado por las plantas y mantener el equilibrio de este elemento tan fundamental para la vida (Nayak et al., 2020, p. 19). Entre las líneas de investigación que se pueden desarrollar sobre el *Aspergillus sp.* en los suelos de páramos, consta el análisis de los efectos del cambio climático y otras perturbaciones antropogénicas sobre las poblaciones de *Aspergillus sp.* en ecosistemas de páramo frágiles.

Por otra parte, el género de hongos *Purpureocillium sp.* ejerce un control biológico de plagas al producir metabolitos que inhiben y matan larvas de insectos, nematodos y otros patógenos de plantas nativas del páramo; también actúa como agente de biocontrol natural, siendo promotor del crecimiento vegetal, este hongo solubiliza fosfatos, fija nitrógeno atmosférico y produce reguladores de crecimiento como auxinas que estimulan el desarrollo de las plantas del páramo (Salazar et al., 2014, pp. 24-25).

#### **4.3. Comprobación de la hipótesis**

Se formularon dos hipótesis las cuales son las siguientes:

#### **4.3.1. Hipótesis nula**

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

#### **4.3.2. Hipótesis alternativa**

Al menos uno de los tipos de vegetación del páramo influye en la diversidad biológica del suelo

En la cual se demostró la hipótesis alternativa donde si demuestra que la vegetación herbácea si influye en la diversidad biológica puesto que es la muestra de suelo posee más diversidad tanto en hongos como en bacterias las cuales si alteran la biología del suelo.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Los microorganismos que fueron encontrados son bacterias y hongos, las predominantes fueron las bacterias con el 99,44% y los hongos con el 0,56%. La predominancia de las bacterias en el suelo de páramo resalta la importancia de estos microorganismos en el ecosistema, ya que desempeñan un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno y la ciclación de nutrientes esenciales.

Se encontraron 10 morfotipos de bacterias, con predominio de la colonia amarilla brillante liso con el 44,62% del total, le sigue la colonia crema irregular plana con el 39,33%, la colonia crema traslúcida irregular con el 4,81% igualmente la colonia crema traslúcida irregular con 4,81%, la colonia café opaca plana con el 4,62%, la colonia amarillo obscuro ondulada con el 3,47%, la colonia amarilla oscura plana con el 1,08%, la colonia traslúcida con borde amarillo circular con el 0,98%, la colonia amarillo brillante puntiforme con el 0,63%, la colonia amarillo traslúcida puntiforme con 0,35% y por último la colonia café obscuro traslúcida circular con el 0,10%.

Se encontró cinco diferentes géneros de hongos con predominio del género *Aspergillus sp*, que representó con el 50% del total, por lo tanto, es el que ocupa el primer lugar, seguido por *Purpureocillium sp* con 18,10%, *Aspergillus niger* con 12,50%, *Bauveria bassiana* con 16,55% y por último *Penicillium sp* con el 2,85%.

- La biodiversidad microbiana entre los tres diferentes tipos de vegetación del suelo fue diferente, siendo la primera muestra las herbáceas, con un mayor índice de microorganismos reflejo; en contraste a la tercera muestra que sería la almohadilla fue la que presentó los valores más bajos de dicho índice, lo que nos indica que en la muestra dos en las arbustivas existe un equilibrio de biodiversidad.

## **5.2. Recomendaciones**

Para realizar la identificación de bacterias se recomienda ejecutar diversas pruebas de caracterización bioquímica que permiten integrar la caracterización morfológica y así poder realizar la debida identificación de la especie o el género para el debido estudio.

Se recomienda realizar una socialización a todo el cantón de Tisaleo, puesto que ya existe un estudio que determine el tipo de microorganismos que posee el suelo, con el propósito de concientizar sobre la importancia de la conservación y manejo responsable del suelo de páramo especialmente con especies herbáceas, para poder evitar el mal manejo de estos recursos.

Investigar las contribuciones de bacterias y hongos a los procesos ecológicos, como la descomposición de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno y el reciclaje de nutrientes, con el fin de proporcionar una comprensión más completa de su papel en la ecología del páramo. Esto podría realizarse a través de un estudio genético de comunidades microbianas o ensayos de laboratorio para evaluar la capacidad funcional de las comunidades microbianas.

Establecer colaboraciones con agencias de conservación y gestión ambiental locales para integrar esta información en las estrategias de manejo y políticas de conservación. La colaboración se centraría en la transferencia y aplicación de los hallazgos de la investigación en la toma de decisiones y acciones prácticas para la conservación y gestión sostenible de los ecosistemas de páramo.

## GLOSARIO

**Agar de dextrosa de patata:** Medio de cultivo utilizado para el crecimiento y la identificación de microorganismos presentes en muestras ambientales, como suelos. Contiene extracto de patata y dextrosa como fuentes de nutrientes para los microorganismos (Madigan et al., 2015).

**Colonias de bacterias:** Grupos visibles de bacterias que crecen en medios de cultivo sólidos, como agar, y que resultan de la multiplicación de una sola bacteria inicial. Estas colonias pueden variar en forma, tamaño y color y son útiles para identificar los tipos de bacterias (Ríos, 2012, p. 56).

**Factor de dilución:** Relación entre el volumen de una muestra original y el volumen final después de diluirla con un líquido, generalmente agua o un medio estéril. Se utiliza para reducir la concentración de microorganismos en una muestra y facilitar su conteo (Jawetz et al., 2007, p. 78).

**Microorganismo:** Organismos extremadamente pequeños, a menudo unicelulares, como bacterias, virus, hongos y protozoos, que solo pueden ser vistos a través de un microscopio (Madigan et al., 2015).

**Morfotipo de bacterias:** Grupo de bacterias que comparten características morfológicas similares, como forma, tamaño y color en cultivos de laboratorio, y que pueden ser utilizados para identificarlas preliminarmente (Prescott et al., 2008, p. 217).

**Nitrificación del suelo:** Proceso biológico en el cual ciertas bacterias oxidan amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y luego a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), convirtiendo formas de nitrógeno menos disponibles en nitrato, que es una forma más soluble y disponible para las plantas (Cain et al., 2013, p. 389).

**Suelos de páramo andino:** Suelos característicos de las regiones de páramo en los Andes, que se encuentran a altitudes elevadas y suelen estar compuestos por materia orgánica, minerales y materiales volcánicos (Llambí et al., 2012).

**Vegetación arbustiva:** Tipo de vegetación que está dominada por arbustos, plantas de tallo leñoso y ramificado, que son más pequeñas que los árboles, pero más grandes que las hierbas (Cain et al., 2013, p. 425).

**Vegetación almohadilla:** Tipo de formación vegetal caracterizada por plantas que crecen en forma de cojines compactos y bajos en entornos alpinos o de alta montaña. Esta adaptación ayuda a proteger a las plantas del viento y las condiciones extremas (Rodríguez, 2011).

**Vegetación herbácea:** Plantas que no tienen tejido lignificado, como árboles o arbustos, y que generalmente tienen tallos suaves y flexibles. Estas plantas suelen incluir hierbas, pastos y otras plantas de crecimiento bajo (Smith y Smith, 2007).

**Volumen de inóculo:** Cantidad de microorganismos o material biológico que se introduce deliberadamente en un medio de cultivo o en una muestra para iniciar un proceso de cultivo o experimento. Es importante para controlar la densidad inicial de microorganismos en un estudio (Romero, 2015, p. 143).

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALARCÓN, J.; et al.** “Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso”. Revista Ingeniería de Construcción [en línea], 2020, (Colombia) 35 (1), pp. 5-20. [Consulta: 02 marzo 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732020000100005&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732020000100005&script=sci_arttext).
2. **ALCALÁ, Luis; et al.** *Aspergillus y aspergilosis* [blog]. Madrid-España, 2019. [Consulta: 15 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micologia/asperguillus.pdf>.
3. **ANDRADE, Dany.** Análisis multitemporal de la cobertura de páramo en la producción de agua en la cuenca alta del río Apuela, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura [en línea] (Trabajo de grado) (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, Ecuador. 2016. [Consulta: 2023-03-20]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6910>.
4. **ARGOTI, Ana.** Identificación de microorganismos de suelo de páramo alto andino potencialmente electrogénicos para producir bioelectricidad [En línea] (Proyecto de investigación) (Ingeniera en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Ciencias, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Riobamba, Ecuador. 2019. [Consulta: 2023-03-25]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13273>.
5. **ARGUELLO, Sandy.** Diversidad microbiana en relación a un gradiente altitudinal en el páramo del volcán Ilinizas [En línea] (Trabajo de titulación) (Licenciada en Ciencias Biológicas y Ambientales). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Biológicas, Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales. Quito, Ecuador. 2022. [Consulta: 2023-03-17]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27676>.
6. **BELTRÁN, K.; et al.** *Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística en Ecuador* [En línea]. Quito-Ecuador: Ediecuatorial, 2009. [Consulta: 06 marzo 2023]. Disponible en: [https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio\\_view.php?bibid=118750&tab=opac](https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=118750&tab=opac).

7. **CAIN, Michael; et al.** *Ecología* [en línea]. Tercera edición. Sinauer Asociados, 2014. p. 389. [Consulta: 17 abril 2023]. ISBN: 978-0878934454. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Michael-L-Cain/dp/0878934456>.
8. **CAMACHO, Miguel.** “Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su consideración y aprovechamiento sostenible”. ANALES de la Universidad Central del Ecuador [en línea], 2013 (Quito), 2013. pp. 78-92. [Consulta: 17 marzo 2023]. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1241/1227>.
9. **CARRILLO, Galo; et al.** “The breathing of the Andean highlands: Net ecosystem exchange and evapotranspiration over the páramo of southern Ecuador”. *Agricultural and Forest Meteorology* [en línea], 2019, (Ecuador) 265, pp. 30-47. [Consulta: 25 marzo 2023]. ISSN 0168-1923. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192318303526>.
10. **CEVALLOS, Santiago.** Composición y cobertura florística del páramo del Antisana en dos diferentes estados de conservación: páramos conservado y sobrepastoreado [en línea] (Trabajo de titulación) (Licenciado en Ciencias Biológicas y Ambientales). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Biológicas, Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales. Quito, Ecuador. 2022. [Consulta: 2023-04-10]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26746>.
11. **CHINCHILLA, Miguel; et al.** “Andisoles, inceptisoles y entisoles de la subcuenca del río Pirrís, región de los santos, Talamanca, Costa Rica”. *Agronomía Costarricense* [en línea], 2011. (Costa Rica) 35 (1), pp. 83-107. [Consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 0377-9424. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242011000100005](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242011000100005).
12. **CONTESINI, Fabiano; et al.** “Aspergillus sp. lipasa: biocatalizador potencial para uso industrial”. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* [en línea], 2010. (Brasil) 67 (3-4), pp. 163-171. [Consulta: 05 junio 2023]. ISSN 1381-1177. Disponible en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-b2560dcb-d326-31df-8f0c-6390ce172a44>.
13. **CORRALES, Lucia; et al.** “Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta”. *Nova* [en línea], 2015. (Colombia) 13 (23), pp. 55-

81. [Consulta: 07 junio 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v13n24/v13n24a06.pdf>.

14. **CURIEL, Jorge.** “Esenciales para la vida en el planeta: Microorganismos”. Naturalmente [en línea], 2019. (España), pp. 18-21. [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.mncn.csic.es/sites/default/files/2019-07/nm06\\_04microorganismos.pdf](https://www.mncn.csic.es/sites/default/files/2019-07/nm06_04microorganismos.pdf).
15. **DE LA CRUZ, R.; et al.** *Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: Abya Yala, 2009. [Consulta: 29 marzo 2023]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/49240.pdf>.
16. **DELGADO, Ernesto; et al.** “Soil fungal diversity of the aguarongo andean forest (Ecuador)”. *Biology* [en línea], 2021. (Ecuador), 10 (12), pp. 1-17. [Consulta: 19 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-7737/10/12/1289>.
17. **DENG, Jian Xin; et al.** “First report on isolation of *Penicillium adametzioides* and *Purpureocillium lilacinum* from decayed fruit of Cheongsoo grapes in Korea”. *Mycobiology* [en línea], 2012, (Korea) 40 (1), pp. 66-70. [Consulta: 23 abril 2023]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5941/MYCO.2012.40.1.066>.
18. **DOMÍNGUEZ, Heber.** Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el municipio de Cumaribo, departamento del vichada [En línea] (Tesis de pregrado). (Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente) Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Cumaribo, Colombia. 2016. [Consulta: 2023-06-20]. Disponible en: <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/2974>.
19. **EL HAJJ ASSAF, Christelle, et al.** “Regulation of secondary metabolism in the *Penicillium* genus”. *International Journal of Molecular Sciences* [en línea], 2020, (Francia) 21 (24), pp. 1-25. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/21/24/9462>.
20. **FAO.** *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales* [en línea]. Bogotá-Colombia: Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura, Gobierno de Colombia, 2018. [Consulta: 07 abril 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/I8864ES>.

21. **FAO.** *Propiedades Biológicas* [blog]. Roma, 2022. pp. 5-8. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/about/org-chart/es/>.
22. **FERTIBOX.** *Microorganismos, los grandes desconocidos de nuestro suelo* [blog]. España: 18 julio, 2019. pp. 7-10. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/microbiologia-agricola>.
23. **FERTILAB.** *¿Qué es el pH del suelo y para qué nos sirve?* [blog]. México: 2017. [Consulta: 11 febrero 2023]. Disponible en: [https://www.fertilab.com.mx/blog/319-que-es-el-ph-del-suelo-y-para-que-nos-sirve/#:~:text=El%20pH%20es%20un%20indicador,plantas%20\(Castellanos%2C%20202000\)](https://www.fertilab.com.mx/blog/319-que-es-el-ph-del-suelo-y-para-que-nos-sirve/#:~:text=El%20pH%20es%20un%20indicador,plantas%20(Castellanos%2C%20202000)).
24. **GARCÍA DE SALAMONE, Inés.** “Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas”. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea]. 2011, 43(1), pp. 1-3 [Consulta 12 abril 2023]. ISSN: 0325-7541. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=213019226001>.
25. **GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.** *Páramos de Tisaleo* [blog]. Ecuador: 2022. [Consulta: 25 febrero 2023]. Disponible en: <https://tungurahuatourismo.com/es-es/tungurahua/tisaleo/manglares-humedales/páramos-tisaleo-awxt3fss4>.
26. **GONZÁLEZ, Fabián.** Caracterización físico-química y microbiológica de suelos paramunos del P.N.N. Sumapaz sometidos al cultivo convencional orgánico de papa post-descanso de actividad agrícola [En línea] (Tesis de Pregrado). Universidad Distrital Francisco José Caldas, facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Programa de Tecnología en Saneamiento Ambiental. Bogotá, Colombia. 2016. [Consulta: 2023-03-04]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7152>.
27. **HIDALGO, María.** Caracterización morfológica de microorganismos, físico-química del suelo y arvenses presentes en el hábitat de crecimiento del mortiño (*vaccinium floribundum* Kunth) en el páramo del volcán Rumiñahui, Pichincha [En línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos). Universidad de las Américas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Quito, Ecuador. 2016. [Consulta: 2023-04-19]. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5140>.

28. **HOFSTEDE, R.; & MENA, P.** *Los beneficios escondidos del páramo: servicios ecológicos e impacto humano* [blog]. Quito-Ecuador, 2000. pp. 1-4. [Consulta: 25 abril 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/48035247.pdf>.
29. **HOFSTEDE, Robert; et al.** *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos?* Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo [en línea]. Quito-Ecuador: UICN, 2014. [Consulta: 07 mayo 2023]. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-025.pdf>.
30. **JAWETZ, Ernest; et al.** *Microbiología médica* [en línea]. 28ª edición. México-México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2020. [Consulta: 18 mayo 2023]. ISBN: 978-1-4562-7559-4. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=824035>.
31. **LLAMBÍ, Luis; et al.** *Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto Páramo Andino* [en línea]. Quito-Ecuador, 2012. ISBN: 9789942115492. [Consulta: 15 marzo 2023]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56475.pdf>.
32. **MACHADO, E.** Evaluación de la calidad biológica de suelos de páramo bajo tres diferentes tipos de vegetación en el cantón Tisaleo, provincia del Tungurahua [en línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniera Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera Ingeniería Forestal. Riobamba, Ecuador. (2022). [Consulta: 2023-04-04]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/17955>.
33. **MADIGAN, M.; et al.** *Brock Biología de los Microorganismos* [en línea]. 14ª edición. Madrid-España: Pearson Educación, 2015. [Consulta: 13 mayo 2023]. ISBN: 978-987-82912-0-8. Disponible en: [https://www.academia.edu/39077515/Biolog%C3%ADa\\_de\\_los\\_microorganismos\\_BROCK](https://www.academia.edu/39077515/Biolog%C3%ADa_de_los_microorganismos_BROCK).
34. **MASCARÍN, Gabriel; & JARONSKI, Stefan.** “La producción y usos de *Beauveria bassiana* como insecticida microbiano”. *Revista Mundial de Microbiología y Biotecnología* [en línea], 2016, 32, pp. 1-26. [Consulta: 02 marzo 2023].
35. **MENGEL, Konrad; & KIRKBY, Ernest.** *Principios de Principios de Nutrición Vegetal* [en línea]. 4ta edición. Brasilea-Suiza: Instituto Nacional de Potacio, 2000. Disponible en: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf).

36. **MOROCHO, Carlos; &, CHUNCHO, Guillermo.** “Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión”. *Bosques Latitud Cero* [en línea], 2019, (Ecuador) 9 (2), pp. 71-83. [Consulta: 23 marzo 2023]. ISSN 1390–3683. Disponible en: [https://drive.google.com/file/d/1\\_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIPnS/view](https://drive.google.com/file/d/1_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIPnS/view).
37. **NAVARRETE, Verónica.** Análisis de los ecosistemas de páramo en la cosmovisión andina ecuatoriana [En línea] (Tesis de pregrado) (Licenciada en Ciencias de la Educación mención Ciencias Sociales). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Carrera de Ciencias Sociales. Quito, Ecuador. 2021. p. 29. [Consulta: 2023-04-27]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24451>.
38. **NAYAK, S.; et al.** “Beneficial role of *Aspergillus* sp. in agricultural soil and environment”. *Frontiers in Soil and Environmental Microbiology* [en línea], 2020 pp. 17-36. [Consulta: 10 abril 2023]. ISBN 9780429485794. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429485794-3/beneficial-role-aspergillus-sp-agricultural-soil-environment-shubhransu-nayak-soma-samanta-arup-kumar-mukherjee>.
39. **OSORIO, Miguel; et al.** *El Suelo Principios y Análisis* [en línea]. La Plata- Argentina: Puerto Madero, 2023. [Consulta: 08 abril 2023]. ISBN: 978-987-82912-0-8. Disponible en: <https://puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/pmea/catalog/view/29/103/170>.
40. **OVACEN.** *Páramo; Clima, flora, fauna y características* [blog]. Ovacen 2018. [Consulta: 23 marzo 2023]. Disponible en: <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/páramo/>.
41. **PAZMIÑO, Geraldine.** Influencia de la intervención en los suelos del páramo de Navag-Chimborazo en el contenido de materia orgánica [en línea] (trabajo de titulación) (Ingeniera en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Riobamba, Ecuador. 2020. pp. 7-8. [Consulta: 17 marzo 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/14067>.
42. **PERALTA, Candelario; et al.** “Clasificación del uso y vegetación en áreas de pérdida de cobertura arbórea (2000-2016) en la cuenca del río Usumacinta”. *Madera y Bosques* [en línea], 2019 (México) 25 (3). [Consulta: 29 marzo 2023]. ISSN 2448-7597. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712019000300201&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712019000300201&script=sci_arttext).

43. **PINOS, Daniela; et al.** “Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador”. *Revista de Ciencias Ambientales* [en línea], 2021 (Ecuador) 55 (2), pp. 151-173. [Consulta: 31 marzo 2023] ISSN: 2215-3896. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6650/665070418010/html/>.
44. **PRESCOTT.** *Microbiología* [en línea]. España: McGraw-Hill Interamericana, 2008. p. 217. [Consulta: 01 mayo 2023]. ISBN: 9788448168278. Disponible en: <https://chat.openai.com/c/b24ad7db-f8d8-433a-9906-a01e7d5b6ef3>.
45. **PULIDO, Manuel.** Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo (Tesis doctoral). Universidad de Extremadura, Departamento de Arte y Ciencias del Territorio. Extremadura, España. 2014. p.23. [Consulta: 2023-05-28]. Disponible en: <https://dehesa.unex.es/handle/10662/1621>.
46. **RAMÍREZ, Roberto.** *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo* [en línea]. Bogotá-Colombia: Produmedios, 1997. [Consulta: 12 marzo 2023]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>.
47. **RAMOS, Daniel; et al.** “Caracterización de la vegetación a lo largo de una gradiente altitudinal en la comunidad de Cochahuayco, cuenca media del río Lurín, Lima”. *Ecología Aplicada* [en línea], 2015, (Perú) 14 (1). [Consulta: 15 abril 2023]. ISSN: 1726-2216. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162015000100002](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000100002).
48. **RÍOS LÓPEZ, José.** *Microbiología de los alimentos*. Editorial Médica Panamericana, 2012. p. 56.
49. **RIVERA, David; & RODRÍGUEZ, Camilo.** *Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia* [en línea]. Bogotá-Colombia: Alianza Ediprint Ltda., Guerra Editores, 2010. [Consulta: 24 mayo 2023]. ISBN: 978-958-8343-56-3. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31399/16.pdf?sequence=1>.
50. **RODRÍGUEZ, Marcela.** Grupo de bacterias que comparten características morfológicas similares, como forma, tamaño y color en cultivos de laboratorio, y que pueden ser utilizados

para identificarlas preliminarmente [en línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniera Forestal). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. 2011. [Consulta: 2023-04-09]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/741>.

51. **ROMERO, Fernando; et al.** “Hacia un manejo adaptativo de la reserva de producción de fauna Chimborazo y su zona de amortiguamiento. Sistematización de la aplicación de la metodología Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO)”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; GIZ. Programa ProCamBío II [en línea], 2018 (Ecuador). [Consulta: 02 abril 2023]. Disponible en: <https://www.bivica.org/file/view/id/5394>.
52. **ROMERO CABELLO, Raúl.** *Microbiología y parasitología humana* [en línea]. Tercera edición. España: Editorial médica Panamericana, 2015. [Consulta: 12 abril 2023]. Disponible en: <https://www.iberlibro.com/Microbiolog%C3%8Da-parasitolog%C3%8Da-humana-Romero-Cabello-MEDICA/19183796190/bd>.
53. **ROMERO, Sulma.** Evolución de la gestión del conocimiento en biodiversidad en el Ecuador, periodo 1990-2017 [en línea] (Tesis Maestría). Universidad Andina Simón Bolívar. Quito, Ecuador. 2020. pp. 17-20. [Consulta: 08 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7624>.
54. **SALAZAR, D. A.; et al.** “Antagonismo de *Purpureocillium* sp. (cepa UdeA0106) con hongos aislados de cultivos de flores”. Actualidades Biológicas [en línea], 2014 (Colombia) 36 (100), pp. 22-31. [Consulta: 15 marzo 2023]. ISSN 0304-3584. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842014000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842014000100003&script=sci_arttext).
55. **SANTANA, Zoraida.** *Microorganismos aerotransportados en el Océano Atlántico* [en línea]. Madrid-España: Departamento de Bioquímica, microbiología, biología celular y genética, 2019. [Consulta: 12 marzo 2023]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/16262>.
56. **SILVA, Angélica.** Cálculo de métricas de fragmentación para las coberturas naturales presentes en el municipio de Chía Cundinamarca, a partir del uso de imágenes satelitales Landsat para los años 2003 y 2022 [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniera Forestal). Universidad Militar Nueva Granada, Especialización en Geomática. Bogotá, Colombia.

2022. [Consulta: 2023-03-15]. Disponible en:  
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/43676>.

57. **SCHUSTER, E.; et al.** “On the safety of *Aspergillus niger*: a review”. *Applied microbiology and biotechnology* [en línea], 2002 (Estados Unidos) 59, pp. 426-435. [Consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-002-1032-6>.
58. **SIERRA, R.** *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental* [en línea]. Quito-Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF y EcoCiencia, 1999. [Consulta: 12 marzo 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/268390074\\_Propuesta\\_Preliminar\\_de\\_un\\_Sistema\\_de\\_Clasificacion\\_de\\_Vegetacion\\_para\\_el\\_Ecuador\\_Continental](https://www.researchgate.net/publication/268390074_Propuesta_Preliminar_de_un_Sistema_de_Clasificacion_de_Vegetacion_para_el_Ecuador_Continental).
59. **SMITH, Thomas; SMITH, Robert.** *Ecology* [en línea]. Sexta edición. Madrid-España: Pearson Educación, 2007. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: [https://ele.chaco.gob.ar/pluginfile.php/724686/mod\\_resource/content/1/ECOLOG%C3%8DA%20.PDF](https://ele.chaco.gob.ar/pluginfile.php/724686/mod_resource/content/1/ECOLOG%C3%8DA%20.PDF).
60. **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 abril 2023]. ISSN: 2395-8030. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792013000100071&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792013000100071&script=sci_arttext).
61. **VÉLEZ, Glever; et al.** “Soil bacteria and fungi communities are shaped by elevation influences in Colombian forest and páramo natural ecosystems”. *International Microbiology* [en línea], 2023, pp. 1-15. [Consulta: 2023-03-15]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10123-023-00392-8>.

ANEXOS

ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE CAMPO

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN



FASE DE CAMPO

Recolección de la muestra



Etiquetado de la muestra



Etiquetado de la muestra



Muestra



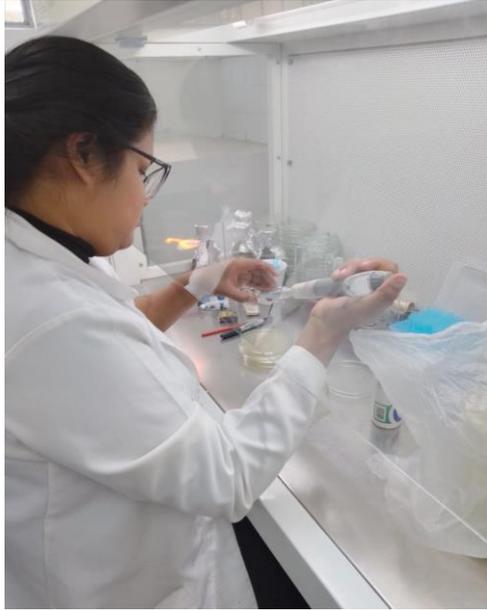
**ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA FASE DE LABORATORIO**

<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN</b>		
<b>FASE DE LABORATORIO</b>		
<p>Trabajo en el laboratorio</p> 	<p>Manipulación de la muestra</p> 	
<p>Conteo</p> 	<p>Conteo</p> 	
<p>Inoculación</p>	<p>Instrumentos</p>	

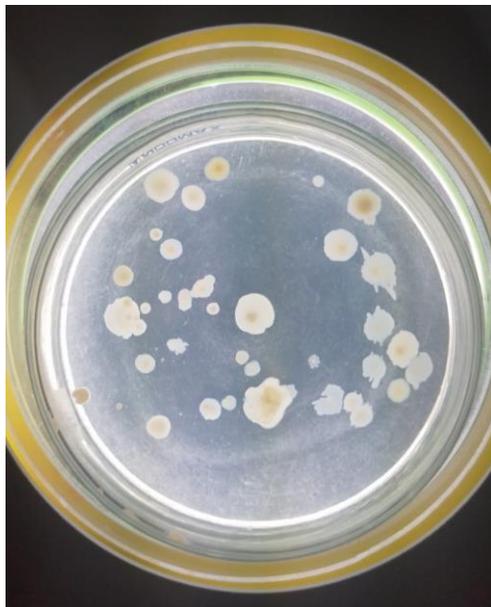
# REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN



## FASE DE LABORATORIO



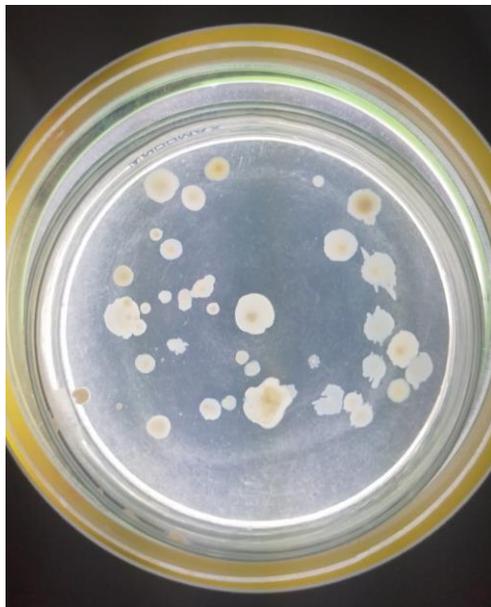
Bacterias



Bacterias



Hongos



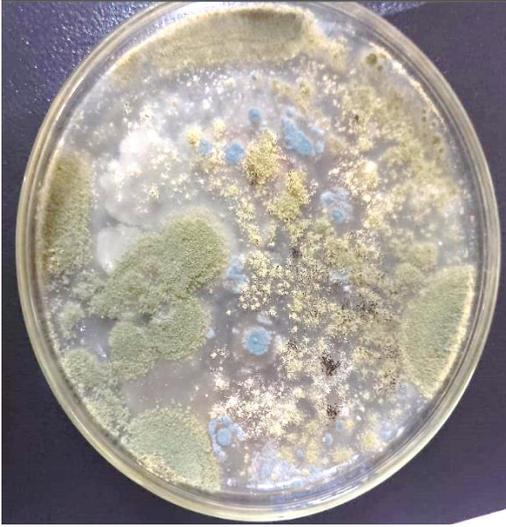
Hongos



# REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA OBSERVACIÓN



## FASE DE LABORATORIO





**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:** 29 / 11 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> LUZ STELA CHUINT KUJA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> RECURSOS NATURALES
<b>Carrera:</b> INGENIERIA FORESTAL
<b>Título a optar:</b> INGENIERA FORESTAL
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. <b>MBA.</b>



1913-DBRA-UTP-2023