

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“CALIDAD DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y
BIOLÓGICOS EN SUELOS BAJO PÁRAMO, PASTO Y CULTIVO,
PARROQUIA ACHUPALLAS PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

Autor(es):

CARLOS EDUARDO CABEZAS LOPEZ

JUAN PABLO GUEVARA RUIZ

Tutor:

Ing. PATRICIO SANTILLAN MsC.

Riobamba - Ecuador

Año 2020

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título:
“CALIDAD DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN SUELOS BAJO PÁRAMO, PASTO Y CULTIVO, PARROQUIA ACHUPALLAS PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

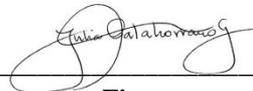
Presentado por: CARLOS EDUARDO CABEZAS LOPEZ
JUAN PABLO GUEVARA RUIZ

Dirigido por: Ing. Patricio Santillán

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Dra. Julia Calahorrano
Presidente del Tribunal



Firma

Ing. Patricio Santillán MSc.
Director del Proyecto



Firma

Msc. María Fernanda Rivera
Miembro del Tribunal



Firma

PhD. Omaira Márquez
Miembro del Tribunal



Firma

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Por la presente, certifico que el actual trabajo de investigación previo la obtención del título de INGENIERO AMBIENTAL, elaborado por: CARLOS EDUARDO CABEZAS LOPEZ y JUAN PABLO GUEVARA RUIZ con el tema “CALIDAD DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN SUELOS BAJO PÁRAMO, PASTO Y CULTIVO, PARROQUIA ACHUPALLAS PROVINCIA DE CHIMBORAZO” el mismo que fue analizado y supervisado bajo mi asesoramiento en calidad de tutor y guía, por lo que se encuentra apto para ser presentado y defendido.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad.



Ing. Patricio Santillán MsC.

CI. 060278077-7

Tutor del proyecto

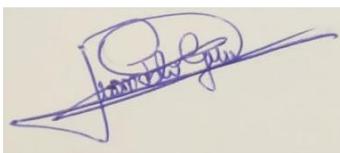
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, Carlos Eduardo Cabezas López con cédula de identidad N° 0603971383 y Juan Pablo Guevara Ruiz, con cédula de identidad N° 0603326711, somos responsables de las ideas, doctrinas, resultados y propuesta realizada en la presente investigación y patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo



Carlos Eduardo Cabezas López

CI. 0603971383



Juan Pablo Guevara Ruiz

CI. 0603326711

AGRADECIMIENTO

Siento un infinito agradecimiento a Dios por permitirme culminar un peldaño más en mi formación profesional, al mismo tiempo quiero agradecer a mis padres que son un claro ejemplo de constancia y amor a mi persona, ya que siempre me brindaron su apoyo incondicional en todo momento, también quiero agradecer a mi fiel compañera Valeria y a mis amadas hijas que son el motor de mi superación.

Carlos Eduardo Cabezas López

Esta investigación ha sido alcanzada por el esfuerzo y el aporte entregado por mí y a todas las personas que me rodean para poder finalizarlo.

Agradezco a mi madre que fue un claro ejemplo de persistencia y amor hacia mi persona ya que siempre me brindó su apoyo incondicional en todo momento tanto malo como bueno.

De manera especial agradecer al Ing. Marco Rodríguez y a todo el departamento de Investigación por darnos a conocer sus conocimientos durante el trabajo investigativo para poder finalizar este periodo de mi vida.

Juan Pablo Guevara Ruiz

Es nuestro deseo además, agradecer a cada uno de nuestros docentes que con su sabiduría han sabido compartir sus conocimientos en la formación de nuestras vidas profesionales, en especial a nuestro tutor MsC. Patricio Santillán por su dedicación e interés hacia nuestro proyecto y al Ing. Marco Rodríguez por su dedicación y apoyo en el laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo, sin ustedes esto no sería posible.

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a mis chiquitas Antonella y Fiorella que con sus ocurrencias y sonrisas hacen que todo en este mundo sea posible, ellas son mi inspiración para seguir adelante y ser una mejor persona cada día.

A mis padres que me apoyaron en todo momento y que nunca perdieron esperanzas de superación hacia mi persona, el amor y el agradecimiento siempre estarán presentes en mi corazón.

A mi esposa cual fiel compañera de batallas quien no dudo en ningún momento que yo lograría culminar mis estudios superiores y que siempre fue mi apoyo moral.

A mis hermanas Joselin y Carolina quienes me dieron un buen ejemplo de superación y constancia además de su apoyo en todo momento.

Carlos Eduardo Cabezas López

Este trabajo de investigación va dedicado a mi madre (Silvia) ya que en todos momentos difíciles en toda la carrera hasta culminarla y con sus palabras de perseverancia e culminado este trabajo también a mi padre (Enrique) que, aunque no esté en este mundo me quedan sus palabras y este trabajo de investigación va para el

A mi tía a la cual me ayudo también con el trabajo de investigación en el ámbito de transporte también fue de gran ayuda para hacer este gran aporte a mi vida profesional.

Juan Pablo Guevara Ruiz

SIGLAS Y ABREVIATURAS

C: Carbono

Cl: Suelo de cultivo

COS: Carbono Orgánico en el suelo

cm³: Centímetro cúbico

DAP: Densidad aparente

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura

g: gramos

MO: Materia Orgánica

Mon: Monolito

pH: Potencial de hidrógeno

Pr: Suelo de páramo

Pt: Suelo de pasto

UTM: Universal Transversal de Mercator

WGS: Sistema Mundial Geodésico

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL	ii
DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA	iii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
SIGLAS Y ABREVIATURAS	vii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	4
1. Objetivo general	4
2. Objetivos específicos	4
ESTADO DEL ARTE	5
1. Recurso suelo	5
2. Clasificación de suelo	6
3. Páramo	8
4. Calidad del suelo	8
4.1. Indicadores físicos de calidad del suelo	9
4.1.1. Densidad aparente (Dap)	9
4.1.2. Textura	9
4.1.3. Color	10
4.1.4. Estructura	11
4.2. Indicadores químicos de calidad del suelo	12
4.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)	12
4.2.2. Carbono orgánico en el suelo (COS)	12
5. Mesofauna edáfica	13
5.1. El rol de los microorganismos del suelo	13
5.2. Funciones de la mesofauna edáfica	14
6. Biodiversidad	15
METODOLOGÍA	17
1. Área de estudio	17

2.	Puntos de muestreo	17
3.	Recolección de muestras de suelo.....	18
4.	Inventario mesofauna.....	19
5.	Caracterización físico-química del suelo	19
5.1	Color de suelo	20
5.2	Textura del suelo.....	20
5.3	pH del suelo	20
5.4	Densidad aparente.....	20
5.5	Carbono en el suelo.....	21
6.	Evaluación biológica de la calidad del suelo	21
7.	Índices de diversidad.....	22
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
1.	Parámetros físico-químicos de suelos bajo páramo, pasto y cultivo.....	23
1.1.	Color	23
1.2.	Textura	24
1.3.	Densidad aparente.....	25
1.4.	pH.....	26
1.5.	Carbono orgánico.....	27
2.	Caracterización de la mesofauna edáfica de los suelos bajo páramo, pasto y cultivo	28
2.1.	Distribución de la población por uso de suelo	28
3.	Índices de diversidad y su relación con la calidad biológica del suelo	33
3.1.	Índice de abundancia relativa.....	33
3.2.	Índice de diversidad de Simpson	34
3.3.	Índice de diversidad de Shannon – Wiener.....	35
3.4.	Índice de riqueza de Margalef.....	36
4.	Evaluación de la calidad del suelo mediante indicadores biológicos.....	36
	CONCLUSIONES	38
	RECOMENDACIONES.....	39
	BIBLIOGRAFÍA	40
	ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de suelos.....	7
Tabla 2. Contenido medio de carbono orgánico para algunas unidades de suelos WRB.....	13
Tabla 3. Principales grupos de macro invertebrados en el sistema edáfico.....	14
Tabla 4. Puntos de monitoreo y coordenadas UTM WGS 84.....	18
Tabla 5 Riqueza y abundancia de maroinvertebrados edáficos.....	28
Tabla 6. Mesofauna del suelo	31
Tabla 7. Abundancia relativa de la mesofauna en páramo.	33
Tabla 8. Abundancia relativa de la mesofauna en pasto.....	33
Tabla 9. Abundancia relativa de la mesofauna en cultivo.....	34
Tabla 10. Índice de diversidad de Simpson.....	35
Tabla 11. Índice de diversidad de Shannon.....	36
Tabla 12. Índice de riqueza de Margalef.....	36
Tabla 13. Resultados de los indicadores físicos del suelo.....	46
Tabla 14 Resultados de los indicadores químicos del suelo.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Problemas para el suelo	6
Figura 2. Triángulo de texturas.....	10
Figura 3. Uso del sistema Munsell para identificar el color del suelo.....	11
Figura 4. Estructura del suelo	11
Figura 5. Escala de potencial de hidrógeno del suelo.....	12
Figura 6. Ubicación del área de estudio.....	17
Figura 7. Distribución de monolitos en transecto.	18
Figura 8. Diseño del monolito.	19
Figura 9. Color de los suelos bajo páramo, pasto y cultivo con relación al matiz 10YR.	23
Figura 10. Textura de suelo	25
Figura 11. Estructura del suelo	24
Figura 12. Densidad aparente del suelo	26
Figura 13. pH del suelo.....	26
Figura 14. Carbono Orgánico del suelo	27
Figura 15. Distribución de la mesofauna en suelo de páramo.	29
Figura 16. Distribución de la población en suelo de pasto	30
Figura 17. Distribución de la población en suelo de cultivo	31
Figura 18 Análisis comparativo de familias según uso de suelo	37

RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada con el objetivo de determinar la calidad del suelo en la comunidad Pomacocho parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, mediante el análisis de indicadores físicos, químicos y biológicos en suelos de bajo páramo, pasto y cultivo. La investigación fue de campo con un enfoque cualitativo y cuantitativo, la metodología empleada partió de un muestreo en tres transectos (suelo de páramo, suelo de pasto y suelo de cultivo), en cada uno de ellos se tomaron 5 muestras, las mismas que fueron analizadas en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH según parámetros físicos de color, textura y densidad aparente; y según parámetros químicos de pH y porcentaje de carbono orgánico en el suelo. Como resultados la textura varió de franco a franco limosa, el color según el sistema munsell en muestra húmedas fue de 10YR 2/1 (color negro) y en varias muestras secas de 10YR 3/2 (gris oscuro) el valor de DAP fue variable; presentaron un pH ácido, el carbono orgánico se mantuvo en un rango de 11,16% a 21,95%. El análisis biológico reconoció la presencia de individuos de la clase insecta, pertenecientes a 3 órdenes la coleóptera, díptera y lepidóptera, y 8 familias. Para evitar el progresivo deterioro de la calidad y características propias del suelo de páramo se recomienda fomentar la investigación en el área, socializar los resultados con los actores relevantes y proponer medidas de protección del recurso suelo.

Palabras clave: Suelo, Páramo, Indicadores Físicos, Indicadores Químicos, Indicadores Biológicos.

ABSTRACT

This research was intended to determine the quality of Pomacocha zone soil from Achupallas village in Alausi canton from Chimborazo Province from analyzing physical-chemical and biological indicators of the low moor land soils as well as pasture land and crops land soil. This is a field study accounting for a quantitative and qualitative approach, the reasearch methodoly used laid on a three transects-sampling (moor land soil, pasture land soil and crop land soil), from which 5 samples were taken and studied at the Environmental Service Lab from The UNACH in regarding the parametrical indicators such as color, texture and apparent density of pH and percentage of organic carbon in the soil. The study results in regarding the soil texture showed that it varied from loam to silty loam, in regarding the soil color framed to the Munsell system, in the wet samples was 10YR 2/1 (black color) and in the dry samples it was 10YR 3/2 (dark gray); the DAP value was variable presenting an acid pH, the organic carbon was kept in a range from 11.16% to 21.95%. From the biological analysis of soil samples, the presence of particular insects classes were detected belonging to 3 main orders and 8 families: the coleoptera, diptera and lepidoptera. To prevent the progressive degradation of the moor land soil quality and save its particular characteristics, it is advisable to promote further research in this aim, socialize results with locals and the relevant actors in making decisions to protect the soil-resource.

Keywords: Soil, Moor, Physical Indicators, Chemical Indicators, Biological Indicators.

INTRODUCCIÓN

La comunidad de Pomacocho perteneciente a la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, se dedica principalmente a la ganadería y agricultura intensiva, actividades que implican un serio riesgo para la calidad del suelo. Estas prácticas inadecuadas seguidas del uso indiscriminado de agroquímicos, quemadas de pajonales, labranza mecanizada, deforestación e introducción de especies exóticas ocasionan un deterioro del ecosistema páramo (Cuzco, 2016).

En este contexto se han verificado secuelas en el área de estudio, como procesos erosivos, pérdida de nutrientes, destrucción de la estructura del suelo, compactación, reducción de la capacidad de retención de agua, alteración del pH y reducción de la fertilidad del suelo entre varios de los efectos más relevantes (Lemos, 2017).

El páramo cumple una función hidrológica vital, y el suelo debería ser considerado su corazón, porque en él se genera el agua; el suelo actúa como verdadera esponja de absorción de la lluvia y niebla, que posteriormente libera lentamente para mantener un caudal continuo (Cuzco, 2016).

Estudiar la mesofauna edáfica permite determinar la calidad de suelo, varios grupos característicos del suelo de páramo son sensibles a las perturbaciones antrópicas, de este modo conocer el número de estas especies permite evaluar el estado de conservación del suelo (Lemos, 2017).

En base a lo anterior se planteó el presente estudio que permite determinar la calidad del suelo mediante indicadores físicos, químicos y biológicos en los suelos bajo páramo, pasto y cultivo, con la finalidad de recomendar alternativas adecuadas para un manejo sostenible y sustentable del suelo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los páramos son considerados ecosistemas frágiles que proporcionan servicios ecosistémicos. En el Ecuador cubren aproximadamente el 7% del territorio y se ubican desde los 3200 m.s.n.m hasta los 4700 m.s.n.m., (Morocho & Chuncho, 2019).

En los últimos años los suelos de los páramos han presentado un notable deterioro ambiental, causando alteración en los recursos hídricos, resultado del cambio de uso de suelo, sobreexplotación y actividades económicas primarias como la agricultura y ganadería (Cuascota, 2016).

El suelo de páramo puede encontrarse según su grado de intervención como: suelo no intervenido cuando sus características se mantienen intactas; intervenido cuando se utiliza para el pastoreo; alterado cuando se ubican plantaciones forestales como el pino; o muy alterado cuando se ha introducido maquinaria agrícola; según sea el caso la calidad de suelo también se modificaría (Morocho & Chuncho, 2019).

En el sector de Pomacocho, el suelo ha cambiado conforme el paso del tiempo, es por ello que en el presente estudio permitió definir su calidad mediante indicadores físicos, químicos y biológicos. Las áreas donde se realizó la investigación son el páramo natural y dos zonas de intervención antrópica como el pasto y cultivo.

JUSTIFICACIÓN

El suelo es un recurso natural soporte de la vida, cuyas características dependen de sus propiedades físicas químicas y biológicas internas, este recurso en la actualidad ya no se considera un recurso renovable, porque es sometido a presiones antrópicas, sin embargo es vital que mantenga su calidad; es decir debe ser capaz de cumplir sus funciones como atenuar contaminantes, favorecer la productividad sin comprometer su vocación, ni sus propiedades físicas o químicas. Autores como García, *et al.* (2000), mencionan que mantener la calidad de suelo implica además sostener los procesos biológicos naturales que en él se realizan.

El páramo es un ecosistema con características impresionantes, es fuente de agua y oxígeno es el hábitat de diversas especies de fauna y de una gran belleza paisajística (Cuzco, 2016).

El páramo de la comunidad de Pomacocho se encuentra bajo la presión de las actividades de sus comuneros como el sobrepastoreo y agricultura. Este suelo sufre una degradación antrópica, generando cambios físicos y químicos en las propiedades del suelo, provocando la disminución de retención del agua, destrucción de materia orgánica (Lemos, 2017).

Al estudiar el suelo del páramo se puede determinar su comportamiento y será un aporte teórico para proyectos de conservación y recuperación de estos ecosistemas, además posibilita a los comuneros de Pomacocho una herramienta sobre el área estudiada para encaminar el uso sostenible de su páramo ya que en este caso las acciones encaminadas a la conservación del lugar son casi nulas.

Los indicadores como la mesofauna edáfica permiten determinar la calidad del suelo, al igual que parámetros como los físicos y químicos, así se pueden tomar muestras mediante métodos estudiados y así sacar un resultado y tomar las respectivas decisiones para su tratamiento preventivo.

OBJETIVOS

1. Objetivo general

- Determinar la calidad del suelo mediante indicadores físicos, químicos y biológicos en suelos bajo páramo, pasto y cultivo, comunidad Pomacocho parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo.

2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físico-químicos de los suelos bajo páramo, pasto y cultivo.
- Caracterizar la mesofauna edáfica de los suelos bajo páramo, pasto y cultivo.
- Determinar índices de diversidad y su relación con la calidad biológica del suelo.
- Evaluar la calidad del suelo mediante indicadores biológicos.

ESTADO DEL ARTE

1. Recurso suelo

Burbano, (2016) sostiene que el suelo es un recurso natural finito, no renovable, primordial para el soporte de la vida en el planeta, permite la provisión de alimentos, y es indispensable para la regulación del clima en el planeta.

El suelo es generalmente identificado como la base natural de las actividades de producción, por lo que es necesario verlo como un recurso que cumple un papel indispensable para la sostenibilidad de los ecosistemas, esto debido a su intervención en los ciclos biogeoquímicos que suministran el agua y los nutrientes necesarios para las plantas (FAO, 2009)

Desde el punto de vista de Rendón *et al.*, (2011) el suelo además de ser un recurso natural es también un medio dinámico, por lo que su intervención puede presentar una reducción de su capacidad para proveer bienes y servicios, dándose un efecto que se denomina degradación de suelos con fenómenos como: erosión, degradación física, degradación biológica, degradación química desertificación

En la Figura 1 se pueden identificar los problemas más relevantes que estamos enfrentado en la actualidad, respecto al suelo.

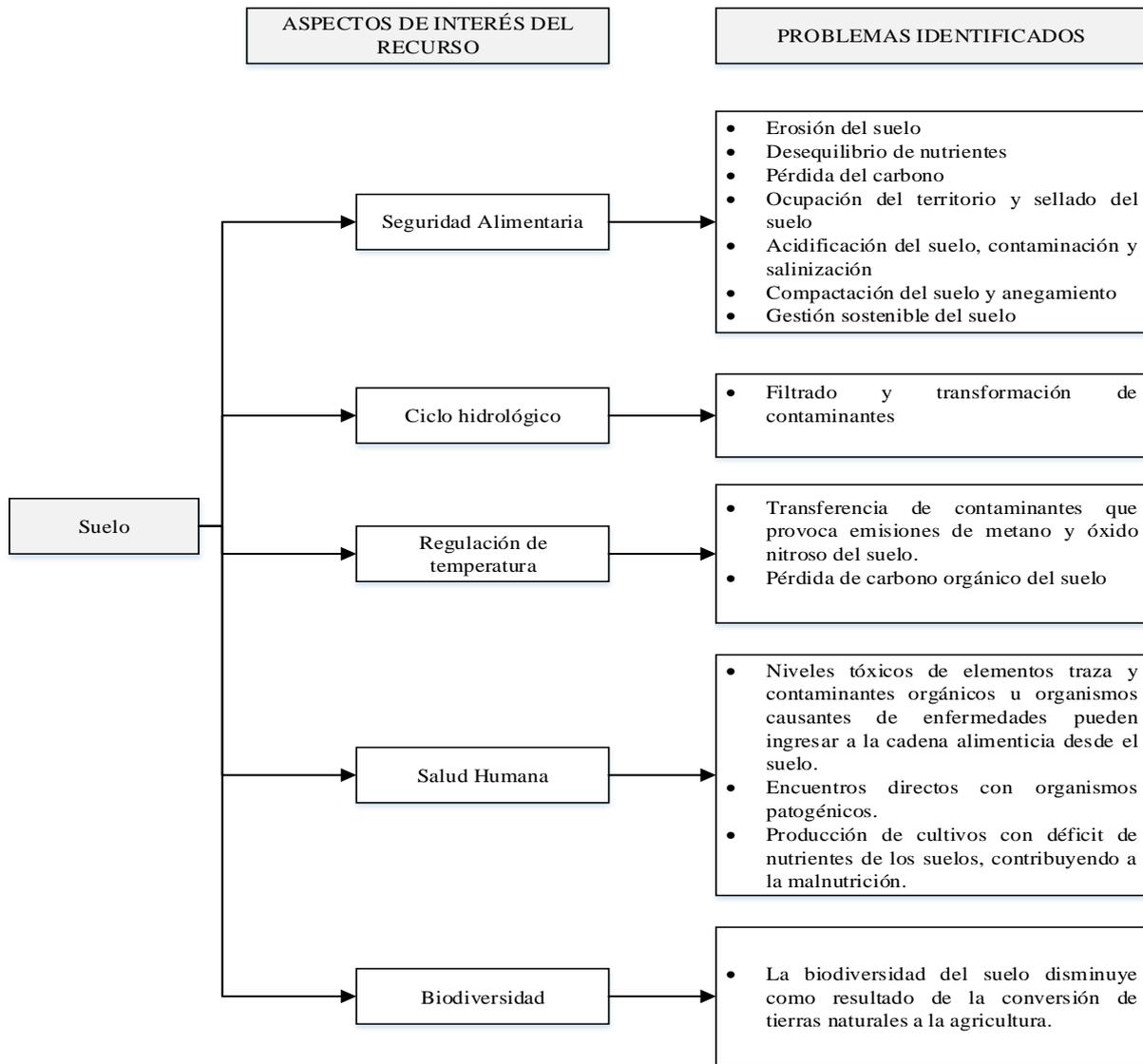


Figura 1. Problemas para el suelo
Fuente: FAO, 2016
Elaborado por: Los autores

2. Clasificación de suelo

La FAO propuso una clasificación internacional, denominada Clasificación Mundial de Suelos, la primera vez que se realizó una clasificación de suelos fue en 1974 en el conocido como "Mapa del Mundo de Suelos de Unesco (Sotelo *et al.*, 2018).

Posteriormente los criterios para la clasificación de suelos fue encargado a la Unión Internacional de las Ciencias del Suelo quien trabaja con un sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura y la creación de leyendas de mapas de suelos (Sotelo *et al.*, 2018).

Tabla 1. Clasificación de suelos

Categoría	Nombre	Acrónimo	Descripción general
Suelos con capas orgánicas gruesas	Histosol	HS	Con capas orgánicas gruesas
Suelos con fuerte influencia humana	Anthrosol	AT	Largo e intensivo uso agrícola, alterado para aumentar la fertilidad
	Technosol	TC	Cantidades significativas de artefactos
Suelos con enraizamiento limitado	Cryosol	CR	Afectados por permafrost.
	Leptosol	LP	Son delgados o con muchos fragmentos gruesos.
	Solonetz	SN	Están enriquecidos en arcillas en la parte subsuperficial y con alto contenido de Na intercambiable.
	Vertisol	VR	Arcilla de expansión-retracción, condiciones alternas de sequía-humedad.
	Solonchak	SC	Posee alta concentración de sales solubles.
Suelos regulados por la química de Fe/Al	Gleysol	GL	Están afectados por agua freática, subacuáticos y de áreas de mareas.
	Andosol	AN	Posee humus.
	Podzol	PZ	Tiene acumulación de óxidos y/o humus en el suelo subsuperficial.
	Plinthosol	PT	Presenta acumulación y redistribución de Fe.
	Nitosol	NT	Tienen arcillas de baja actividad, fijación de P, muchos óxidos de Fe, estructura fuerte.
	Ferralsol	FR	Tienen dominancia de caolinita y óxidos.
	Planosol	PL	Presentan agua estancada, diferencia textural abrupta.
	Stagnosol	ST	Tienen agua estancada, diferencia textural ausente o moderada.
Acumulación de sales moderadamente solubles o de sustancias no-salinas	Durisol	DU	Acumulación de, y cementación por, sílice secundaria.
	Gypsisol	GY	Acumulación de yeso secundario.
	Calcisol	CL	Acumulación de carbonatos secundarios.
Suelos enriquecidos en arcillas en la parte sub-superficial	Retisol	RT	Inter digitaciones de material gruesamente texturado de color claro dentro de una capa de textura más fina de color más fuerte.
	Acrisol	AC	Son arcillas de baja actividad, baja saturación de bases.
	Lixisol	LX	Son arcillas de baja actividad, alta saturación de bases.
	Alisol	AL	Son arcillas de alta actividad, baja saturación de bases.
Suelos con poca o ninguna diferenciación del perfil	Luvisol		Arcillas de alta actividad, alta saturación de bases.
	Cambisol	CM	Son moderadamente desarrollados.
	Arenosol	AR	Son muy arenosos.
	Fluvisol	FL	Sedimentos estratificados fluviales, marinos o lacustres.
	Regosol	RG	Ningún desarrollo significativo del perfil.

Fuente: Base referencial mundial del recurso suelo, 2020.

Elaborado por: Los autores.

3. Páramo

Los páramos son paisajes bioclimáticos desarbolados y fríos, en el Ecuador estos ecosistemas se ubican en la cordillera de los Andes, tienen un elevado grado de endemismo, donde se asientan alrededor de 5.000 especies diferentes de plantas como almohadillas, herbazal, gramíneas, arbustos, etc. (Castañeda, Martín & Montes, 2017).

Cerca del 60% de especies de páramo son endémicas, adaptadas a las condiciones físico-químicas de suelo y a las climáticas, como la reducida presión atmosférica, penetrante radiación ultravioleta y la desecación del viento. (Castañeda, Martín & Montes, 2017).

El páramo es una representación de un paisaje que integrado en el piso glacial de las cúspides de los nevados y de los volcanes de gran altura de la Cordillera de los Andes, se ubica una franja periglacial, casi desértica, conocida como arenal hacia donde, lentamente, van ascendiendo las especies más resistentes de los páramos (Morocho & Chunchu, 2019).

El clima del páramo es frío y húmedo, de repentina niebla, llovizna y modificaciones rápidas de temperatura y radiación solar en el día, su precipitación es variable, desde 700 mm a 3.000 mm/año (Basto, 2017)

En páramos, el carbono en biomasa oscila entre 13,21 y 183 t/ha., difiere por las características ambientales, disponibilidad de nutrientes, nutrientes del suelo, luz ultravioleta, nubosidad y velocidad del viento.(Castañeda, Martín & Montes, 2017)

4. Calidad del suelo

Como lo expresan Bautista *et al.*, (2017) el término calidad del suelo se utilizó en relación a las funciones que desempeña el suelo, considerándolo como un substrato básico que debe funcionar adecuadamente dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa.

Desde el punto de vista de Burbano, (2016) la calidad del suelo se relaciona con su capacidad para desarrollar funciones en el ecosistema.

Es importante conocer que la calidad no solo depende de un factor y debido a que es un concepto holístico depende de sus características físicas, químicas y biológicas.

4.1. Indicadores físicos de calidad del suelo

Los indicadores físicos tienen relación con las propiedades físicas del suelo, se describen a continuación los más relevantes:

4.1.1. Densidad aparente (Dap)

La densidad aparente (Dap) del suelo es el valor de su masa por unidad de volumen, su importancia radica en que permite determinar la calidad del suelo para el normal desarrollo de las raíces de las plantas porque define el valor del sólido en el espacio poroso, las unidades en las que suele representar es en g/cm^3 (Rojas & Peña, 2018).

4.1.2. Textura

La textura exterioriza el porcentaje de partículas de limo, arena y arcilla en una muestra de suelo, las cuales se caracterizan por tener diferente tamaño, es importante considerar este indicador para conocer cuánta agua y aire retiene además de la velocidad con que el agua penetra y atraviesa el suelo (Ríos *et al.*, 2015).

En la figura 3 se puede identificar el triángulo de texturas que permite identificar según el porcentaje de arena, arcilla y limo el tipo de textura de una muestra de suelo.

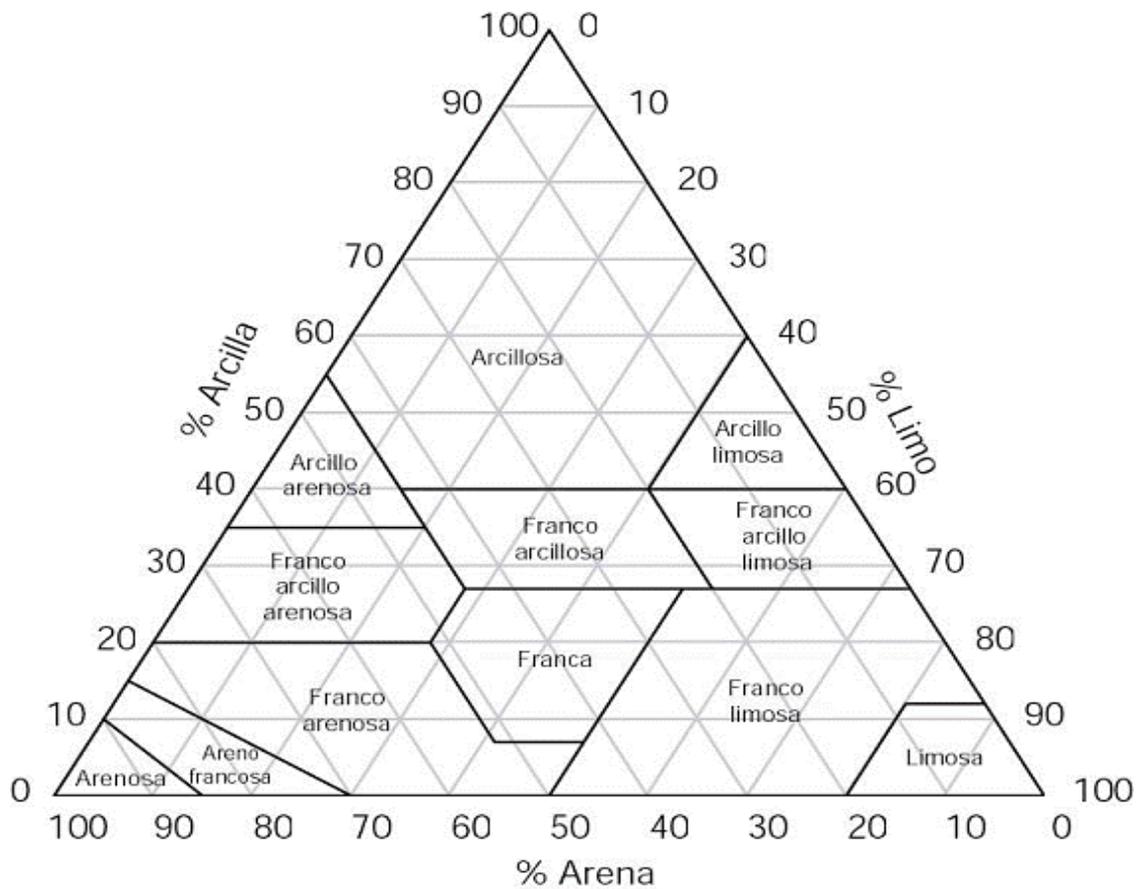


Figura 2. Triángulo de texturas.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

4.1.3. Color

Es una propiedad importante, guarda relación con sus componentes, es un indicador fácilmente identificable con la ayuda del sistema Munsell que contiene los matices visibles del espectro electromagnético. El matiz es el color espectral dominante (rojo, amarillo, verde, azul o violeta) y en sentido vertical están las divisiones de claridad (value); y de forma horizontal las divisiones de pureza (chroma) (Ríos *et al.*, 2015).

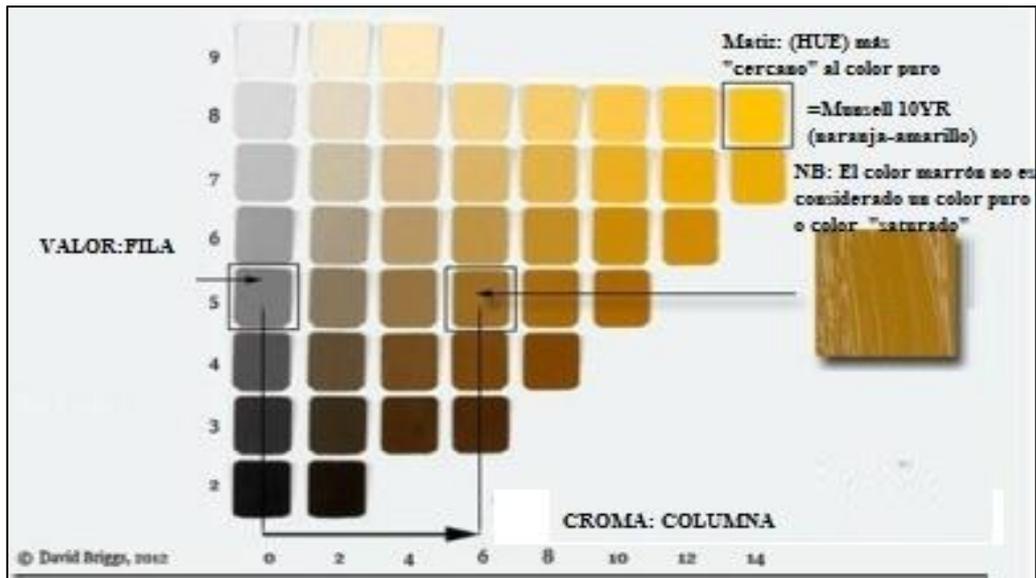


Figura 3. Uso del sistema Munsell para identificar el color del suelo.
Fuente: FAO, 2016.

4.1.4. Estructura

La estabilidad estructural de los agregados del suelo, hace referencia a la capacidad de éstos para mantener su forma al estar sometidos a fuerzas inducidas artificialmente, en concreto las derivadas de la humectación, impacto de las gotas de lluvia, el paso de agua o a un determinado proceso dispersivo, es decir representa la resistencia a toda modificación de los agregados (Ríos *et al.*, 2015).

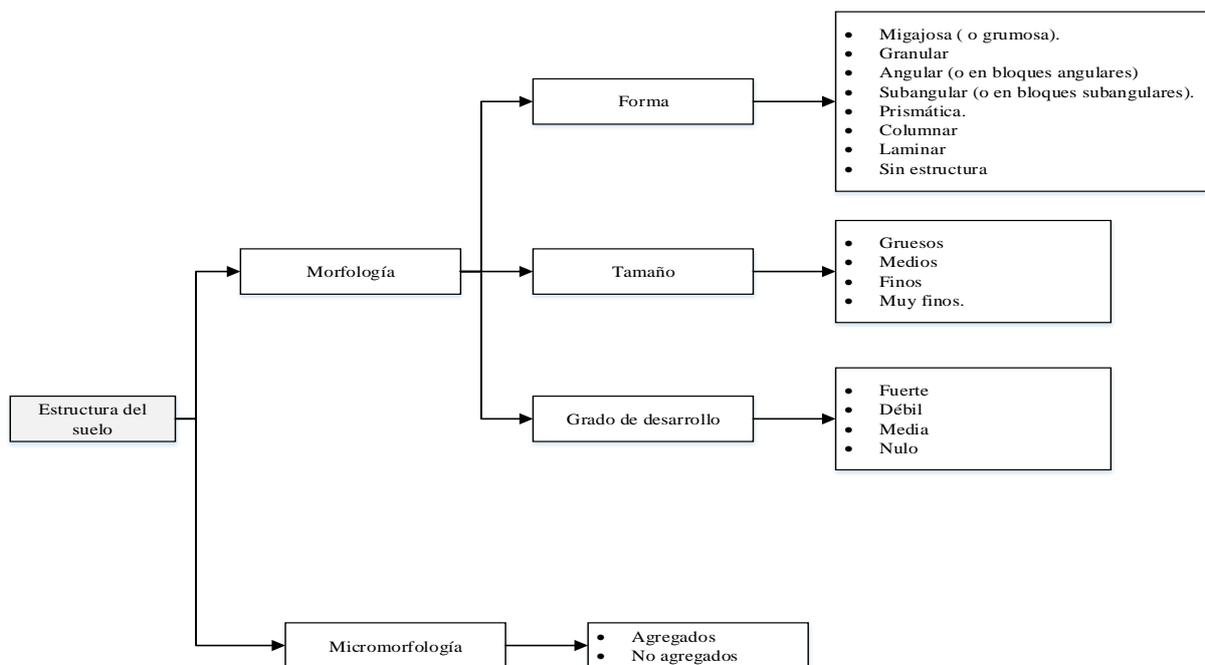


Figura 4. Estructura del suelo

4.2. Indicadores químicos de calidad del suelo

Los indicadores químicos tienen relación con las propiedades químicas del suelo, se describen a continuación los indicadores determinados en la investigación:

4.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH del suelo mide la acidez o alcalinidad de una muestra de suelo. El pH puede presentar un valor comprendido en una escala entre 0 a 14, de este modo cuando el valor es 7 se dice que es neutro, con valores menores a 7 se considera que el suelo es ácido y con valores mayores a 7 el suelo es alcalino (Piedrahíta, 2019).

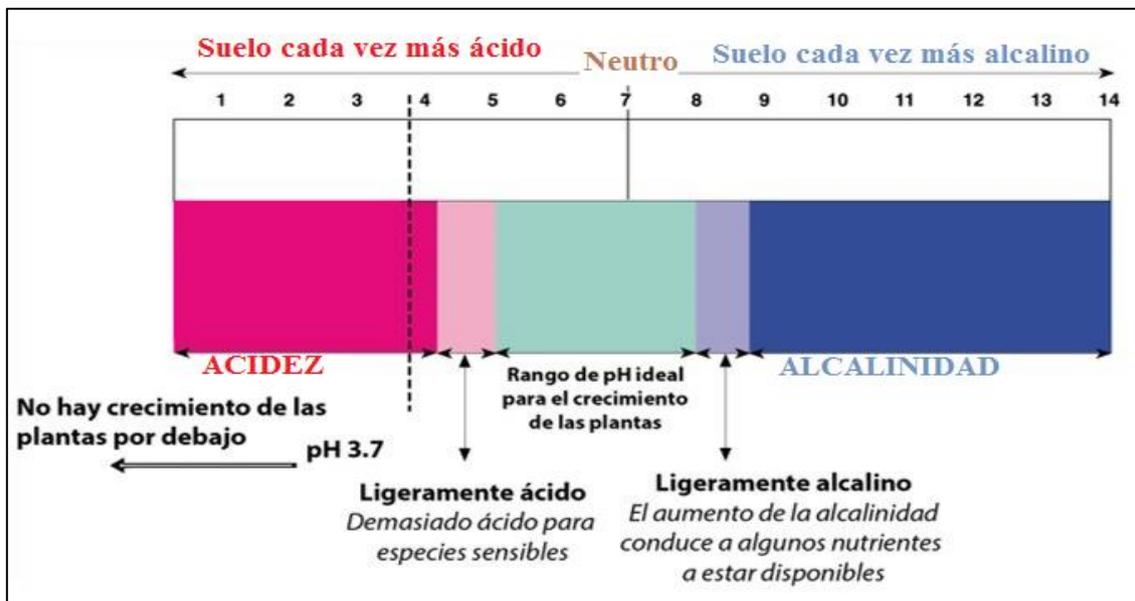


Figura 5. Escala de potencial de hidrógeno del suelo
Fuente: Castellanos, 2019

4.2.2. Carbono orgánico en el suelo (COS)

El carbono orgánico (CO) es dinámico en el suelo forma parte del ciclo del carbono, y en el suelo su equilibrio obedece a la medida entre la cantidad de carbono que ingresa y el monto que sale. El COS es el principal componente de la materia orgánica y un indicador de la salud del suelo (Chambers *et al.*, 2011).

El COS se encuentra forzosamente influenciado por la situación climatológica, el material parental, uso de suelo y cobertura vegetal. Las circunstancias físico-químicas afectan el COS,

por lo que investigaciones identificaron que el pH del suelo influye significativamente su cantidad y calidad (Barrezueta *et al.*, 2019).

Tabla 2. Contenido medio de carbono orgánico para algunas unidades de suelos WRB

Unidad de suelo	Contenido medio de carbono (kg/m ²)		
	0 - 30 cm	0 - 100 cm	0 - 200 cm
Podzoles	13,6	24,2	59,1
Leptosoles	13,3	-	-
Litosoles	3,6	-	-
Chernozems	6	12,5	19,6
Nitsoles	4,1	8,4	11,3
Calcisoles/Cambisoles	2	4,8	8,7
Calcisoles/Gypsisoles	1,3	3	6,6
Ferralsoles	5,7	10,7	16,9
Vertisoles	4,5	11,1	19,1
Andosoles	11,4	25,4	31

Fuente: FAO, 2016

Elaborado por: Los autores

Estudios realizados por Barrezueta *et al.*, (2019), indican que los suelos de clima frío almacenan más cantidad de carbono que suelos con cultivo intensivo, debido a que emiten con mayor facilidad carbono a la atmosfera.

5. Mesofauna edáfica

La mesofauna del suelo son invertebrados que interceden en los ciclos de descomposición de la materia orgánica e inorgánica acelerando el reciclaje de los nutrientes y, en particular, en el de mineralización del nitrógeno y fósforo (García *et al.*, 2012)

La mesofauna edáfica, desde una especie en particular hasta comunidades y sus procesos biológicos, ha sido definido como un indicador de la calidad del suelo, se ha evidenciado que existe relación entre la densidad de diferentes taxones con funciones ecológicas contrarias como un indicador del grado de degradación y antropización del suelo. Se puede afirmar que la diversidad de las comunidades edáficas es una herramienta útil para monitorear la calidad del suelo en el tiempo, conjuntamente con los indicadores físicos y químicos (Habana, 2014).

5.1. El rol de los microorganismos del suelo

La actividad biológica en el suelo se concentra en las capas superficiales, cuya profundidad puede variar de unos pocos centímetros hasta 30 cm. En la capa superficial, los componentes biológicos ocupan una pequeña proporción (0,5 %) del volumen total del suelo y menos de 10

% de la MO total. Los microorganismos forman una gran parte de estos componentes biológicos del suelo y a pesar de su pequeño volumen son fundamentales para el reciclaje de nutrientes y la descomposición de la MO (Swift *et al.*, 2012).

La descomposición de la MO animal y de plantas provee la energía necesaria para el funcionamiento del ecosistema suelo. También se ha demostrado que los microorganismos son asociados con la transformación y degradación de materiales desechos y compuestos orgánicos sintéticos (Swift *et al.*, 2012).

5.2. Funciones de la mesofauna edáfica

Los microorganismos fragmentan los compuestos orgánicos en la degradación por medio de los microbios en la superficie de materia, que incluye procesos anaeróbicos y aeróbicos, que depositan en el almacenamiento y distribuyen los compuestos en el horizonte del suelo. (Socarrás, 2013)

Los indicadores biológicos pueden representar los procesos metabólicos que acontecen en el suelo, pueden ser indicadores tempranos y sensibles de los cambios acontecidos por disímiles manejo. Uno de los indicadores biológicos ampliamente utilizados son los macroinvertebrados, grupo al que pertenecen millones de especies que participan en buen funcionamiento de los procesos que se realizan en el suelo (Toledo *et al.*, 2018).

Tabla 3. Principales grupos de macro invertebrados en el sistema edáfico.

Grupo	Nombre Común	Grupos Funcionales
Coleoptera	Escarabajos, gallinas ciegas	Rizófagos, depredadores, detritívoros, Fitófagos
Oligoqueta	Lombrices de tierra	Geófagos, detritívoros, omnívoros
Isoptera	Termitas	Geófagos, detritívoros, rizófagos, fitófagos
Formicidae	Hormigas	Fitófagos, depredadores, detritívoros, omnívoros
Chilopoda	Ciempis	Depredadores
Diplopoda	Milpiés	Detritívoros
Hemiptera	Chinches	Rizófagos, fitófagos, depredadores
Homoptera	Chicharras, loritos	Rizófagos, fitófagos, detritívoros
Orthoptera	Grillos, salta montes	Rizófagos, fitófagos, detritívoros, omnívoros
Diptera	Moscas, mosquitos	Detritívoros, depredadores, parásitos
Aranae	Arañas	Depredadores
Opiliones	Arañas patonas	Depredadores
Lepidoptera	Mariposas, orugas	Fitófagos

Blattidae	Cucarachas	Fitófagos, detritívoros, omnívoros
Isopoda	Cochinillas	Detritívoros
Scorpionidae	Escorpiones	Depredadores
Pseudos-scorpionidae	Falso- escorpión	Detritívoros, depredadores
Gasteropoda	Caracoles	Fitófagos, detritívoros
Dermaptera	Tijerillas	Detritívoros, depredadores
Thysanura y Archaeognata	Pececillos de plata	Detritívoros
Diplura		Depredadores

Fuente: Bautista, Huerta & Brown, 2011
Elaborado por: Los autores

Dentro de las funciones de los macroinvertebrados del suelo, se encuentran la de regulación de procesos, conservación de la estructura, intervención sobre el microclima, permiten la aireación; facilitan el movimiento y conservación de agua, aportan para el correcto intercambio gaseoso y en general para el mantenimiento de las propiedades químicas y ciclo de nutrientes del suelo (Rendón *et al.*, 2011). En la tabla 3 se pueden identificar algunos grupos de meso fauna edáfica, con el nombre común para su mejor reconocimiento.

6. Biodiversidad

Uno de los problemas ambientales que han suscitado mayor interés mundial en esta década es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat). La biodiversidad o diversidad biológica se define como la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas (Swift *et al.*, 2012).

Si el propósito es simplemente comparar números de especies, la riqueza específica es la mejor expresión y la más sencilla, aunque dependa del tamaño de la muestra. Para eliminar este sesgo, es recomendable utilizar, de forma conjunta con la riqueza específica, funciones de acumulación de especies o métodos no paramétricos que permiten extrapolar tamaños de muestra para observar la tendencia de la riqueza específica. De esta forma, la medida de riqueza de especies se comparó entre comunidades de la siguiente manera:

- **Abundancia:** Se midió la contribución del número de individuos de cada especie en el total y tabulado como frecuencia.

- **Riqueza:** Se expresó como el número de especies en una comunidad, presentes en cada área.
- **Diversidad:** Se midió de acuerdo al Índice de Simpson = $D_s = 1 - \sum (n_i - 1) / (N - 1)$, siendo n_i la proporción del número de individuos de la especie i menos 1 con respecto a N o número total de individuos menos 1. Es un índice estructural de dominancia, pudiéndose calcular la diversidad.
- **Similitud:** Entre los sistemas estudiados, se obtuvo el coeficiente de Jaccard (C), que se basa en la relación presencia-ausencia entre el número de especies en cada sistema y el total de especies $C_j = C / (A + B - C)$; Donde C número de especies comunes a ambos sistemas; A número de especies encontradas en el sistema A; B número de especies encontradas en el sistema B (Delgado *et al.*, 2011).

METODOLOGÍA

1. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en tres usos de suelo: Páramo, pasto y cultivo pertenecientes a la comunidad Pomacocho, en la parroquia Achupallas del cantón Alausí, provincia de Chimborazo. El rango altitudinal varía entre los 3700 m.s.n.m a 3800 m.s.n.m., además el sector se encuentra entre las microcuencas del río Saucay y Pomacocho. Para la delimitación del área de estudio se utilizó el software Arc Gis 10x (Figura 6).

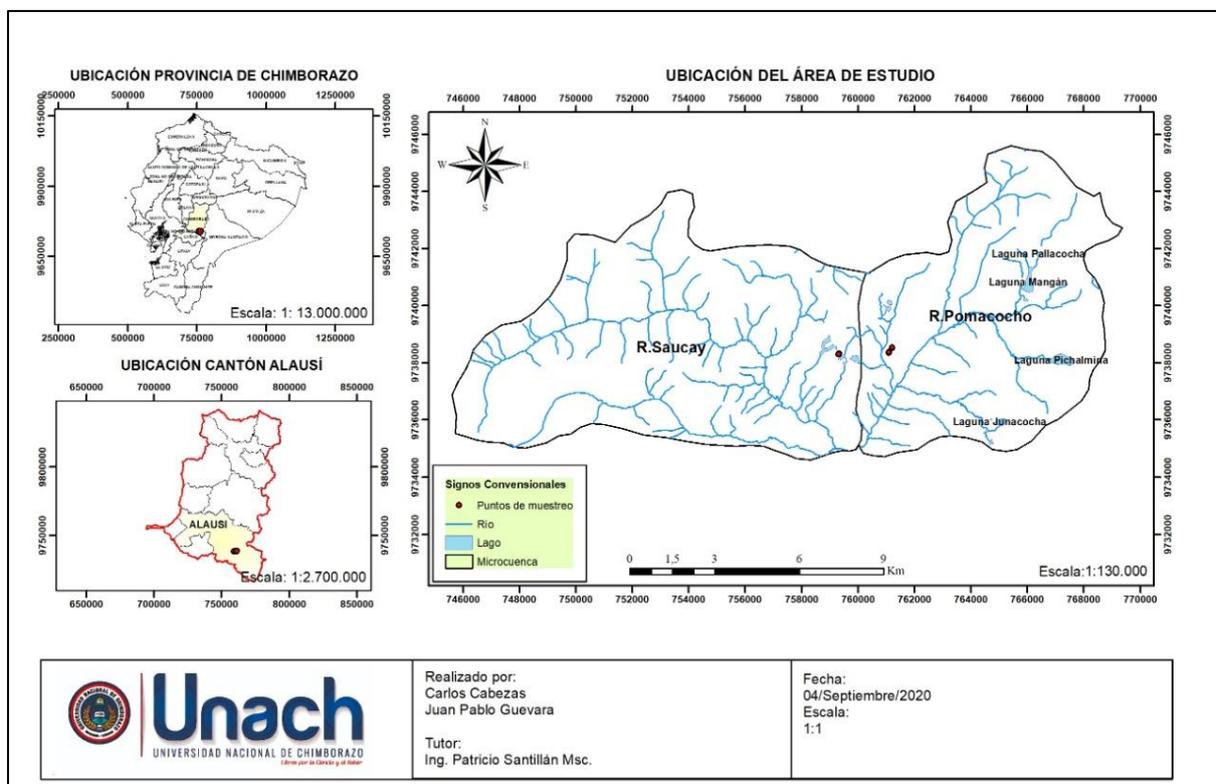


Figura 6. Ubicación del área de estudio

Elaborado por: Los autores

2. Puntos de muestreo

Los sitios de muestreo responden a una estrategia metodológica para caracterizar la mesofauna edáfica en los diferentes usos de suelo de la zona de estudio, se utilizó la cartografía temática, proporcionada por el Instituto Geográfico Militar (IGM), en donde el primer sitio corresponde a un área de herbazal de páramo natural y el segundo y tercer sitio es un área intervenida producto de las actividades antrópicas.

Los puntos en donde se tomaron las muestras se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Puntos de monitoreo y coordenadas UTM WGS 84

Uso de suelo	Puntos	Coordenados	
		Coordenadas x	Coordenadas y
Páramo	Pr Mon 1	759334	9738310
	Pr Mon 2	759330	9738307
	Pr Mon 3	759326	9738304
	Pr Mon 4	759322	9738301
	Pr Mon 5	759318	9738298
Pasto	Pt Mon1	761094	9738344
	Pt Mon 2	761094	9738349
	Pt Mon 3	761094	9738354
	Pt Mon 4	761094	9738359
	Pt Mon 5	761093	9738364
Cultivo	Cl Mon 1	761216	9738513
	Cl Mon 2	761214	9738518
	Cl Mon 3	761213	9738523
	Cl Mon 4	761211	9738528
	Cl Mon 5	761210	9738532

Elaborado por: Los autores

3. Recolección de muestras de suelo

Se empleó la metodología descrita por el Programa de Biología Fertilidad de los Suelos Tropicales, TSBF (Bignell *et al.*, 2010).

Se puntualizaron 3 transectos cada uno de 20 metros en total y cada 5 metros de separación se extrajo monolitos con ayuda de un marco de metal 25 x 25 cm, el cual permite aislar el monolito del suelo hasta la profundidad de 30 cm. (Figura 7).

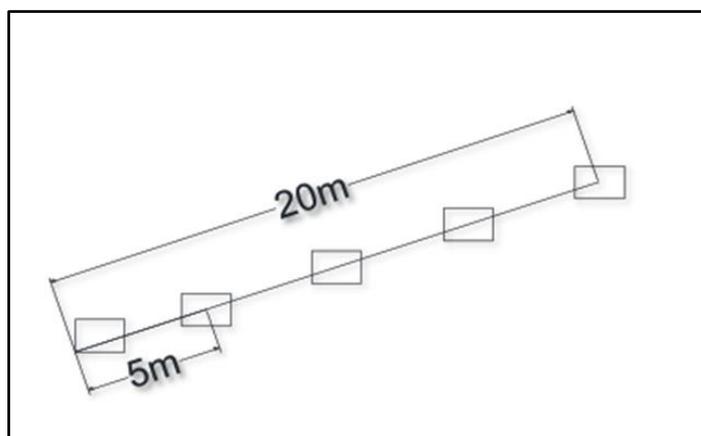


Figura 7. Distribución de monolitos en transecto.

Una vez extraído del suelo, se depositó en las fundas herméticas y se rotuló (fecha y estrato) y depositó en un cooler para su posterior traslado al laboratorio (Figura 8).

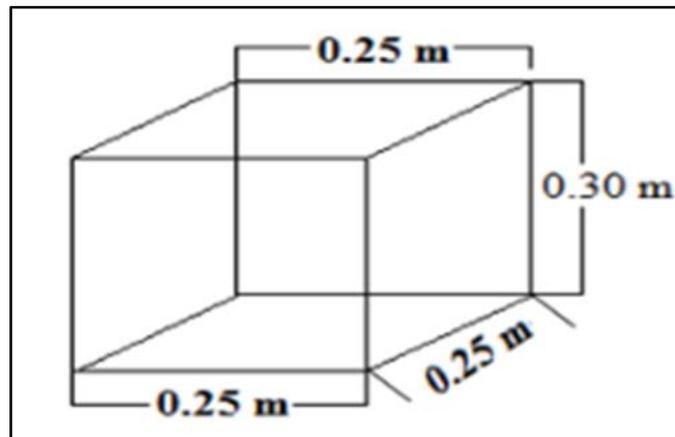


Figura 8. Diseño del monolito.

La toma de los organismos del suelo fue manual, se depositó cada muestra de suelo en bandejas metálicas, con agujas de disección y pinzas se tomó todo organismo visible, se realizó además un registro fotográfico verificando los individuos con la base de para tener una descripción además expertos profesionales corroboraron la identificación de especies.

4. Inventario mesofauna

Los organismos se colocaron en un frasco limpio con un código de identificación, además dichos frascos contenían formaldehído al 60% o alcohol etílico al 70%.

Se identificaron hasta familias mediante manuales y guías descriptivas de macroinvertebrados edáficos,

Las estructuras fueron visibilizadas mediante equipo compatible con el estereoscopio el microscopio estereoscópico LBM LUXEO 4Z Zoom 4144000, Zoom 0,8 a 3,5x/8x a 35x, y el software Pixel Pro.

5. Caracterización físico-química del suelo

Se realizó según la “Guía para la descripción de suelos” (FAO, 2009), donde se definen los análisis de parámetros físico-químicos como: color, textura, estructura, potencial de hidrógeno, densidad aparente y carbono.

5.1 Color de suelo

La determinación de color se realizó mediante las notaciones para matiz, valor y croma como se da en la Carta o en Tabla de Colores de Suelo Munsell (Roman et al., 2018), tanto en estado seco y húmedo y se registró el código del color para cada muestra de los tres usos de suelo (FAO,2009).

5.2 Textura del suelo

Para establecer la clase textural del suelo se manejó análisis al tacto.

- **Arena:** Difícil de moldear, no se adhiere, al tacto granuloso.
- **Limo:** se adhiere, no es pegajoso, moderadamente moldeable, con superficie rugosa y luego de apretarlo entre los dedos, y una sensación tacto sensación harinosa.
- **Arcilla:** se adhiere a la mano, es cohesivo, moldeable, alta plasticidad y superficie brillante luego de apretar con los dedos.

5.3 pH del suelo

Para medir el pH se preparó una solución de 10 gramos de suelo en 25 ml de agua destilada y posteriormente se agitó por 30 min. Luego con la ayuda de un pH metro se procedió a leer en el sobrenadante sin agitar (Beretta *et al.*, 2014).

5.4 Densidad aparente

Para el cálculo de la densidad aparente (Dap) se utilizó el método del cilindro, el cual consistió en tomar una muestra de suelo *in situ* dentro de un cilindro de volumen conocido, a una profundidad de 0 a 30 cm. Las muestras fueron llevadas a un proceso de secado durante 24 horas a una temperatura de 105 °C, para posteriormente ser pesadas (Cargua *et al.*, 2017). La ecuación (1), permitió determinar la densidad aparente de las distintas muestras:

$$Dap \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{Pss}{Vc} \quad (1)$$

Dónde: Dap densidad (g/cm³); Pss peso de suelo seco en gramo(g) y Vc volumen del cilindro.

5.5 Carbono en el suelo

Se determinó la materia orgánica mediante el método Lost-Ignition, todas las muestras fueron secadas al aire libre y se tamizaron en el cedazo de 2 mm y 150 micrones. Para la cuantificación de carbono por LOI (calcinación) se utilizó el método expuesto en (Chambers *et al.*, 2011; Isaza *et al.*, 2009),

- Colocar la muestra de suelo en la estufa durante 24 h a 105 °C
- Pesar 5 g de muestra de suelo seco en un crisol.
- Colocar por 4 h en una mufla a 550 °C.
- Transferir a un desecador enfriar
- Registrar el peso nuevamente.

El cálculo de MO se realizó por diferencia de peso en las distintas temperaturas (Ecuación 2), según la formula expuesta en (Chambers *et al.*, 2011; Isaza *et al.*, 2009).

$$\% \text{ MO} = \frac{\text{Peso del suelo (5g)} - \text{peso despues de la ignición}}{\text{Peso del suelo (5g)}} * 100 \quad (2)$$

Posteriormente se realizó el cálculo del contenido de COS, con una estimación a partir del % de materia orgánica en relación con los factores empíricos como el de Van Benmelen equivalente 1,724 que resulta ($1/0,58 = 1,724$) del supuesto de que la materia orgánica del suelo contiene un 58% de carbono (Ecuación 3).

$$\% \text{ COS} = \frac{\% \text{ MO}}{1,724} \quad (3)$$

6. Evaluación biológica de la calidad del suelo

Para evaluar biológicamente la calidad del suelo se definieron dos categorías.

- **Alta calidad del suelo:** Suelos con más cantidad de tipos de organismos (Vivas, 2015).
- **Baja calidad del suelo:** Suelos con número reducidos de tipos de organismos (menor diversidad) (Vivas, 2015).

7. Índices de diversidad

Una vez contabilizado e identificado la mesofauna de cada uno de los usos de suelo, se realizó el cálculo de índices de diversidad alfa cuantificables (Rubio, 2016)

- **Índice de abundancia relativa**

$$AR = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Total de individuos de todas las especies}} \times 100 \quad (4)$$

- **Índice de diversidad de Simpson**

$$D_s = \frac{n(n-1)}{N(N-1)} \quad (5)$$

En donde: D_s = Diversidad de Simpson. n = Número de individuos de la especie. N = Total de individuos.

- **Índice de diversidad de Shannon – Wiener**

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad (6)$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

- **Índice de riqueza de Margalef**

$$D = \frac{S-1}{\ln N} \quad (7)$$

En donde: D = Índice de Margalef; S = Número de especies; \ln = logaritmo natural; N = Número total de individuos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Parámetros físico-químicos de suelos bajo páramo, pasto y cultivo

1.1. Color

El color del suelo es una propiedad muchas veces calificada como sencilla de determinar, pero también es muy significativa para conocer el contenido de nutrientes y otras propiedades del medio edáfico (FAO, 2016). El color de las muestras de suelo de la zona de estudio correspondió al matiz (hue) 10YR. La luminosidad (value) e intensidad de los horizontes en suelos bajo páramo fue de 2/1 y suelos bajo pasto y cultivo fue de 3/2 (Figura 9). La coloración oscura en los suelos de páramo se debe a la acumulación de gran cantidad de materia orgánica cuya descomposición es lenta y da lugar a compuestos relativamente estables que aportan esta coloración. En suelos bajo pasto y cultivo la coloración es más clara debido al consumo de nutrientes y a procesos de preparación del suelo para estas actividades.

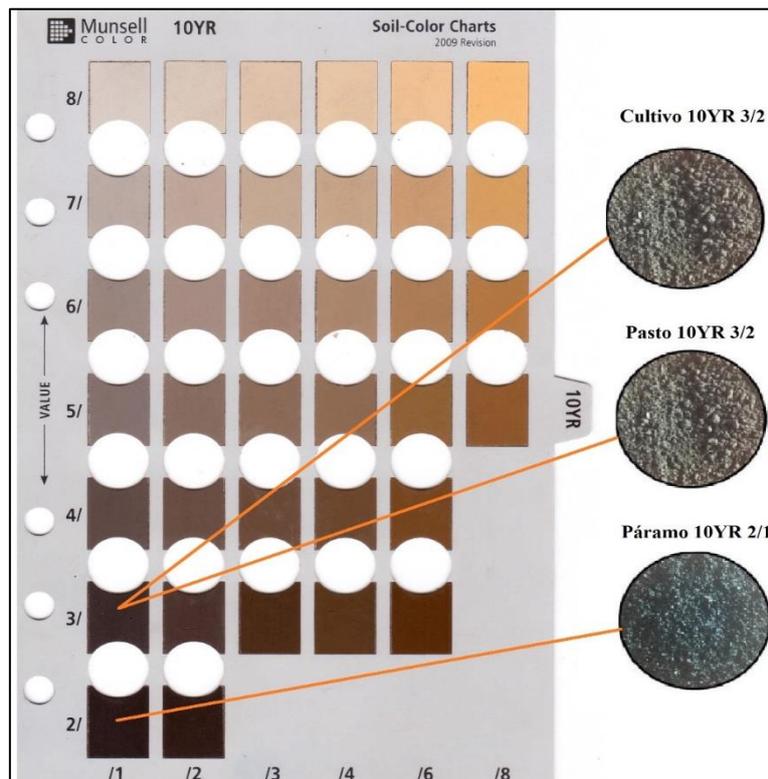


Figura 9. Color de los suelos bajo páramo, pasto y cultivo con relación al matiz 10YR.

Elaborado por: Los autores



*Figura 10. Gránulos de suelo visto al microscopio
Elaborado por: Los autores*

1.2. Textura

La textura del suelo depende de la proporciones de arena, limo y arcilla que contenga en un cierto volumen, y se relaciona con la cantidad de agua o aire que pueda retener, así facilitar o no el trabajo en él (FAO, 2016). El suelo de paramo del área de estudio presento una textura Franco limosa (FL). Este tipo de textura son ricas en nutrientes y tienen alta capacidad de retención de agua, pero presentan una muy baja permeabilidad (Ciancaglini, 2010). Los suelos bajo pasto y cultivo mostraron una textura Franca (F) (Figura 10). Por lo anterior expuesto podemos afirmar que la textura de los tres usos de suelo proviene del mismo material parental e igual mineralogía, lo que da origen a una textura de grano fino a grano medio.

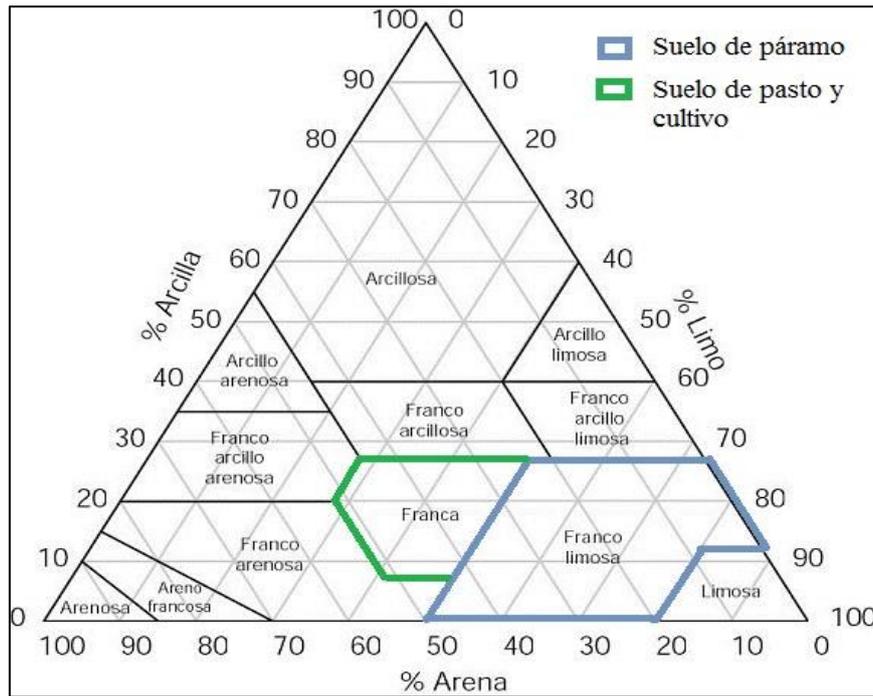


Figura 11. Textura de suelo
Elaborado por: Los autores

1.3. Densidad aparente

La Dap del suelo se define como la relación entre la masa del suelo seco (105 °C) y el volumen total incluyendo la parte porosa. Esta propiedad es importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema (FAO, 2009). En la Figura 12 se muestran los valores promedios de la Dap donde el suelo bajo páramo presentó un valor de 0,57 g/cm³, el suelo bajo pasto un valor de 0,52 g/cm³ y el suelo bajo cultivo 0,62 g/cm³. Esta variación en la Dap se debe a que son suelos que se han desarrollado en condiciones de clima extremo lo cual hace más lento el proceso de descomposición de la MO. Por esta razón los suelos bajo estos usos son relativamente livianos (Cargua *et al.*, 2014).

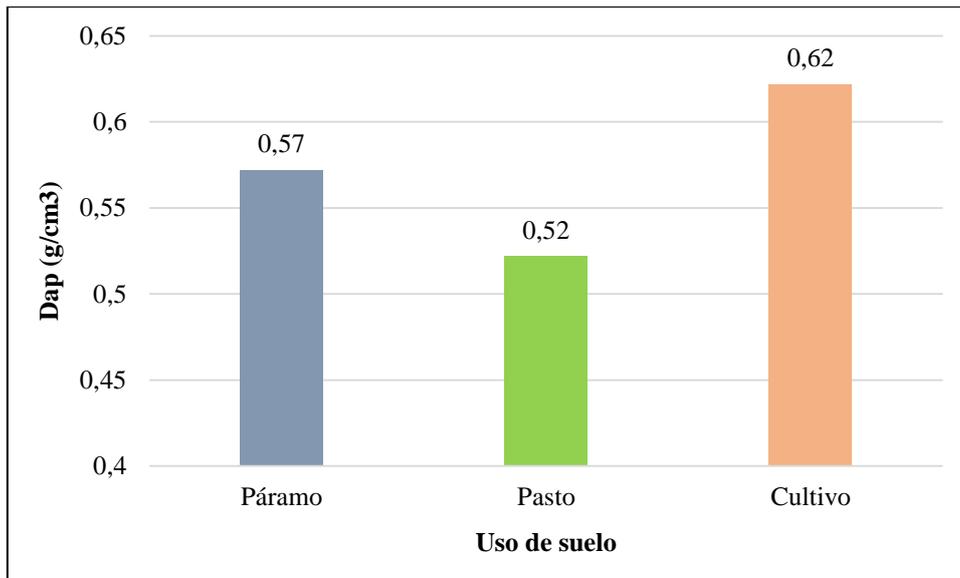
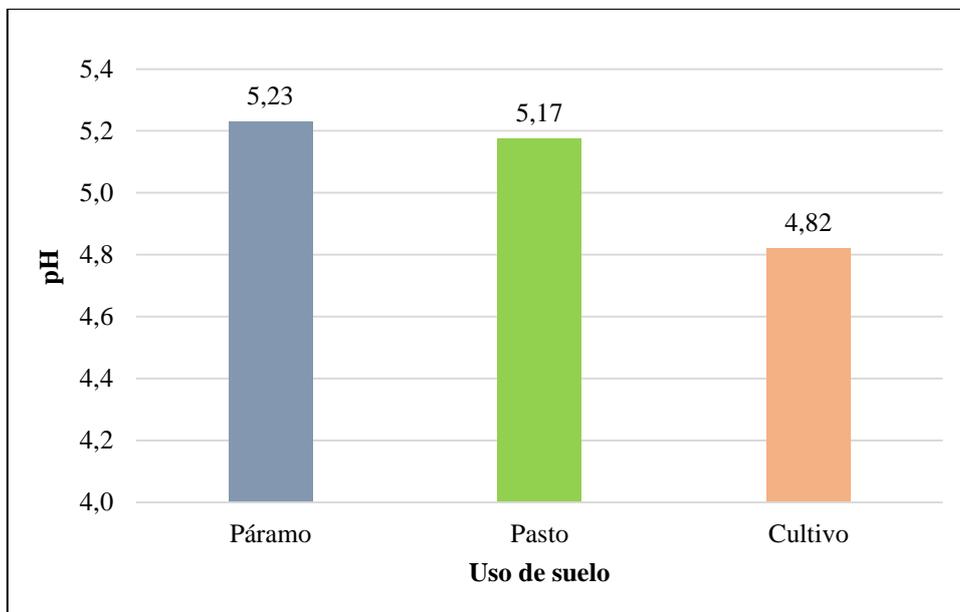


Figura 12. Densidad aparente del suelo

1.4. pH

El pH de suelo bajo páramo y pasto presentan un valor de 5 y cultivo mostro un valor de 4,82 (Figura 13). Esta reducción de pH en el suelo de cultivo se debe a un exceso en la aplicación de fertilizantes poniendo en riesgo la disponibilidad de nutrientes para el suelo. Los valores reportados en este estudio corresponden a un pH ligeramente ácido típico de zonas de páramo y similares a los reportas por (Quichimbo *et al.*, 2012).



*Figura 13. pH del suelo
Elaborado por: Los autores*

1.5. Carbono orgánico

La existencia de carbono orgánico en el suelo de páramo representa un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición. Mantenerlo secuestrado en el suelo permite mitigar efectos ante el cambio climático, debido a que la superficie terrestre, además de ser un sumidero, es un reservorio de carbono estabilizado (FAO, 2009; FAO, 2017)

El COS analizado a las muestras de suelo del área de estudio no varía significativamente, se tuvo un rango de 11,16% a 21,95%, con valores medios para páramo, pasto y cultivo de 19,46 %; 16,20 % y 17,89 % respectivamente (Figura 14). Una de las principales causas de la reducción leve de carbono se debe a que el cambio de uso de suelo no es mayor a 5 años de transformación de paramo a los suelos de pasto y cultivo, además de que una característica frecuente en estos tipos de uso de suelo, se agrega materia orgánica con el objetivo de aumentar la fertilidad del mismo, otro factor influyente es la mínima utilización de maquinaria agrícola misma que causa la ruptura de los agregados del suelo y el carbono al ser una fracción sensible se ve alterado y se evapora a la atmosfera en forma de CO₂ contribuyendo al calentamiento global (Hayduk & Vafadari, 2015; Pardos, 2010; Sánchez *et al.*, 2011).

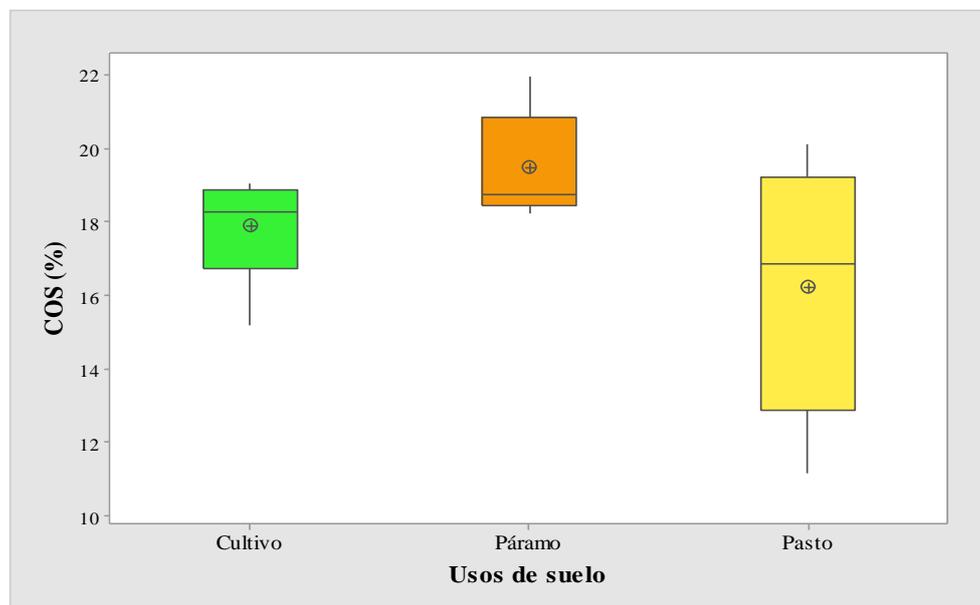


Figura 14. Carbono Orgánico del suelo
Elaborado por: Los autores

2. Caracterización de la mesofauna edáfica de los suelos bajo páramo, pasto y cultivo

Se recolectó un total de 72 individuos correspondientes a 3 órdenes y 8 familias de macroinvertebrados edáficos. Los órdenes más diversos fueron Lepidoptera con 4 familias y Coleoptera con 3 familias. El orden Díptera fue exclusivo del uso de suelo bajo cultivo con una familia. La distribución por familias de los individuos de mesofauna edáfica colectados en cada uso de suelo (páramo, pasto y cultivo) se muestra en la tabla 5. La cantidad de familias encontradas en cada zona de estudio, permitió inferir que todos los usos de suelo compartieron un número similar de familias. Esto se debe a que son suelos que han pasado de un estado natural (páramo) a un estado de intervención producto de la actividad antrópica, por lo que aún mantienen características semejantes de tolerancia a un variado rango de condiciones edafo-climáticas.

Tabla 5 Riqueza y abundancia de macroinvertebrados edáficos.

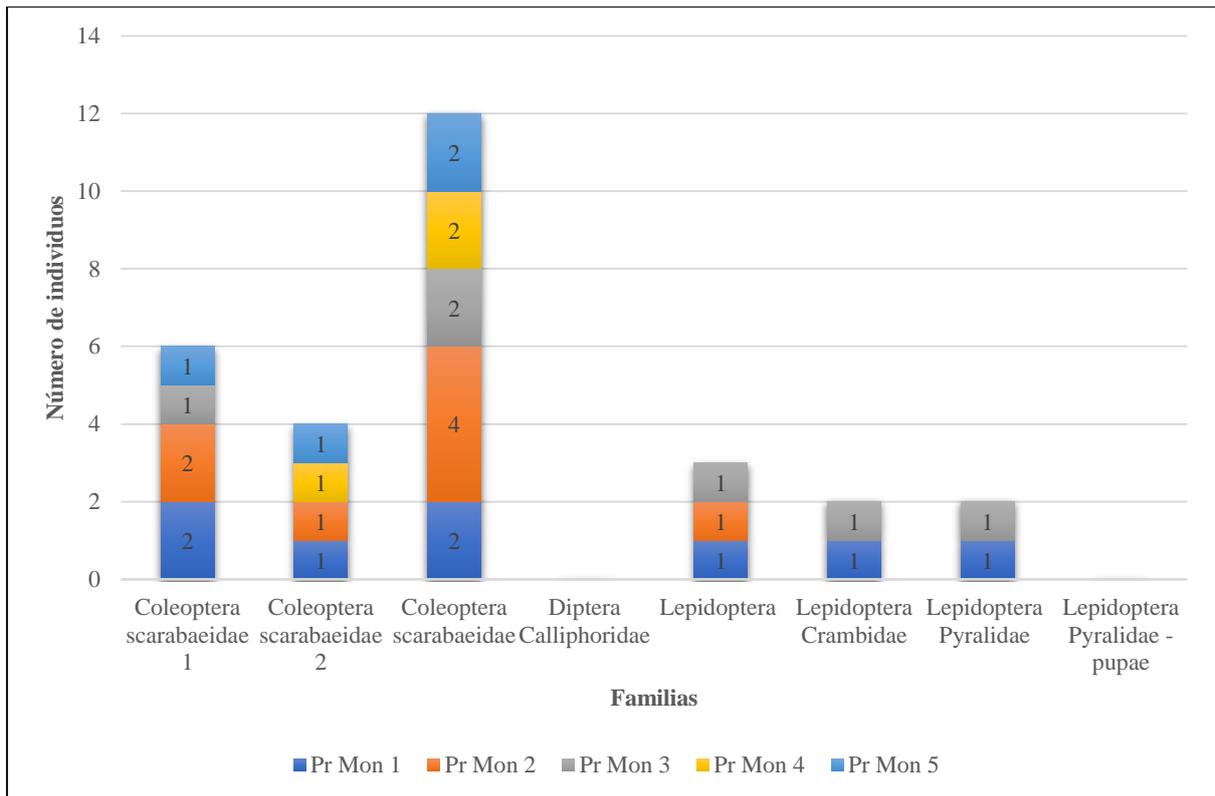
Familia	Uso de suelo			Total
	Páramo	Pasto	Cultivo	
Coleóptera Scarabaeidae 1	6	7	0	13
Coleóptera Scarabaeidae 2	4	6	2	12
Coleóptera Scarabaeidae	12	11	2	25
Díptera Calliphoridae	0	0	1	1
Lepidóptera	3	3	0	6
Lepidóptera Crambidae	2	2	2	6
Lepidóptera Pyralidae	2	3	3	8
Lepidóptera Pyralidae - Pupae	0	0	1	1

Elaborado por: Los autores

2.1. Distribución de la población por uso de suelo

La figura 15, muestra la variación de los individuos en los diferentes bloques de suelo (monolitos), en el ecosistema páramo. La mayor concentración de individuos se encontró en el monolito 1 y 2, los mismos que pertenecen al orden Coleoptera y Lepidoptera con 8 individuos cada uno.

El páramo al ser un área no intervenida posee un gran número de microorganismos adaptados a condiciones propias de este tipo de ecosistema. El número total de individuos encontrados en este transecto es de 29.



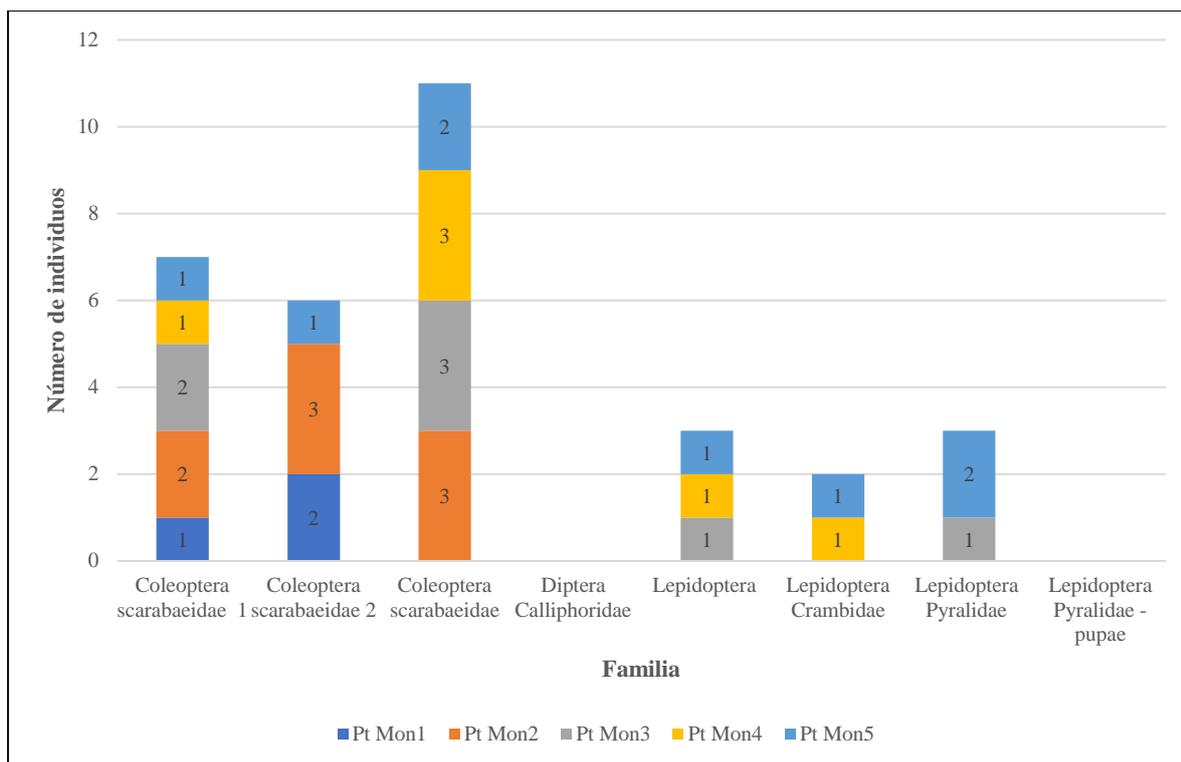
Pr: Páramo Mon: Monolito

Figura 15. Distribución de la mesofauna en suelo de páramo.

Elaborado por: Los autores

En la figura 16, se observa la distribución de individuos en el suelo bajo pasto, donde la familia Scarabaeidae es la que más individuos posee (11), seguido de la familia Sacrabidae 1 y 2 con 7 y 6 individuos respectivamente.

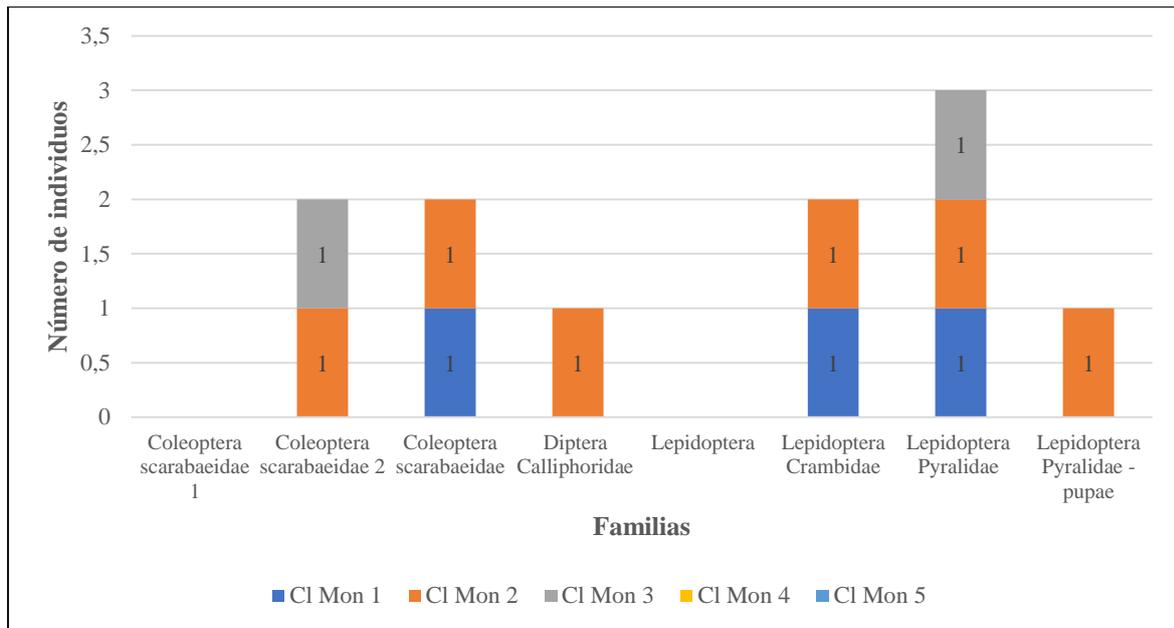
El número total de individuos encontrados en este transecto es de 32. Es importante indicar también que se encontraron familias como: Crambidae y Pyralidae con menor número de individuos pero de igual valor de importancia para este tipo de ecosistema.



Pt: Pasto Mon: Monolito

**Figura 16. Distribución de la población en suelo de pasto
Elaborado por: Los autores**

En la figura 17, se observa la distribución de individuos en el suelo bajo cultivo, donde la familia Pyralidae es la que más individuos posee (3), seguido de la familia Sacrabidae, Sacrabidae 2 y Crambidae con 2 individuos cada una. El número total de individuos encontrados en este transecto es de 11. Es importante indicar también que se encontraron familias como: Calliphoridae y Pyralidae - pupae con menor número de individuos pero de igual valor de importancia para este tipo de ecosistema. El número de especies en este ecosistema es mucho menor en relación al suelo bajo páramo y pasto.



CI: Cultivo Mon: Monolito

Figura 17. Distribución de la población en suelo de cultivo
Elaborado por: Los autores

En los puntos de muestreo se encontraron especímenes de la clase insecta, y se identificaron 3 órdenes la coleóptera, díptera y lepidóptera, y se distinguieron además 8 familias, las representaciones gráficas se visualizan en la tabla 6.

Tabla 6. Mesofauna del suelo

Clase	Orden	Familia	Imagen
Insecta	Coleoptera	Coleoptera scarabaeidae	
Insecta	Coleoptera	Coleoptera scarabaeidae	

Insecta	Coleoptera	Coleoptera scarabaeidae	
Insecta	Diptera	Diptera Calliphoridae	
Insecta	Lepidoptera	Lepidoptera	
Insecta	Lepidoptera	Lepidoptera Crambidae	
Insecta	Lepidoptera	Lepidoptera Pyralidae	
Insecta	Lepidoptera	Lepidoptera Pyralidae - pupae	

Elaborado por: Los autores

3. Índices de diversidad y su relación con la calidad biológica del suelo

3.1. Índice de abundancia relativa

El índice de abundancia relativa corresponde al número total de individuos de una especie expresada como una proporción del número total de individuos de todas las especies. De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 7, se identifica que el taxón de mayor proporción es Coleóptera con 41,38 % perteneciente a la familia Scarabaeidae. Esta representatividad obedece a que son especies con una amplia extensión trófica y que se han adaptado a temperaturas y condiciones extremas típicas del ecosistema páramo. Por ello este taxón es de vital importancia porque no solo permite evaluar las perturbaciones ambientales sino que también y permite tomar en cuenta medidas de conservación en dicho suelo. Es decir identificar cambios en la diversidad, número, distribución de las especies o la dominancia, alertan acerca de procesos empobrecedores.

Tabla 7. Abundancia relativa de la mesofauna en páramo.

Nº	Familia	Cantidad	Abundancia relativa (%)
1	Coleóptera Scarabaeidae	12	41,38
2	Coleóptera Scarabaeidae 1	6	20,69
3	Coleóptera Scarabaeidae 2	4	13,79
4	Lepidóptera	3	10,34
5	Lepidóptera Crambidae	2	6,90
6	Lepidóptera Pyralidae	2	6,90
TOTAL		29	100,00

Elaborado por: Autores

Como resultado del muestreo de la mesofauna en suelo bajo pasto fueron capturados 32 individuos. Los organismos más abundantes corresponden al taxón Coleóptera (34,38%) de la familia Scarabaeidae. Así mismo se observaron en esta área grupos menos abundantes como: Coleóptera Scarabaeidae 1 (21,88 %), Coleóptera Scarabaeidae 2 (18,75 %) y Lepidóptera (9,38 %). En este mismo sitio en taxón de más baja abundancia está representado por Lepidóptera Crambidae con 6,25 % (Tabla 8).

Tabla 8. Abundancia relativa de la mesofauna en pasto.

Nº	Familia	Cantidad	Abundancia relativa (%)
1	Coleóptera Scarabaeidae	11	34,38
2	Coleóptera Scarabaeidae 1	7	21,88

3	Coleóptera Scarabaeidae 2	6	18,75
4	Lepidóptera	3	9,38
5	Lepidóptera Pyralidae	3	9,38
6	Lepidóptera Crambidae	2	6,25
TOTAL		32	100,00

Elaborado por: Autores

En el uso de suelo bajo cultivo las familias más importantes de ingenieros del ecosistema fueron Lepidóptera Pyralidae con 27,27%; seguido de Coleóptera Scarabaeidae 2, Coleóptera Scarabaeidae y Lepidóptera Crambidae con el 18,18 % cada uno. Las familias restantes presentan un número de individuos más o menos similares, pero de igual importancia para el ecosistema. En este mismo sitio el orden Coleoptera presento un decrecimiento significativo en relación a los usos de suelo bajo pasto y páramo (Tabla 9).

Tabla 9. Abundancia relativa de la mesofauna en cultivo.

Nº	Familia	Cantidad	Abundancia relativa (%)
1	Lepidóptera Pyralidae	3	27,27
2	Coleóptera Scarabaeidae 2	2	18,18
3	Coleóptera Scarabaeidae	2	18,18
4	Lepidóptera Crambidae	2	18,18
5	Díptera Calliphoridae	1	9,09
6	Lepidóptera Pyralidae - Pupae	1	9,09
TOTAL		11	100,00

Elaborado por: Autores

3.2. Índice de diversidad de Simpson

El índice de diversidad de Simpson en páramo y pasto fue de 0,94 y en cultivo de 0,91 lo que indica que la comunidad en estudio presenta una diversidad alta (Tabla 10). De acuerdo a Caicedo, *et al.*, (2017), este índice puede variar desde cero (cuando existe una sola especie) y el logaritmo de S (cuando las especies están representadas por el mismo número de individuos), identificando de esta manera en los resultados del índice de Shannon.

Es importante indicar que la población de mesofauna en el páramo y pasto se ha desarrollado bajo especies vegetales dominadas por gramíneas, lo que influye en una buena presencia de

este tipo de especies. De ahí que los valores en los dos usos de suelo denotan una diversidad alta en estas dos poblaciones muestrales (García, Suárez, & Daza, 2010). Otro de los factores a considerar es las condiciones climáticas, las mismas que influyen en el desarrollo de las plantas y a su vez inciden en el crecimiento de la fauna. Dicho de otra manera los cambios en el número de especies pueden variar de una época a otra respecto a temperatura y precipitación.

Tabla 10. Índice de diversidad de Simpson.

Área de estudio	Valor calculado	Valor Referencial	Interpretación
Páramo	0,94	0,76 - 1,00	Diversidad alta
Pasto	0,94	0,76 - 1,00	Diversidad alta
Cultivo	0,91	0,76 - 1,00	Diversidad alta

Elaborado por: Autores

Debido a que el número de poblaciones es variable en cada unidad geográfica, los análisis de biodiversidad son útiles para comprender la evolución del crecimiento de especies en función de las perturbaciones ambientales y humanas. Por esta razón se utilizó los índices de biodiversidad para analizar los cambios significativos entre poblaciones muestrales.

Como se observa en la tabla, 10 el índice de diversidad de Simpson tienen valores que no varían significativamente entre sí, en la zona de cultivo se observa una pequeña reducción de diversidad debido a la intervención antrópica especialmente por cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), la intervención de los páramos con pasto y cultivo es relativamente reciente, es por ello que la diversidad es alta en las tres áreas, y el impacto aún es casi imperceptible, sin embargo, si la tendencia continua se prevé una reducción progresiva de diversidad.

3.3. Índice de diversidad de Shannon – Wiener

El índice de Shannon permite medir la biodiversidad sin tener en cuenta la distribución en el espacio. Los valores normales están entre 1 a 5 y en la zona estudio el páramo y pasto mostraron valores de 2,89 y 2,84 respectivamente, mientras que la cobertura vegetal bajo cultivo presento un valor de 2,40 lo que indica que la diversidad en este tipo de ecosistemas es media (Tabla 11).

Tabla 11. Índice de diversidad de Shannon.

Área de estudio	Valor calculado	Valor Referencial	Interpretación
Páramo	2,89	2 - 3	Diversidad media
Pasto	2,84	2 - 3	Diversidad media
Cultivo	2,40	2 - 3	Diversidad media

Elaborado por: Autores

Las áreas de estudio según el índice de diversidad de Shannon tampoco no presentaron cambios relevantes, así el suelo de páramo, pasto y cultivo mantienen una diversidad media, el suelo de pasto con un valor ligeramente inferior por la intervención de actividad ganadera, en el suelo de cultivo el valor es aún más reducido por las actividades agrícolas y ganaderas.

3.4. Índice de riqueza de Margalef

Se aplicó el índice de Margalef, donde los valores que se encuentran por debajo de 2 suelen hacer referencia a ecosistemas con poca biodiversidad (antropizados) y superiores a 5 presentan una biodiversidad alta. Este es el caso de los suelos bajo páramo y pasto que mostraron valores de 5,64 y 5,19 respectivamente (Tabla 12).

Cabe indicar que los sitios de muestreo como pasto tiene el fin de pastoreo para producción de leche y el cultivo dedicado a la producción de alimentos bajo una agricultura de subsistencia. Estudios previos (Vivas, 2015) (Socarrás, 2013) (Cabrera, 2014) indican que la intervención antrópica es una de las razones más relevantes por las que el cultivo presenta una menor riqueza de especies en la población muestral analizada.

Tabla 12. Índice de riqueza de Margalef.

Área de estudio	Valor calculado	Valor Referencial	Interpretación
Páramo	5,64	> a 5	Diversidad alta
Pasto	5,19	> a 5	Diversidad alta
Cultivo	4,17	> a 5	Diversidad media

Elaborado por: Los autores

4. Evaluación de la calidad del suelo mediante indicadores biológicos

Las familias de la mesofauna edáfica son sensibles a perturbaciones naturales o antrópicas, causando una la variabilidad en la cantidad y tipo de individuos; por ello son considerados

indicadores del estado de calidad del suelo. El análisis cualitativo permitió realizar una evaluación adecuada de la calidad del medio edáfico. Como se puede ver en la Figura 18 las especies del suelo de pasto y cultivo presentaron variación en cuanto al número y tipo de familia, siendo indicadores de la alteración que han sufrido especialmente por actividades de ganadería y agricultura.

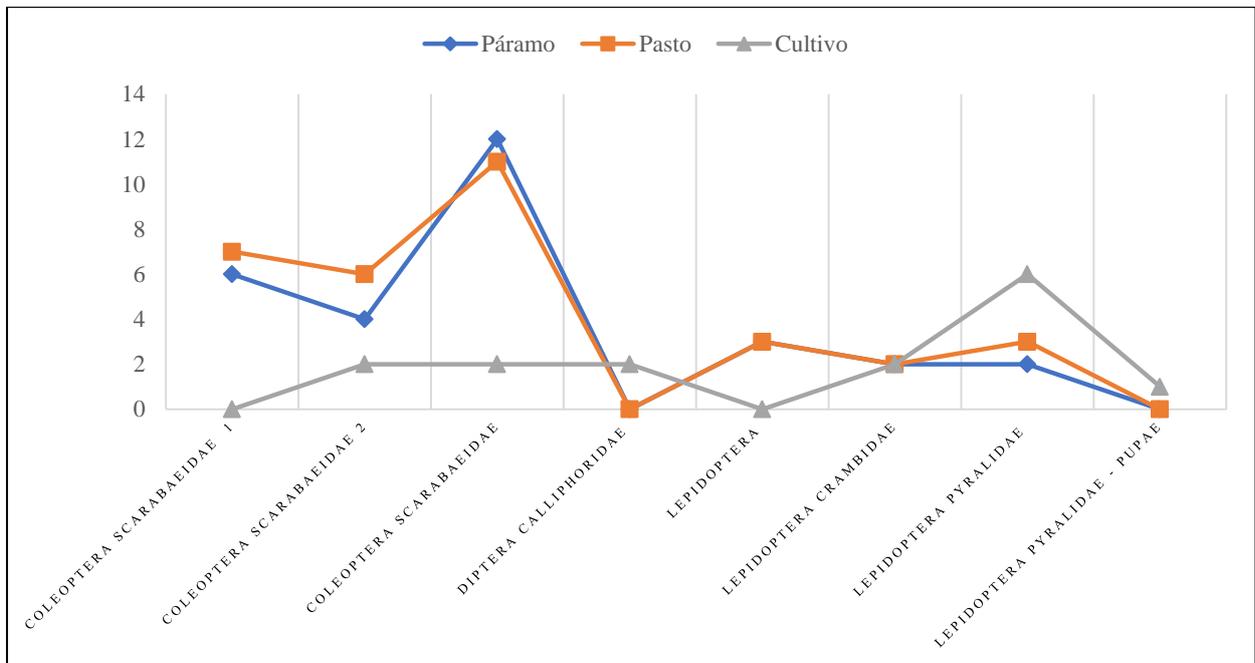


Figura 18 Análisis comparativo de familias según uso de suelo
Elaborado por: Los autores

Verificando una disminución considerable en el suelo de cultivo de los carábidos (escarabajos), los cuales son herbívoros y están presentes en suelo de páramo y en pastizales; Los dípteros (moscas) una especie detritívora no fue observada los suelos de pasto ni cultivo. Los lepidópteros (mariposas) herbívoros no se encontraron en gran cantidad en suelo de páramo, la familia lepidóptera pyralidae en menor cantidad que otros grupos, para ciertas plantaciones es considerada una plaga.

La calidad de suelo es menor en suelos de cultivo, respecto al suelo de uso de pasto y páramo; y el suelo de pasto tiene mejor calidad que el suelo de cultivo pero menor al suelo de páramo.

CONCLUSIONES

- En el área de estudio los indicadores físicos químicos analizados varían cuando el suelo es intervenido, el suelo de páramo en la mayor parte de los indicadores difiere manteniendo características propias, la diversificación de los indicadores se debe a la interposición de la actividad antrópica en menor grado en los pastizales y en mayor grado en el suelo de cultivo.
- En los puntos de muestreo se colectaron individuos de la clase insecta, pertenecientes a las órdenes coleóptera, díptera y lepidóptera, del total de individuos colectados la mayoría se encontró en el suelo de páramo y pasto, en suelo de cultivo se colectaron individuos de la familia diptera calliphoridae, indicador de suelos con intervención antrópica.
- Las aplicaciones de índices de biodiversidad permitieron el análisis sobre el número de las poblaciones y sus especies, siendo herramientas útiles para observar los niveles de perturbación ambiental. Por otro lado, existe poca variabilidad en los índices de biodiversidad entre páramo, pasto y cultivo debido a que la intervención es relativamente reciente.
- Se determinó que en el mismo sector los suelos han sido intervenidos por actividades como la ganadería y agricultura, la presente investigación observó ligeras diferencias entre los tres usos de suelo y una leve variación de sus características físicas, químicas y biológicas, demostrando la progresiva pérdida de características propias del suelo de páramo.

RECOMENDACIONES

- Continuar con el proceso investigativo incrementando nuevos parámetros físicos, químicos y biológicos para lograr un visión más clara de la realidad de la calidad de suelo en el sector.
- Socializar los datos obtenidos en el sector con las autoridades y los pobladores del sector con el fin de concientizar sobre la importancia del suelo de páramo y su conservación.
- Proponer políticas públicas de conservación en el sector de Pomacocho para precautelar las reservas de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrezueta Unda, S. A., Velepucha Cuenca, K. A., Hurtado Flores, L., & Jaramillo Aguilar, E. E. (2019). Soil properties and storage of organic carbon in the land use pasture and forest. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(2), 31–45. <https://doi.org/10.22267/rcia.193602.116>
- Basto, P. S. (2017). El conflicto socioambiental del páramo Santurbán. Un análisis bioético con enfoque de ecología política. *Revista Colombiana de Bioética*, 12(1), 8–24.
- Bautista Cruz, A., Barra Etchevers, J., Del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2017). The relationship between alpha-synuclein and Parkinson's disease. *Ecosistemas*, 59(8), 825–830.
- Beretta, Bassahum, & Musselli. (2014). ¿Medir el pH del suelo en la mezcla suelo: agua en reposo o agitando? *Agrociencia Uruguay*, 18(2), 90–94. <https://doi.org/10.2477/vol18iss2pp90-94>
- Bignell, D. E., Constantino, R., Csuzdi, C., Karyanto, A., Konaté, S., Louzada, J., Susilo, F., Ebagnerin, J., & Zanetti, R. (2010). *Macrofauna* (pp. 91–148).
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Cabrera, G. (2014). Manual Práctico sobre la Macrofauna Edáfica como Indicador Biológico de la Calidad del Suelo, según resultados en Cuba. *Impacto de La Intensidad de Uso de La Tierra Sobre La Macrofauna Del Suelo En El Occidente de Cuba. La Macrofauna Como Bioindicador de La Fertilidad Del Suelo Impacto de La Intensidad de Uso de La Tierra Sobre La Macrofauna Del Suelo En El Occidente de Cuba*, 34.
- Caicedo, D., Benavides, H., Carvajal, L., & Ortega, J. (2017). Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: Análisis preliminar. *La Granja*, 27(1), 77–85. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.06>
- Cargua, F., Rodríguez, M., Damián, D., Recalde, C., & Santillán, G. (2017). Analytical methods comparison for soil organic carbon determination in Andean Forest of Sangay National Park-Ecuador. *Acta Agronomica*, 66(3), 408–413. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52467>
- Cargua, Rodríguez, M. V., Recalde, C. G., & Vinueza, L. M. (2014). Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de

- Páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información Tecnológica*, 25(3), 83–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300011>
- Castañeda, Martín, & Montes, A. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 13(1), 210–221. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112>
- Chambers, F. M., Beilman, D. W., & Yu, Z. (2011). Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat*, 7(7), 1–10.
- Ciancaglini, N. (2010). *R- 001- Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. 1–10.
- Cuascota, N. (2016). *La Problemática de los Páramos desde el Derecho Ambiental Ecuatoriano : El Caso de los Páramos del Cantón Cayambe*. 1–110.
- Cuzco, S. (2016). *Plan de manejo para la conservación del páramo de la Comunidad Cobshe Alto, Parroquia Achupallas, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo*.
- Delgado, G., Burbano, A., & Silva, A. (2011). Evaluación de la macrofauna del suelo asociada a diferentes sistemas con café *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(1), 91–106.
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. In *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- FAO. (2017). *Carbono Orgánico de Suelo, el potencial oculto*.
- García, C., Suárez, C., & Daza, M. (2010). Estructura y diversidad florística de dos bosques naturales (Buenos aires, dpto Cauca, Colombia). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 8(1), 74–82.
- García, Ramírez, & Sánchez. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos : una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos Y Forrajes*, 35(2), 125–137.
- Habana, L. (2014). *Indicadores Mesofauna*. 37(1), 47–54.
- Hayduk, D., & Vafadari, K. (2015). Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático. *Fao*, 4.
- Isaza, G., Pérez, M., Laines, J., & Castañón, G. (2009). Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. *Universidad y Ciencia*, 25(3), 233–243.
- Lemos, E. (2017). *Valoración económica del carbono orgánico total almacenado en el bosque siempreverde andino de Huangra ubicado en la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3884/1/UNACH-EC-ING-AMB-2017->

0005.pdf

- Morocho, C., & Chuncho, G. (2019). *Páramos del Ecuador , importancia y afectaciones : Una revisión*. 9(2), 71–83.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Estado mundial del recurso del suelo (EMRS) - Resumen Técnico. In *Fao*. <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- Pardos, J. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. In *Instituto Nacional De Investigacion Y Tecnologia Agraria Y Alimentaria*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01879.x>
- Piedrahíta, O. (2019). Acidez Del Suelo (Magnesios Heliconia S:A). *Magnesio Heliconia S.A*, 14(cuadro 1), 30. http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Acidez del Suelo/Fuentes y efectos.pdf
- Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cárdenas, I., Crespo, P., & Céleri, R. (2012). *Suelos Ecuatoriales 42 EFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS POR EL CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO: PÁRAMO DE QUIMSACocha AL SUR DEL ECUADOR - EFFECT OF VEGETATION AND LAND USE CHANGE ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL S*. 42(2), 138–156.
- Rendón, S., Artunduaga, F., Ramírez, R., Quiroz, A., & Leiva, I. (2011). The Macroinvertebrates as Indicators of the Quality of Soil in Blackberry, Grass and Avocado Crops. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 64(1), 5793–5802.
- Ríos, M., Ruiz Dáger, M., Maduro, R., & García, H. (2015). Estudio exploratorio de las propiedades físicas de suelos y su relación con los deslizamientos superficiales: Cuenca del río Maracay, estado Aragua-Venezuela. *Revista Geografica Venezolana*, 51(2), 225–247.
- Rojas, J., & Peña, S. (2018). Desnidad Aparente Comparacion de métodos de determinación en ensayo de rotaciones en siembra directa. *I*, 1(1), 3. www.inta.gov.ar/saenzpe
- Roman, A., Francisco, P., & Acevedo, O. (2018). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 141–155. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1489>
- Rubio, S. (2016). Cálculo del índice de biodiversidad de especies faunísticas en el Bosque Protector Aguarongo. In *Tesis*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11895/1/UPS-CT005647.pdf>
- Sánchez, R., Ramos, R., Geissen, V., Mendoza, J. D. D., Cruz, E. D. La, Salcedo, E., &

- Palma, D. J. (2011). Contenido de carbono en suelos con diferentes usos agropecuarios en el trópico. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 211–219.
- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 1(1), 5–13.
- Sotelo, E. R., Gutiérrez C, M. C., Cruz, G. B., Ortiz S, C. A., & Segura C, M. A. (2018). *History and Development of the Classification of Vertisols in the FAO System and Taxonomy*.
- Swift, M. J., Bignell, D. E., Moreira, F. M. S., & Huising, E. J. (2012). El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. *El Inventario de La Biodiversidad Biológica Del Suelo: Conceptos y Guía General.*, 29–52.
- Toledo, D. M., Arzuaga, S. A., Galantini, J. A., & Vazquez, S. (2018). *Ciencia Del Suelo. Argentina*, 36(1), 124–137.
http://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/3813/INTA_CIRN_InstitutoSuelos_Behrends_Kraemer_F_Análisis_de_la_erosividad_de_las_lluvias.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vivas, C. (2015). *Estudio de la mesofauna edáfica en la microcuenca del río Jubalyacu, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo*. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
[http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3952/1/33T0141 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3952/1/33T0141.pdf)

ANEXOS

Anexo 1. Registro Fotográfico

Fotografías	Descripción
	Suelo de páramo
	Pajonal
	Plantaciones de pino en el páramo
	Selección del área de monitoreo para el transecto 1
	Aflojo de la tierra para sacar el monolito y sacada del monolito
	Contabilidad de especies en campo
	Lombriz sacada

del monolito



Suelo de Pasto

Utilización de
la pala para
sacar muestra
de pasto



Contorno
perforado del
suelo de pasto



Especie
encontrado en
suelo de pasto



Suelo de cultivo



Comunidad de
Pomacocho



Anexo 2: Parámetros físicos de las muestras de suelo.

Los resultados de los análisis de los parámetros físicos de las muestras de suelo se muestran en la Tabla 15, cada uno de los parámetros fue evaluado en los laboratorios de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Tabla 13. Resultados de los indicadores físicos del suelo.

Código de laboratorio	Color		Textura	Estructura	Dap (g/cm ³)
	Húmedo	Seco			
PrMon1	10YR 2/1	10YR 2/1	Franco limoso	Granular	0,55
PrMon2	10YR 2/1	10YR 2/1	Franco limoso	Granular	0,57
PrMon3	10YR 2/1	10YR 2/1	Franco limoso	Granular	0,60
PrMon4	10YR 2/1	10YR 2/1	Franco limoso	Granular	0,57
PrMon5	10YR 2/1	10YR 2/1	Franco limoso	Granular	0,57
PtMon1	10YR 2/1	10YR 3/2	Franco	Granular	0,56
PtMon2	10YR 2/1	10YR 2/1	Franco	Granular	0,53
PtMon3	10YR 2/1	10YR 2/1	Franco	Granular	0,48
PtMon4	10YR 2/1	10YR 3/2	Franco	Granular	0,52
PtMon5	10YR 2/1	10YR 3/2	Franco	Granular	0,52
ClMon1	10YR 2/1	10YR 3/2	Franco	Granular	0,59
ClMon2	10YR 2/1	10YR 3/2	Franco	Granular	0,61
ClMon3	10YR 2/1	10YR 2/1	Franco	Granular	0,67
ClMon4	10YR 2/1	10YR 3/2	Franco	Granular	0,62
ClMon5	10YR 2/1	10YR 3/2	Franco	Granular	0,62

Mon: Monolito; Pr: Páramo; Pt: Pasto; Cl: Cultivo

Elaborado por: Los autores

Anexo 3: Parámetros químicos de las muestras de suelo

El análisis de los parámetros químicos de las muestras de suelo en los laboratorios de la Universidad Nacional de Chimborazo se detalla en la tabla 16

Tabla 14 Resultados de los indicadores químicos del suelo.

Código Laboratorio	pH	COS (%)
PrMon1	4,883	14,59
PrMon2	5,228	16,84
PrMon3	5,439	18,31
PrMon4	5,373	20,11
PrMon5	5,217	11,16
PtMon1	5,129	18,76
PtMon2	5,271	18,23
PtMon3	5,397	19,02
PtMon4	5,091	15,19
PtMon5	4,981	18,26
ClMon1	4,729	18,21
ClMon2	4,846	18,73
ClMon3	4,705	21,95
ClMon4	4,906	18,68
ClMon5	4,918	19,72

Mon: Monolito

Pr: Páramo

Pt: Pasto

Cl: Cultivo

Elaborado por: Los autores