

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

*Trabajo de titulación previo a  
la obtención del título de  
Ingeniero Ambiental*

**TRABAJO EXPERIMENTAL:**

**“CALIDAD DEL SUELO A PARTIR DE INDICADORES FÍSICOS Y QUÍMICOS  
APLICADO A TRES USOS DE SUELO PARA LA GENERACIÓN DE  
PROPUESTAS DE GESTIÓN POR IMPACTOS EN EL SUELO POR ACCIONES  
ANTRÓPICAS EN EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTORES DE  
SUNSUN - YANASACHA”**

**AUTOR:**

DIEGO STALIN PINOS SOLANO

**TUTOR:**

ING. JUAN GERARDO LOYOLA ILLESCAS, Ph.D.

CUENCA - ECUADOR

2022

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Diego Stalin Pinos Solano con documento de identificación N° 0104227798, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del trabajo de titulación: **“CALIDAD DEL SUELO A PARTIR DE INDICADORES FÍSICOS Y QUÍMICOS APLICADO A TRES USOS DE SUELO PARA LA GENERACIÓN DE PROPUESTAS DE GESTIÓN POR IMPACTOS EN EL SUELO POR ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTORES DE SUNSUN - YANASACHA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero de 2022.



Diego Stalin Pinos Solano

C.I. 0104227798

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“CALIDAD DEL SUELO A PARTIR DE INDICADORES FÍSICOS Y QUÍMICOS APLICADO A TRES USOS DE SUELO PARA LA GENERACIÓN DE PROPUESTAS DE GESTIÓN POR IMPACTOS EN EL SUELO POR ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTORES DE SUNSUN - YANASACHA”**, realizado por Diego Stalin Pinos Solano, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero de 2022.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop at the top and several horizontal strokes at the bottom.

Ing. Juan Gerardo Loyola Illescas, Ph.D.

C.I. 0102378544

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Diego Stalin Pinos Solano con documento de identificación N° 0104227798, autor del trabajo de titulación: **“CALIDAD DEL SUELO A PARTIR DE INDICADORES FÍSICOS Y QUÍMICOS APLICADO A TRES USOS DE SUELO PARA LA GENERACIÓN DE PROPUESTAS DE GESTIÓN POR IMPACTOS EN EL SUELO POR ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL BOSQUE Y VEGETACIÓN PROTECTORES DE SUNSUN - YANASACHA”**, certifico que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero de 2022.



Diego Stalin Pinos Solano

C.I. 0104227798

## **AGRADECIMIENTOS**

*Ante todo, a Dios por llenarme de fuerzas y ser una guía durante esta etapa de mi vida.*

*Agradezco al Dr. Juan Loyola Illescas director de mi tesis por haberme brindado su tiempo, sus sabias palabras, por sus consejos y recomendaciones en cada una de las etapas de este proyecto.*

*Por último, quiero agradecer a toda mi familia, a mis padres, mi hermano, abuelitos por sus ánimos y apoyo para seguir adelante en todo momento y jamás rendirme convirtiéndose en ese pilar fundamental en mi vida.*

## ***DEDICATORIA***

*A mi familia por confiar en mí siempre y llenarme de fuerzas, ánimos y sabiduría para seguir adelante, en especial a mis padres Edgar y Marinita por su amor y sacrificio por esa gran guía incondicional en todo momento.*

## RESUMEN

En los últimos años el crecimiento y avance exponencial de la población ha ido en aumento tanto en zonas urbanas como rurales, provocando actividades agropecuarias y ganaderas generando cambios en los ecosistemas de páramo. Por lo que esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la calidad del suelo existente en el Bosque y Vegetación protectores Sunsun Yanasacha mediante la utilización de indicadores físicos (textura, densidad aparente, color), indicadores químicos (carbono orgánico, pH) eh indicadores biológicos como la detección de la lombriz de tierra (*Lombricus terrestris*) para generar propuestas de gestión en el suelo impactado por las acciones antrópicas del sector; partiendo por la metodología generada por el “Programa de Biología y Fertilidad de los Suelos” correspondiendo a la extracción de cuatro muestras de suelo por cada una de las zonas de estudio como páramo (A1), zona ganadera (A2) y zona de cultivos (A3), cuyas muestras son analizadas en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.

Como resultado los análisis revelaron que para los indicadores físicos; la textura utilizó el manual “Clases de Textura de los Suelos” optando en la prueba de análisis por tacto, presentando suelos franco limoso (FL) en zonas del páramo y suelos francos (F) en las zonas de cultivo y ganadería; el análisis del color del suelo se basó en el libro de MUNSELL con valores de (10YR 2/2 gris oscuro) en zonas del páramo y (10YR 3/2 marrón grisáceo) en zonas de cultivo y ganadera, el Dap optó por la “Metodología del cilindro” variando la presencia de materia orgánica y su capacidad

de drenaje en los suelos, el páramo con valor medio de 0.67 g/cm<sup>3</sup>, la zona ganadera de 0.38 g/cm<sup>3</sup> y la zona de cultivo de 0.41 g/cm<sup>3</sup> viéndose alterados por la capacidad de drenaje y aireación media del suelo. Para el análisis químico la determinación del pH revelo el cambio de un suelo moderadamente ácido a un suelo muy ácido, el pH del páramo es de 5.2, en el área de cultivos el valor de 5.88 pH óptimo para el crecimiento de césped, vegetales y zona ganadera con valor de 5.9 pH considerando a ambos en suelos moderadamente ácido. El análisis biológico aplico el método por conteo de ejemplares relacionando la densidad de población de lombrices de tierra (*Lombricus terrestris*) de orden Haplotaxida, el páramo registró 15 ejemplares de entre 1 a 5 cm de longitud, la zona ganadera contabilizo 25 ejemplares de 3 a 15 cm y la zona de cultivos 32 ejemplares con longitud de 4 a 9 cm relacionando la cantidad de nutrientes que disponga el suelo pese a los cambios y alteraciones en su estructura.

Por lo establecido se generaron medidas propicias para la conservación de los suelos del páramo siendo necesario seguir con la investigación de la zona, dar a conocer estos resultados mediante sociabilizaciones a la población o actores principales para solventar aquellos daños y mantener el recurso suelo intacto.

**Palabras claves:** Indicadores físicos, químicos, biológicos, densidad aparente, carbono orgánico, Paramo, Cultivo, Ganadería.



## **ABSTRACT**

In recent years, the exponential growth and advance of the population has been increasing in both urban and rural areas, causing agricultural and livestock activities generating changes in the paramo ecosystems. Therefore, this research was conducted with the aim of determining the quality of the existing soil in the Forest and Vegetation protectors Sunsun Yanasacha through the use of indicators, physical (texture, bulk density, color), chemical indicators (organic carbon, pH) and biological indicators, such as the detection of the earthworm (*Lombricus terrestris*) to generate proposals of management on the soil impacted by the actions of human industry; starting from the methodology generated by the "Soil Biology and Fertility Program" corresponding to the extraction of four soil samples for each of the study areas such as paramo (A1), livestock area (A2) and crop area (A3), whose samples are analyzed in the laboratories of the Politecnica Salesiana University.

As a result, the analysis revealed that for the physical indicators; the texture used the manual "Soil Texture Classes" opting in the test of analysis by touch, presenting loam soils (FL) in areas of the moor and loam soils (F) in areas of cultivation and livestock; the analysis of soil color was based on MUNSELL's book with values of (10YR 2/2 dark gray) in areas of the moor and (10YR 3/2 greyish brown) in crop and livestock areas, the Dap opted for the "Cylinder Methodology" varying the presence of organic matter and its drainage capacity in the soils, the moor with average value of 0.67 g/cm<sup>3</sup>, the livestock area of 0.38 g/cm<sup>3</sup> and the crop area of 0.41 g/cm<sup>3</sup> being altered by the average drainage and aeration capacity of the soil. For the chemical analysis, the determination of the pH revealed the change from a moderately acid soil to a very acid soil, the pH of the moor is 5.2, in the crop area the value of 5.88 pH optimal for the growth of grass, vegetables and livestock area with a value of 5.9 pH considering both in moderately acid soils. The biological

analysis applied the method by counting specimens relating the population density of earthworms (*Lombricus terrestris*) of order Haplotaxida, the moor recorded 15 specimens between 1 to 5 cm in length, the livestock area counted 25 specimens of 3 to 15 cm and the crop area 32 specimens with length of 4 to 9 cm relating the amount of nutrients available in the soil despite changes and alterations in its structure.

Therefore, favorable measures were generated for the conservation of the paramo soils being necessary to continue with the investigation of the area, to make these results known through socialization to the population or main actors to solve those damages and keep the soil resource intact.

**Keywords:** Physical, chemical, biological indicators, bulk density, organic carbon, paramo, Crop, Livestock.



## LISTA DE ACRÓNIMOS

<b>A1</b>	Zona Páramo
<b>A2</b>	Zona Ganadera
<b>A3</b>	Zona Cultivos
<b>CO</b>	Carbono Orgánico
<b>C</b>	Carbono
<b>Bo</b>	Bosque
<b>Pa</b>	Pasto
<b>Psi</b>	Peso inicial del suelo
<b>MO</b>	Materia Orgánica
<b>Psf</b>	Peso final del suelo
<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	Gramos /centímetros cúbicos
<b>FA</b>	Franco Arcilloso
<b>FL</b>	Franco Limoso
<b>F</b>	Franco
<b>A</b>	Arcilloso
<b>DAP</b>	Densidad Aparente
<b>pH</b>	Potencial de hidrogeno
<b>ha</b>	Hectáreas
<b>Vc</b>	Volumen del cilindro
<b>Pss</b>	Peso del suelo seco

## INDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
DEDICATORIA .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT.....	IX
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	XI
CAPITULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Justificación .....	5
CAPITULO 2.....	7
2. OBJETIVOS .....	7
2.1. Objetivos General .....	7
2.2. Objetivos Específicos .....	7
CAPITULO 3.....	8
3. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	8
3.1. Componente suelo.....	8
3.2. Suelos de Páramos Andinos.....	10

3.3. Tipos de suelos (Paramo andino Ecuatorial) .....	13
3.3.1. Andisoles .....	13
3.3.2. Entisoles.....	14
3.3.3. Inceptisoles .....	15
3.3.4. Histosol.....	15
3.4. Producción agrícola y ganadera del páramo .....	16
3.5. Indicadores del suelo (Páramo).....	19
3.6. Indicadores Físicos del páramo.....	19
3.6.1. Densidad de volumen o aparente (Dap).....	20
3.6.2. Textura del suelo.....	20
3.6.3. Color del suelo .....	21
3.7. Indicadores Químicos del páramo .....	22
3.7.1. Potencial de Hidrogeno pH.....	22
3.7.2. Carbono Orgánico del suelo (COS).....	25
3.8. Indicador Biológico del páramo .....	26
3.8.1. Lombriz de tierra del páramo .....	27
3.8.2. Efectos de la lombriz en el suelo Andino .....	28
CAPITULO 4.....	29
4. MATERIALES Y METODOS.....	29
4.1. Descripción del área de estudio .....	29
4.2. Importancia del muestreo para el análisis del suelo .....	33
4.3. Plan de recolección para las muestras de suelo .....	34

4.4.	Equipos y materiales.....	37
4.4.1.	Equipos .....	37
4.4.2.	Materiales .....	37
4.5.	Análisis físico - químico.....	38
4.5.1.	Determinación para la textura del suelo .....	39
4.5.2.	Color del suelo.....	39
4.5.3.	Potencial de Hidrogeno pH.....	40
4.5.4.	Determinación de carbono orgánico.....	40
4.5.5.	Densidad de volumen o Densidad aparente.....	41
4.6.	Análisis biológico .....	41
CAPITULO 5.....		43
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	43
5.1.	Indicadores físicos de la calidad de suelos .....	43
	Textura.....	43
	Color.....	46
	Densidad aparente .....	47
5.2.	Indicadores Químicos de la calidad del suelo.....	50
	Determinación del pH del suelo .....	50
	Carbono Orgánica.....	52
5.3.	Indicador biológico para la Calidad del suelo .....	54
	Lombriz de Tierra.....	54
5.4.	Propuestas de Gestión.....	58

5.4.1. Actividad ganadera .....	58
La aplicación de barreras o cercas vivas .....	58
Sistema silvopastoril y control de ejemplares .....	59
5.4.2. Actividad agrícola.....	61
Manejo agroecológico de cultivos.....	61
CAPITULO 6.....	63
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
6.1. Conclusiones.....	63
6.2. Recomendaciones .....	64
LISTADO DE REFERENCIAS .....	66
ANEXOS .....	72



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Red trófica edáfica del suelo andino.....	9
Tabla 2. Incompatibilidad de actividad según elevación y pendiente en los Paramos Andinos.....	16
Tabla 3. Indicadores de calidad de suelos .....	19
Tabla 4. Clasificación de Lombrices de tierra encontradas en el páramo .....	27
Tabla 5. Taxonomía de la lombriz de tierra.....	28
Tabla 6. Bosques Protectores en la cuenca del río Paute.....	29
Tabla 7. Coordenadas de los puntos de muestreo.....	33
Tabla 8. Metodología aplicada en los usos de suelo.....	39
Tabla 9. Evaluación biológica de los suelos. ....	42
Tabla 10. Densidad de volumen (g/cm <sup>3</sup> ) por usos de suelo .....	48
Tabla 11. Datos de pH para los distintos usos de suelo.....	50
Tabla 12. Calidad del suelo Sunsun Yanasacha análisis cualitativos y cuantitativos .....	58
Tabla 13. pH en los transectos analizados.....	80
Tabla 14. Concentración de material orgánico Paramo.....	82
Tabla 15. Concentración de material orgánico Agricultura.....	82
Tabla 16. Concentración de material orgánico Ganadería.....	83
Tabla 17. Guía determinación de textura de suelos.....	84

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución porcentual de aluminio según pH del suelo. ....	13
Figura 2. Capacidad de intercambio catiónico en partículas del suelo.....	23
Figura 3. Efecto del pH del suelo, deficiencia y exceso de nutrientes. ....	24
Figura 4. Ubicación del área de estudio.....	31
Figura 5. Ubicación de puntos de muestreo.....	32
Figura 6. Zona 1 Paramo Sunsun Yanasacha a 3470 m.s.n.m.....	34
Figura 7. Zona 2 Ganadería Sunsun Yanasacha a 3352 m.s.n.m.....	35
Figura 8. Zona 3 Cultivos Sunsun Yanasacha a 3290 m.s.n.m .....	35
Figura 9. Delimitación transectos .....	36
Figura 10. Tamaño monolito .....	36
Figura 11. Porcentajes de arena – limo – arcilla en los tres usos de suelo. ....	44
Figura 12. Color de suelos analizado en páramo, cultivo y ganadería con matiz 10YR.....	46
Figura 13. Densidad Aparente para los usos de suelo. ....	49
Figura 14. Determinación de pH por cada punto de muestro seleccionado. ....	51
Figura 15. Porcentaje de Carbono Orgánico en el uso de suelo (Paramo). ....	52
Figura 16. Porcentaje de Carbono Orgánico en el uso de suelo (Ganadería) ....	53
Figura 17. Porcentaje de Carbono Orgánico en el uso de suelo (Cultivo). ....	54
Figura 18. Lombriz de tierra ( <i>Lombricus terretris</i> ) – Ganadería .....	56
Figura 19. Lombriz de tierra ( <i>Lombricus terretris</i> ) – Cultivo.....	57
Figura 20. Ubicación de transectos en el páramo. ....	72
Figura 21. Ubicación de transectos.....	73

Figura 22. Determinación color en laboratorio y campo.	73
Figura 23. Traslado de muestras al laboratorio.....	74
Figura 24. Materiales de laboratorio.....	74
Figura 25. Fase de laboratorio, tarar crisoles.....	75
Figura 26. Ingreso muestras en desecador.....	76
Figura 27. Ingreso de muestras a la mufla.....	76
Figura 28. Ingreso de muestras en tubo de ensayo.....	77
Figura 29. Muestra de suelos para proceso de pesaje.....	77
Figura 30. Ingreso de muestras en centrifugadora.....	78
Figura 31. Medición del pH en muestras de suelo.....	78
Figura 32. Lombriz de tierra en suelo paramo.....	79
Figura 33. Lombriz de tierra en suelo Ganadería.....	79
Figura 34. Lombriz de tierra suelo Cultivo.....	80
Figura 35. Determinación de pH – Paramo.....	81
Figura 36. Determinación de pH-Ganadería.....	81
Figura 37. Determinación de pH – Agricultura.....	83
Figura 38. Selección porcentual de los usos de suelo.....	84
Figura 39. Medias totales de carbono orgánico en usos de suelo.....	84

## CAPITULO 1

### 1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas del páramo son de vital importancia dado que el suelo refleja actividades como la captación del agua notablemente relacionado con la estructura, retención de carbono, la presencia de ceniza volcánica y material orgánicos (MO), estos forman parte de la composición del suelo, los cuales pueden variar de acuerdo con las regiones estratégicas tanto de la altitud y climatología.

El alto contenido de MO en los suelos del páramo genera procesos de descomposición tanto de la materia vegetal a un ritmo lento, siendo afectada principalmente por las bajas temperaturas presentadas según (Pazmiño, 2020).

Por otro lado, los fenómenos contemplados y efectos ocasionados por acciones antrópicas en el sector respecto al cambio climático o intervención de las zonas del páramo generan efectos negativos en los ecosistemas contemplando la temperatura, incorporación de regímenes de nubosidad y precipitación, disminución de nutrientes, erosión, ruptura del suelo causando mayores impactos en la funcionalidad del ecosistema tanto como en aspectos culturales y sociales (Orozco, 2019).

De acuerdo con el estado ecuatoriano los bosques y vegetación fueron declarados en la provincia del Azuay como “Protectores” el 8 de agosto de 1983.

Este análisis nos permite traslucir la importancia que tiene el páramo considerado como un bien ambiental determinando las funciones que desempeñan sobre ellos. Y de acuerdo con estos

contenidos se analiza la conservación de los páramos y como interactúa el Estado Ecuatoriano frente a las actividades generadas en estos sitios.

### **1.1. Antecedentes**

Hoy en día el país posee alrededor de 10,15 millones de hectáreas de cobertura forestal, estimando el 40% del área total del país. Lo que sugiere que existen aproximadamente 3 millones de hectáreas de bosques primarios con potencial productivo (MAE, 2013).

De acuerdo al plan de desarrollo y Ordenamiento territorial del Azuay, la ciudad de Cuenca es tomada como ejemplo de expansión hacia las áreas rurales y por consiguiente el avance de expansión hacia las zonas del páramo es evidente, en el año 2015 se registró un 35% de la población, la cual se erradica en zonas rurales estimando de esta manera que para el 2030 el porcentaje se incrementara un 2% (PDOT AZUAY, 2019).

Según el estudio referente al análisis de la degradación de los páramos debido a las actividades productivas en este ecosistema, revela que los páramos existentes en la ciudad de Cuenca consideran un área de alta montaña a partir de los 3000 m.s.n.m a una altitud máxima de 4560 m.s.n.m. con zonas de páramo igual al 24.14% sin intervención y 22.68% para las zonas de bosque natural lo que constituyen ecosistemas altamente importantes, dado que son generadores de recurso hídrico pero debido a la gran riqueza que presenta, en la actualidad se está realizando cambio de uso de suelo para actividades productivas como ganaderas, irrumpiendo ecosistemas nativos y desplazando especies (Novoa, 2017).

Consideramos que el cantón Cuenca bordea una extensión de 566.533 has representado un total del 49.6% para las áreas de Bosque y vegetación Protectores. Sunsun Yanasacha contempla un total de 4851,4 has correspondido un total de 1.70%. (PDOT GAD Baños, 2015).

Para el periodo 2014 – 2019, la producción de ganado vacuno albergo el 66% de la producción ganadera total del país equivalente a 4.306.244 ejemplares respecto a otras especies. La provincia del Azuay ocupa el segundo lugar en participación de ganado vacuno, con el 8% de cabezas de ganado equivalente a 329.670 ejemplares del total nacional y el 15 % de la región sierra (Sanchez et al., 2019).

La investigación respecto al manejo de los recursos naturales: suelos, flora y fauna del bosque y vegetación protectores Sunsun Yanasacha dio a conocer que el suelo ha sufrido considerables cambios tanto en la cobertura vegetal, considerando el avance de la frontera agrícola, un acelerado y desordenado crecimiento de las áreas urbanas y rurales provocan un daño en la calidad del suelo convirtiendo suelo rural en urbano, trasladando las áreas de cultivo y ganaderas a laderas o zonas de mayor fertilidad no propicias a fines de la actividad (Pinos Arévalo, 2016).

En la zona del páramo pertenecientes al área del Bosque y vegetación protectores de Sunsun Yanasacha en los últimos años se ha intensificado la costumbre de practicar deportes extremos como el motocross, los vehículos 4x4 y cross country que recurren constantemente a salir de las vías establecidas para conducir libremente en el páramo. Aquí provocan una fuerte compactación del suelo y dejan zanjas por donde baja el agua, causando procesos de erosión. Estas actividades en el páramo son fenómenos que se desarrollan en estas áreas de relevancia local.

Debido a esto, mediante el presente documento se prevé determinar de una manera técnica la calidad de suelo con la aplicación respectiva de indicadores físicos y químicos en los suelos del páramo andino, ganadero y cultivo, el área determinada para la investigación concierne al Bosque y Vegetación protectores Sunsun -Yanasacha, sitiado al interior de las parroquias Tarqui y Baños oriundos del cantón Cuenca, provincia del Azuay, el cual fue declarado bosques y vegetación

protector mediante el Acuerdo Ministerial No.206 del Registro Oficial 552 el 08 de agosto de 1983, con el fin de establecer alternativas apropiadas respecto al manejo sostenible y sustentable en zona de estudio.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El estudio se realizará en el Bosque y vegetación protector Sunsun Yanasacha ubicado al interior de las parroquias (Baños, Tarqui), provincia del Azuay cantón Cuenca, el mismo tiene una extensión de 3850 hectáreas en las cuales se observa la presencia de páramos, bosques andinos, ecosistemas variados y una biodiversidad abundante.

En el área de Sunsun Yanasacha el recurso suelo del páramo se encuentra en un franco proceso de deterioro principalmente por la roturación mediante la quema y la tala, motivados por la ambición de expandir las fronteras Ganaderas y Agrícolas. Sin que exista un proceso adecuado en el tratamiento de los suelos para iniciar actividades, como también carecer de políticas y planes de manejo en la zona de acuerdo con la ley ecuatoriana.

La falta de una correcta aplicación en materia de educación ambiental en los distintos niveles del sistema educativo nacional es una de las razones para que se siga atentando contra la conservación de dichas zonas particularmente el recurso suelo del páramo, por lo que determinar los distintos usos de suelos correspondientes en la zona de estudio permite establecer de manera clara y concisa criterios en la calidad de suelos (Pinos Arévalo, 2016).

En el sector de Sunsun Yanasacha los suelos presentan cambios ya sea por acciones antrópicas o el paso mismo tiempo, deteriorando de manera continua el recurso suelo alterando la capacidad de retención hídrica (fuente de vida), la textura, la cobertura vegetal, la cantidad de carbono orgánico presente del suelo al igual que la eliminación de variedad de especies tanto de

flora y fauna, ante tal, el actual estudio mitigara la necesidad de conocer la calidad del suelo mediante el uso de indicadores físicos, químicos y biológicos. Perteneciente a aquellas áreas seleccionadas para la investigación considerando el páramo natural zonas Ganaderas y Cultivos para la generación de propuestas de gestión.

### **1.3. Justificación**

Para Cuzco (2016), el suelo es considerado un recurso finito, lo que nos indica que la perdida y degradación no es recuperable a lo largo del transcurso de una vida humana. El suelo intervenido afecta el agua que bebemos, el aire que respiramos, nuestra salud al igual que todos los organismos del planeta.

Según el estudio referente a la Conservación de paramos Ecuatorianos, estos poseen características de un ecosistema impresionante, con fuentes de oxígeno y agua, también son el habitat de innumerable cantidad de especies tanto de flora y fauna, con un gran atractivo visual (Cuzco, 2016). Pese a esto se conoce que las actividades ganaderas y de cultivo convencional han producido deterioro en el suelo generando disminución de la macrofauna edáfica, perdida de estructura y el constante decrecimiento de la producción, considerándolos como impactos ambientales en las zonas del páramo.

Hoy en día, de acuerdo al componente fundamental de los recursos de la tierra en los páramos Andinos, el desarrollo agrícola, el sector ganadero, se manifiesta de manera negativa, agresiva y poco a poco gana espacio en las zonas altas sin medir consecuencias, pese a esto el suelo es la base para la producción de alimentos, combustibles, fibras y para muchos servicios ecosistémicos esenciales (FAO, 2015).



Es por ello por lo que el presente tema de investigación busca determinar y comparar la calidad en los distintos usos de suelo (Área herbazal de paramo natural, zona ganadera y zona cultivos) con la implementación de indicadores físicos, químicos y biológicos aplicados en el área del bosque y la vegetación protectores de Sunsun Yanasacha con la finalidad de elaborar propuestas de gestión para el suelo impactado producto de las acciones antrópicas. De esta manera se generará alternativas apropiadas para el correcto manejo sostenible y sustentable de los suelos, aportando documentación verificada tanto cualitativa como cuantitativamente sobre estos temas.

## **CAPITULO 2**

### **2. OBJETIVOS**

#### **2.1. Objetivos General**

Determinar la calidad del suelo mediante indicadores físicos, químicos y biológicos para generar propuestas de gestión en el suelo impactado por acciones antrópicas de las comunidades en el área del bosque y vegetación protectores de Sunsun Yanasacha.

#### **2.2. Objetivos Específicos**

- Establecer los indicadores físicos, químicos de los distintos usos de suelo mediante técnicas de laboratorio para dar a conocer las características presentes en cada uno de estos.
- Analizar los datos obtenido en laboratorio de manera descriptiva mediante la elaboración de tablas estadísticas para determinar la variabilidad de los distintitos usos de suelo.
- Relacionar los indicadores presentes en el suelo comparando los resultados obtenidos durante el proceso de análisis para recomendar alternativas adecuadas en el manejo sostenible y sustentable.

## CAPITULO 3

### 3. FUNDAMENTOS TEORICOS

#### 3.1. Componente suelo

El origen de los suelos en el Ecuador está dado por el conjunto de estudios e investigaciones geomorfológicas que permitieron apreciar cambios estructurales del suelo respecto a las condiciones climáticas y relieves (Geoecuador, 2008). De acuerdo con la clasificación de Holdridge, el Ecuador cuenta con suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas jóvenes, negras y de textura gruesa que ocupan más del 30% del territorio nacional, los cuales son considerados suelos evolucionados al igual que tratados (Morocho & Chunchu, 2019).

Su estructura delimita porcentajes de composición repartidos de manera significativa presentando componentes característicos: un 5% para la presencia de microorganismos, hojarasca, estiércol; 25% en componente agua y aire, finalmente un 45% para los componentes minerales como la arena, limo, arcilla, según la FAO estos componentes minerales son distribuidos en porcentajes de acuerdo al tamaño correspondiente que presentan los suelos Ecuatoriales en: 32 % de arena, 38% de limo y 30% de arcilla (FAO, 2016).

De acuerdo a estudios de la FAO (2015), en relación a los suelos y biodiversidad se dio a conocer aquellas funciones de la biota y su interacción en el suelo:

- Detoxificación del suelo
- Característico del ciclo de nutrientes
- Captura de carbono
- Regulador del crecimiento para las plantas
- Interacciones simbióticas y a simbióticas (plantas y raíces)

Por otro lado de acuerdo al estudio de Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas el suelo no solo es considerado como aquella base para la agricultura, si no el desarrollo de la mayoría de etapas para los ciclos biogeoquímicos, aquellos ocurren al interior de este complejo y heterogéneo sistema presentando el 25 % en la composición del suelo (García de Salamone, 2011). La actividad en los procesos microbianos de las comunidades de los suelos produce alteraciones físicas, químicas y biológicas generado cambios en la estructura con presencia de sistemas perturbados, asociados con emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, NO o N<sub>2</sub>O) y a la pérdida del Nitrógeno por lixiviación.

Según el estudio de Suelos y biodiversidad realizado por la FAO (2015), la distribución de los distintos microorganismo y organismos que interactúan de manera tanto física y química en los suelos forman una específica red trófica edáfica, perteneciente a los procesos de resiliencia y diversidad del suelo estratificados, como se observa en la tabla N° 1 en donde tenemos los niveles tróficos del suelo con sus distintas características y biodiversidad del suelo en las zonas andinas.

*Tabla 1. Red trófica edáfica del suelo andino*

<b>Niveles tróficos</b>	<b>Funciones</b>	<b>Organismos</b>
Primer nivel trófico	Fotosintetizadores	<b>Plantas:</b> raíces – brotes <b>Materia orgánica:</b> residuos, desechos y metabolitos (plantas, microbios, animales)
Segundo nivel trófico	Parásitos, descomponedores, patógenos, comedores de raíces.	<b>Hongos:</b> saprofitos micorrícicos <b>Nematodos:</b> comedores de raíces <b>Bacterias</b>
Tercer nivel trófico	Herbívoros, desmenuzadores, predadores.	<b>Artrópodos:</b> desmenuzadores <b>Nematodos:</b> comedores de hongos y bacterias

Cuarto nivel trófico	nivel	Predadores de alto	<b>Protozoos:</b> amebas - ciliados
Quinto nivel trófico			<b>Nematodos:</b> predadores <b>Artrópodos:</b> predadores
	nivel	Predadores de alto	Animales - aves

*Fuente: (FAO, 2015)*

*Elaborado por: Autor*

### 3.2. Suelos de Páramos Andinos

Según Ruiz (2009), el suelo del páramo funciona como una gigante esponja, cumpliendo fases esenciales como la absorción de lluvia, almacenándola y liberándola sucesivamente. Se estima que el suelo del páramo genera alrededor de un (1litro de agua x día x metro cuadrado). En suelo ecuatoriano el 85% de aquellas fuentes de aguas originarias del páramo se utilizan para agua potable, para irrigación agrícola o para la generación de energía hidroeléctrica.

La conservación de los ecosistemas del páramo son indispensables y necesarios, al igual que los suelos, estos cuentan con gran riqueza biológica (flora y fauna), al igual son considerados de amplia vulnerabilidad debido a la actividad antropogénica, interviniendo prácticas como explotaciones mineras, quema con fines de praderización, tala de árboles, ganadería, agricultura, deportes extremos (Partridge, 2015).

El páramo es un ecosistema de altura inmerso en un espacio geosocial, identificado como alta montaña. El cubre aproximadamente el 5% del territorio nacional es decir alrededor de 1.337.119 hectáreas; Se menciona que el país tiene un 30% de suelo de páramo en estado original, el 40% sufrió transformación en cultivos (tierras erosionadas, pastos) y finalmente el 30% sufrió modificación en pajonales monótonos por actividades de pastoreo moderado y quema (Cardenas, 2015).

El páramo Ecuatorial ubicado entre cotas altitudinales va desde los 1.800 m.s.n.m y los 4.700 m.s.n.m referentes al límite inferior en el piso glaciario o gélido con temperaturas medias anuales entre 2° y los 10°C (Camacho, 2014).

La vegetación presente cumple varias funciones principalmente previene inundaciones y sequías cuando existen exceso y deficiencia de agua respectivamente, de tal manera reduce la huella erosiva del suelo, se sabe que existe alrededor de 4.000 especies de plantas del cual el 60% son de endemismo, presentando características de evolución y adaptación a condiciones extremas, entre las más representativas tenemos (cardón, frailejón, chusques, arboles enanos, arbustos y macolla),(Marín & Parra, 2015).

Para Morocho & Chunchu (2019), la fauna del páramo es determinante pese a la vulnerabilidad del ecosistema y de sus suelos, no solo por la caza o las condiciones extremas también por el desplazamiento o destrucción de su hábitat. Se registra la existencia de:

- Especies Mamíferos (oso de anteojos, tigrillo, jaguar, puma, zorro).
- Especies Anfibios (especies de sapos, ranas y especies salamandras).
- Especies Aves (mirlo, patos, cóndor).
- Especies Reptiles (especies serpientes y lagartos).
- Especies Mariposas

De acuerdo con Podwojewski & Poulenard (2015), los suelos del páramo Ecuatoriano constituyen importantes servicios ecosistémicos principalmente en la reducción del cambio climático debido a la fijación de CO<sub>2</sub> constituyendo un sumidero de carbono, al igual al ser considerado una gran fuente de agua y formar parte de aquellos ciclos hidrológicos. Son fundamentales y de vital importancia para el desarrollo de la vida por la extensa diversidad de los seres que lo cohabitan.

Los suelos del páramo presentar variabilidad de características, formas, estructuras, tamaños y funciones por lo que se determinaron parámetros que especifican el común de los suelos.

El color dentro del horizonte superior generalmente es de color negro por la alta presencia de materia orgánica, el suelo presenta resistencia a la erosión, gran permeabilidad y magnífica tasa de humedad permitiendo el asombroso desarrollo de las raíces, la estructura presenta estabilidad (micro agregación) con alta porosidad (Podwojewski & Poulénard, 2015).

Los parámetros revelan que los suelos alcanzan una elevada tasa de retención de agua (con el 200% en andosoles y el 70% en vitreos, la retención de agua está estrechamente relacionada con el tamaño de los poros y la existencia de material orgánico en los perfiles del suelo); en suelos con espacios porosos pequeños las moléculas de agua se retienen de mejor forma, todo lo contrario, con aquellos suelos con espacio poroso amplios, las moléculas de agua se deslizan de manera rápida y no adhiere. La densidad aparente de estos suelos son débiles con valores (<0,9 a 0,3) (Partridge, 2015; Podwojewski & Poulénard, 2015).

La presencia de carbono orgánico es alta, explicado por las bajas temperaturas y por la formación de aluminio-orgánicos estables considerados tóxicos a parcialidad por variedad de microorganismo que intervienen en la descomposición del material orgánico. Para Podwojewski & Poulénard (2015), el pH es bajo (<5.0) con una tasa de aluminio relativamente variable siendo altos los valores, al igual la cantidad de cationes intercambiables es débil gracias a los procesos de lixiviación rápida suscitada en los suelos.

Según el estudio de Toxicidad por aluminio como limitante del crecimiento y la productividad agrícola, nos indica que la tasa de aluminio interviene en el crecimiento y desarrollo de cultivos limitándolos a medida que los suelos presentan reducción de pH transformándolos en

tóxicos y presentando deficiencias. Estos son liberados fácilmente siendo el ion  $\text{Al}^{3+}$  el que interactúa en el suelo, de acuerdo con el pH presente el aluminio liberado se encuentra de manera soluble, también de forma polimerizada (hidróxido de aluminio) presentada en porcentajes. En un pH ( $< 4,7$  predomina  $\text{Al}^{3+}$ ), en pH (4,7 a 6,5 predomina  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ ) y en pH (6,5 a 8,0 el aluminio es insoluble  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (Rivera et al., 2016). Como se puede observar en la Figura N°1.

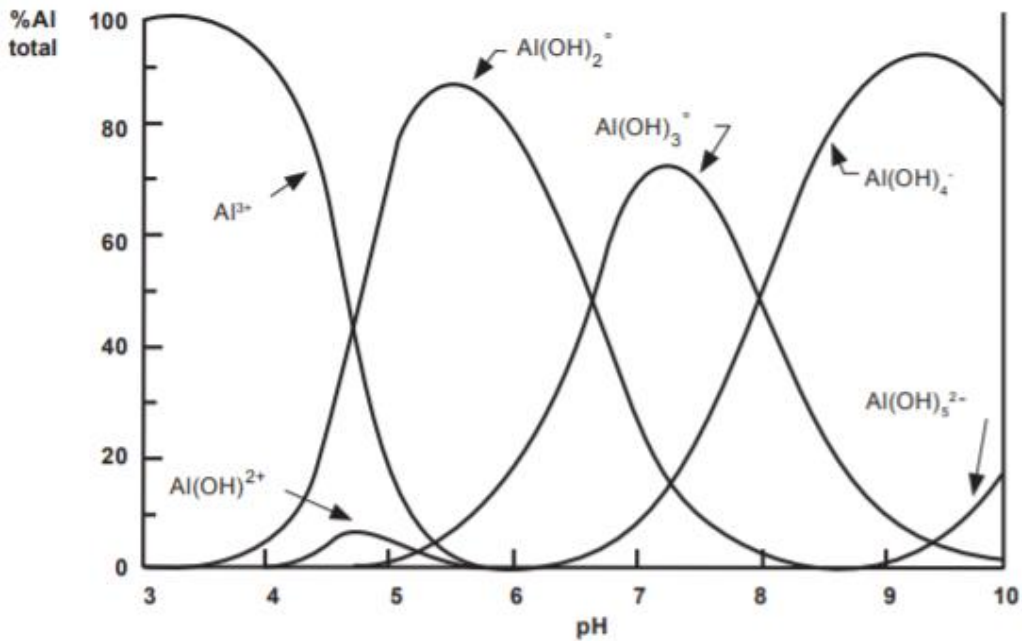


Figura 1. Distribución porcentual de aluminio según pH del suelo.

Fuente: (Rivera et al., 2016)

### 3.3. Tipos de suelos (Paramo andino Ecuatorial)

Según SIGTIERRAS (2017), la variedad de suelos que existen en los páramos son clasificados de acuerdo con factores como su estructura o composición, debido a esto se tiene la presencia de suelos tales como: andisoles, entisoles, Inceptisoles y histosoles.

#### 3.3.1. Andisoles

Son suelos característicos de un color negro con tendencia a rejuvenecimiento frecuente, debido al consumo, enriquecimiento y gran capacidad de descomposición de materiales



nutricionales orgánicos; estos se generan en base a depósitos volcánicos (lava, ceniza, o formaciones de piedra pómez). Su suelo presenta baja densidad aparente ( $< 0,90 \text{ g/cm}^3$ ). En su formación se divisa contenidos de arcillas amorfas (alófana) y apreciable contenido de humos – aluminio (SIGTIERRAS, 2017).

El suelo posee buena retención de humedad y drenaje debido a la porosidad de los suelos si estos comprenden espacios amplios de poros las moléculas de agua se deslizan con facilidad y el drenaje es óptimo, todo lo contrario, si los espacios porosos son pequeños las moléculas de aguas son retenidas buena capacidad de humedad, si el suelo es cercano a volcanes la textura presentada es gruesa, la textura es fina (limosa y franco limoso) en caso de estar alejados. La limitación de estos suelos se debe a la capacidad de retención del fosforo afectando directamente la asimilación de las raíces de las plantas (SIGTIERRAS, 2017).

### **3.3.2. Entisoles**

Según Sigcho (2020), estos suelos son de muy baja evolución, carecen de horizontes edafológicos, presentan un periodo de desarrollo muy lento, sus suelos son característicos de pendientes propensos a la erosión o suelos establecidos en áreas proclives a inundación; pese a esto existe la presencia de suelos con fertilidad alta debido a los aluviones; la agricultura intensiva son actividades comunes ante estos tipos de suelo (SIGTIERRAS, 2017).

Principales características:

- El pH característico ácido a medio alcalino
- De uso forestal y vegetación natural
- Su drenaje interno es bueno a muy pobre
- Relativo a zonas escarpadas y planas

### **3.3.3. Inceptisoles**

Considerados como suelos jóvenes, los horizontes del suelo son ligeramente superiores a los Entisoles con un mayor desarrollo. Las propiedades características de estos determinan suelos que van desde mal drenados hasta bien drenados, el pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino, con texturas arenosas a arcillosas y saturación de los suelos del 60% de mayor a menor, por lo que los suelos son claves en el sector agrícola (SIGTIERRAS, 2017).

Principales características:

- Su pH varío de ácido a neutro
- Su textura es franca hasta arcillosa
- Zonas lluviosas la textura franco-arcillosa a arcillosa
- Zonas secas la textura franco-arcillosa y franco arcillo arenoso
- Propensa a erosión hídrica
- Presencia de aluminio

### **3.3.4. Histosol**

Suelos característicos por la elevada presencia de materiales orgánicos, y limitados a tierras pantanosas, cuencas drenadas o depresiones con niveles freáticos somero; al igual presentan suelos de elevada relación en precipitación/evapotranspiración limitando al suelo a la conformación boscosa y pastizales (SIGTIERRAS, 2017). Estos suelos contienen más del 20% de materia orgánica; el desarrollo del suelo se da por depósito de sedimentos lacustres , fluviales y compuestos orgánicos (Hernández & Márquez, 2018).

Principales características:

- El pH presente es relativamente ácido

- El drenaje del suelo comienza de uno pobre a muy pobre
- La presencia del material orgánico decrece a medida de su profundidad

De acuerdo a estudios realizados por SENPLADES y Geo portal IGM los suelos del Páramo está sujeto a procesos de degradación y progresivamente la erosión, estos son producidos por actividades incompatibles con la zona, pero siendo el factor sociocultural y económico el principal actor para el incumplimiento, siendo el relieve, inclinación, capacidad hídrica de retención, presencia de material orgánico, color, la meso y macrofauna presentes como factores alterados en los suelos del páramos (Zumba Arichávala, 2017). Lo observado en la tabla N° 2 demuestra la incompatibilidad de actividades ejercidas en los páramos de acuerdo con la elevación en las zonas de relieve pertinente.

*Tabla 2. Incompatibilidad de actividad según elevación y pendiente en los Paramos Andinos*

<b>Relieve</b>	<b>Elevación y pendiente</b>	<b>Incompatibilidad de actividades</b>
<b>Superior (Montano alto)</b>	3.800 – 3.200 m.s.n.m	Cultivos en pendientes > 21%
	3 – 15%	Plantaciones forestales en pendientes >56%, Pastizales en pendientes >56%
<b>Montano alto</b>	3.200 – 2.600 m.s.n.m	Cultivos en pendientes > 21%
	3 – 20%	Plantaciones forestales en pendientes >56%, Pastizales en pendientes >56%
<b>Montano</b>	2.600 – 1.800 m.s.n.m	Cultivos en pendientes > 21%
	8 – 55%	Plantaciones forestales en pendientes >56%, Pastizales en pendientes >56%

*Fuente:* (Zumba Arichávala, 2017)

*Elaborado por:* Autor

### **3.4. Producción agrícola y ganadera del páramo**

Las consecuencias de las malas prácticas agrícolas, degenerarían estructuras del suelo como aquellos descubiertos en barbechos por periodos extensos de tiempo exponiendo de manera directa

a la radiación solar, provocando secamiento del suelo y por correspondiente la pérdida irreversible en la capacidad de retención de agua en un 40%; al igual el suelo puede rechazar o repeler el agua (hidrofobicidad) (Llambí et al., 2012).

Los páramos presentan cambios notables debido a actividades antrópicas convirtiéndolos de áreas protegidas a áreas de cultivo siendo el principal producto el melloco (*Ullucus tuberosus*), papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*). Incluso se optaron por especies no nativas que se adaptaron como el nabo (*Brassica napus*), la cebada (*Hordeum vulgare*) (Gobierno Autónomo Descentralizado Rural de Tarqui, 2015).

Estudios realizados sobre Ecología, hidrología y suelos de páramos determinaron que el suelo Ecuatorial sufre reducción en la capacidad de retención de agua con valores que oscilan entre los 77 % de punto de marchitez y 100 % para saturación del suelo en los páramos naturales, y con un 63 % y 85 % (punto de marchitez y saturación del suelo respectivamente) para las zonas de cultivo invasivas en el páramo (Llambí et al., 2012).

En el Ecuador de acuerdo al Censo Nacional Agropecuario el suelo posee una cobertura aproximada de 12.355.881 ha para actividades agrícolas, de las cuales 3.908.962 ha son pastos cultivados, lo que indica que el 36% es suelo ocupado por uso agropecuario del cual se tiene 4.486.020 unidades de ganado, el 32% es de cultivos, 5% de paramo, el 32% de bosque y montes, y suelos de descanso y otros usos son del 3% (Guiñansaca, 2012).

En la región sierra del país la ganadería abarca una superficie de 2.032.284,00 ha constituido el 47% de las áreas ocupadas por pasto. El callejón interandino posee el 8% de actividad ganadera en las zonas altas, y el 31 % de actividad ganadera en zonas bajas. De estas las zonas correspondientes a rangos altitudinales que van desde los 2.700 a 3.500 m.s.n.m ocupan 443.000

ha representado el 22% de actividad ganadera en la región predominante en zonas altas (A. Rivera & Ávila, 2019).

Las actividades ganaderas pese a no considerarse una fuente económica rentable promueven un amplio desarrollo en los páramos muy por encima de las zonas de cultivo 3.500 a 4.000 m.s.n.m, estableciendo en la provincia del Azuay un total de 329.670 cabezas de ganado, considerando las áreas de pastoreo como lugares óptimos y propicios para el desarrollo de esta actividad, siendo fuente de subsistencia para las familias de las zonas (Cardenas, 2015; Sanchez et al., 2019).

Para Rivera & Ávila (2019), las alteraciones del suelo del páramo y zonas de recarga hídrica por actividad ganadera disminuyen el nivel de retención de agua y afectan el proceso de regulación del ciclo hidrológico alterando las propiedades físicas.

Cardenas (2015), afirma que el constante pisoteo por parte del ganado vacuno en zonas del páramo genera fragmentación, erosión laminar y fractura las macollas de gramíneas, generando huecos en la superficie, charcos que alteran la micro topografía del suelo es decir alteran el ordenamiento espacial de aquellos sólidos y la porosidad de los suelos.

La presión ejercida por pisoteo afecta tanto la estructura y textura del suelo, el pisoteo está en función del tamaño de la pezuña, la masa del animal y energía cinética, el ganado vacuno ejerce 138 kPa de presión, los mismos que afectan la compactación en los primeros centímetros del suelo, asociado a la pérdida de macroporosidad, aumentando la densidad aparente del suelo como también descensos de infiltración y procesos de saturación en la conductividad hidráulica, por lo que la estructura del suelo y texturas sufren deformación superficial (Medina, 2016).

### 3.5. Indicadores del suelo (Páramo)

La degradación del suelo se ve afectada por la disminución en su calidad, por sobre todo genera impacto en el bienestar de la sociedad humana y para el ambiente, aún no se presentan criterios universales que corroboren la forma de evaluar los cambios en la calidad del suelo (Bautista et al., 2016).

En la determinación de la calidad del suelo se establecen indicadores (físicos, químicos y biológicos) que establecen las condiciones y funciones respectivas del suelo, como también las unidades respectivas de medida observados en la tabla N°3.

Tabla 3. Indicadores de calidad de suelos

Propiedades	Condición y función del suelo	Unidades relevantes ecológicamente
<b>FISICAS</b>		
Textura	Retención transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo.	% de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje
Densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm <sup>3</sup>
Color	Matices visibles del espectro electromagnético	Divisiones de claridad y pureza Libro de Munsell
Capacidad retención del agua	Relación con la retención de agua, transporte y erosividad, humedad, textura y materia orgánica	% (cm <sup>3</sup> ) cm de humedad, intensidad de precipitación aprovechable/30 cm
<b>QUIMICAS</b>		
pH	Define la actividad química y biológica	Comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Materia orgánica	Define la fertilidad del suelo, estabilidad, erosión	Kg de C o N ha
<b>BIOLOGICAS</b>		
C y N de la biomasa microbiana y macrofauna	Potencial microbiano, depósitos de carbono y nitrógeno susceptibles a cambios tempranos, desplazamiento, eliminación de ejemplares	Kg de N o C ha relativo al total, presencia de materia orgánica contabilización de macrofauna existente.

Fuente: (Bautista et al., 2016)

Elaborado por: Autor

### 3.6. Indicadores Físicos del páramo

Suelen ser necesarios y deben reflejar aquella capacidad del suelo para transmitir, aceptar, retener la capacidad de agua en la vegetación, así también determinar la infiltración o el

movimiento respectivo del agua en la vegetación dentro de los perfiles del suelo en el páramo (Bautista et al., 2016; Gustin et al., 2014).

### **3.6.1. Densidad de volumen o aparente (Dap)**

La densidad aparente (Dap) en el suelo evalúa el valor de masa del suelo seco sobre la unidad de volumen respectiva, el grado de importancia radica en establecer la calidad del suelo analizada respecto al desarrollo de raíces, definiendo así el valor del sólido que tenemos en el espacio poroso, radicado para las unidades que suele representarse en g/cm<sup>3</sup> (Rojas & Peña, 2018).

De acuerdo con Nuñez Solis (2000), en su investigación referente a los Fundamentos de edafología nos expresa que la densidad aparente de los suelos en los páramos puede variar desde 0.1 g/cm<sup>3</sup> o cantidades menores respectiva para suelos orgánicos, y 1.60 g/cm<sup>3</sup> para suelos de características minerales. Además, pueden llegar a tener valores de 1.8 g/cm<sup>3</sup> en suelos arenosos y 2.0 g/cm<sup>3</sup> para los suelos de estructura compacta, a su vez aquellos suelos derivados de ceniza volcánica tienen valores entre los 0.70 y 0.98 g/cm<sup>3</sup> en su densidad (Nuñez Solis, 2000).

La densidad aparente para los andisoles sin intervención mantiene rangos que van desde los 0.3 a 0.9 g/cm<sup>3</sup>. Llambí et al. (2012), dictamina que aquellos suelos intervenidos presentan una baja densidad aparente, manteniendo rangos típicos de entre 0.4 y 0.8 g/cm<sup>3</sup>.

### **3.6.2. Textura del suelo**

La textura del suelo mantiene una estructura formada por partículas de diferente tamaño considerando solo el material mineral y no el material orgánico, de esta manera la textura del suelo lleva a determinar el porcentaje de partículas de limo, arena y arcilla en los suelos, identificando su relación con el crecimiento vegetal, con la capacidad de circulación del agua, la aireación,

fertilidad, susceptibilidad de erosión, capacidad de intercambio catiónico, la capacidad de amortiguación de pH respectiva (Ríos et al., 2015).

Por lo tanto, la edafología del páramo revela que las partículas del suelo en esta área posee elementos gruesos (diámetro superior a 2mm) y elementos finos (diámetro inferior a 2mm) (FAO, 2016). La textura del páramo predominante en los distintos tipos de suelo revela la existencia de suelos Franco (F), Franco Limoso (FL) y Franco Arenoso (Fa) cuya permeabilidad, aireación, capacidad de retención entre otros son factores característicos en estos tipos de suelo de acuerdo a lo manifestado por (Hernández & Márquez, 2018; López, 2016).

### **3.6.3. Color del suelo**

Considerado uno de los análisis de campo más factibles y apropiados para la determinación del suelo. Pese a esto el indicador de color no interviene en parámetros como el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero si afecta de manera indirectamente tanto la humedad y temperatura del suelo, por interacción de la energía radiante (mayor cantidad de energía calorífica) genera elevados grados de evaporación (FertiLab, 2018).

Los factores definen el color del suelo por medio del estado y contenido de los minerales presentes sean estos hierro y magnesio, al igual factores como roca madre, el clima y la vegetación natural.

De esta manera según FertiLab (2018), en investigaciones se determinó que el suelo característico de las zonas con gran retención hídrica y de color oscuro se da por presencia de materia orgánica en grado avanzado de descomposición con partículas pequeñas de material húmico, asegurando que aquellos horizontes superiores de suelo presentan características más oscuras por presencia de MnO<sub>2</sub>, materia orgánica en un 10%.



En la determinación del color del suelo se optó por la interpretación de la tabla del sistema Munsell aplicado para los matices visibles del espectro electromagnético (Cabezas & Guevara, 2020).

Por lo que la interpretación de la hoja de Munsell invita a catalogar: El matiz: referente al color espectral o longitud de onda dominante de la radiación reflejada, posee cinco colores básicos (rojo, amarillo, verde, azul o violeta); El brillo: aquellos valores en sentido vertical indican las divisiones de claridad/oscuridad relativa del color; El croma: son valores de sentido horizontal indican las divisiones de pureza relativa del color (Ríos et al., 2015).

### **3.7. Indicadores Químicos del páramo**

Los indicadores químicos hacen referencia a las condiciones y aspectos que afectan las relaciones suelo – planta, además a la calidad del agua en el suelo, su capacidad amortiguadora, la disponibilidad/retención de agua, la presencia de nutrientes para las plantas y microorganismos son algunos de los indicadores para la presencia de material orgánico, pH entre otros.

#### **3.7.1. Potencial de Hidrogeno pH**

El suelo está constituido por las fases sólida, gaseosa y líquida, en esta última se mide el pH del suelo, en esta fase los productos químicos disueltos hacen que el suelo esté en condiciones tanto de acidez o alcalinidad convirtiéndolos en aptos para análisis de laboratorio o de campo (Nuñez Solís, 2000).

Para los suelos el grado de basicidad y el grado de acidez son cuantificables al valor de pH en la disolución de la estructura del suelo. El mismo no ejerce directamente la influencia sobre las plantas, esta es principalmente una influencia biológica, afectando microorganismos del suelo (Nuñez Solís, 2000).

Por consecuencia los cationes básicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) provenientes de la atmosfera, de residuos vegetales, producción química, fertilizantes de agua producto de percolación, entre otros son indispensables para la medición de los pH, los dos tipos de cationes (alcalinos o ácidos) tienen la capacidad de impregnar sustratos de carga negativa (para la materia orgánica), tanto el limo y la arena no tienen carga por lo que la capacidad de cambio es nula. Existiendo procesos característicos que consumen iones en procesos de drenaje del suelo del páramo (Cardenas, 2015).

La Figura N°2 interpreta el intercambio catiónico de los sustratos del suelo determinando aquellos cationes ácidos que no aportan nutrientes e interfieren en el pH del suelo, como también aquellos cationes básicos que nutren el suelo, es decir a mayor espacio poroso mayor es la capacidad para aceptar cationes y si menor es el espacio poroso la retención de cationes será menor.

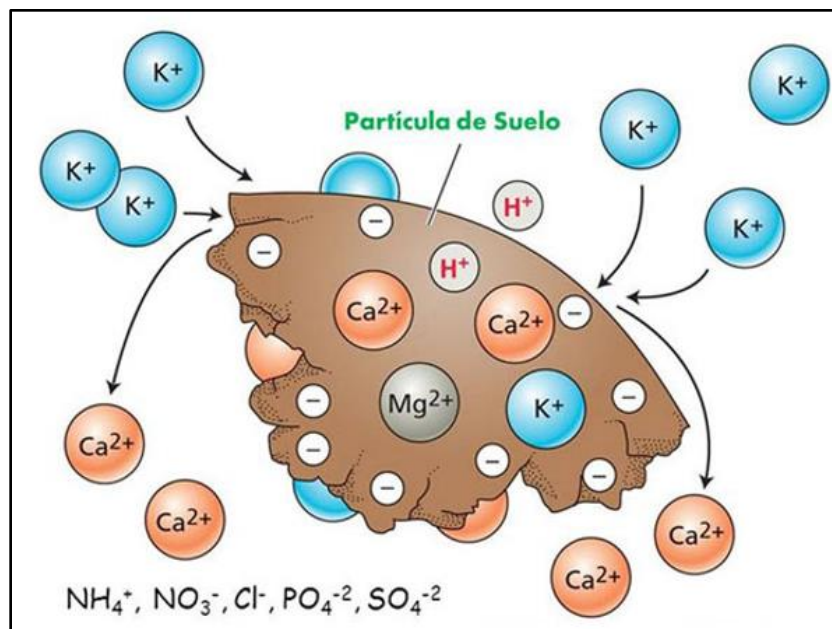


Figura 2. Capacidad de intercambio catiónico en partículas del suelo.

Fuente: (FAO y MADS, 2018)

Según investigaciones referente a Análisis químicos de suelos y aguas de las áreas del páramo ecuatoriano los valores de pH predominantes oscilan entre 6,0 y 7,0 (denominados: suelos

ligeramente ácidos) son aquellos en los cuales se desarrollan las plantas en su mayoría, por lo que en este intervalo los nutrientes están disponibles en la estructura de los suelos del páramo. Aquellos valores inferiores a 6,0 presentan deficiencias en Ca, K y Mg, todo lo contrario son Fe, Mn y Al que al exceso alcanzan niveles tóxicos (García et al., 2002), Figura N°3.

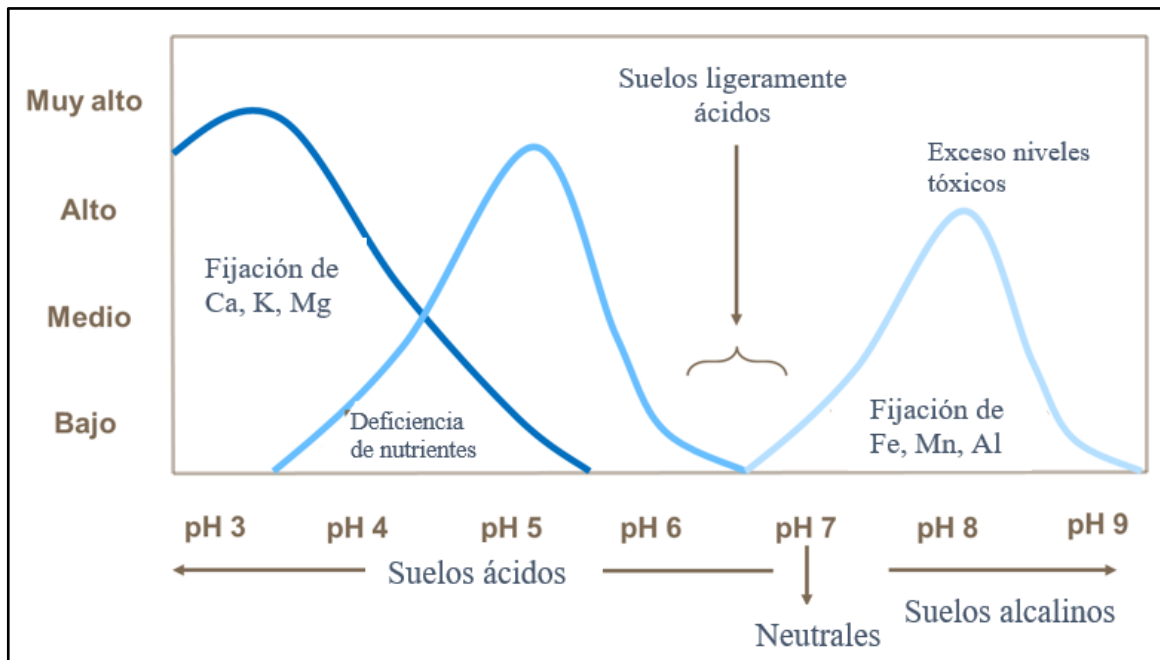


Figura 3. Efecto del pH del suelo, deficiencia y exceso de nutrientes.

Fuente: (Yarecuador, 2020)(García et al., 2002)

Elaborado por: Autor

Según García et al., (2002), los suelos alcalinos ( $\text{pH} > 7,0$ ) el Fe, Mn, Cu y Zn, no presentan características de absorción por la planta, afectando paulatinamente la actividad microbiana. Para estos suelos el complejo de cambio presenta saturación y gran exceso de calcio en el medio, lo que impide a otros elementos se absorbidos por las plantas (Cardenas, 2015).

Biológicamente, el pH tiene gran influencia sobre todo en la microfauna y microflora que encontramos en el suelo. Si se tiene valores menores de 5,5 aquella actividad de las bacterias y *actinomycet* es considera baja, aumentando en condiciones óptimas y transformando a neutras.

Frecuentemente los suelos del páramo son considerados ácidos debido a la presencia de sustancias acidas orgánicas. Pese a esto, los procesos de transformación del suelo en suelos ácidos son de complejidad alta (Llambí et al., 2012). Los valores de pH que aproximan a los suelos de páramo rondan rangos entre los 5 – 7 pH, no obstante, no es anormal encontrar cifras pequeñas como aquellas obtenidas al sur de Ecuador con rango de 3,9 – 5,8 pH y al norte del Ecuador los suelos están en rangos de entre los 5,3 – 6,3 pH (Borja Ramon, 2006).

### **3.7.2. Carbono Orgánico del suelo (COS)**

El carbono orgánico desempeña un rol primordial en referencia al suelo, se lo denomina como “Aquellas sustancias orgánicas transformadas visualizadas de un color característico pardo o negruzco, trascienden de la descomposición de material orgánico con origen vegetal” (Julca-Otiniano et al., 2006).

Referente a las zonas húmedas es viable encontrar carbono orgánico con valores superiores al 40% (Mena et al., 2000). Al norte del Ecuador, en condiciones para un ambiente seco, aquel contenido de carbono suele ser del 7 % en las zonas del páramo (Quichimbo et al., 2011). Al sur ecuatoriano los suelos del páramo registran carbono orgánico con media (17,4 % suelos bajo pajonal y 52,7 % suelos pantanosos bajo almohadillas) (Llambí et al., 2012; Quichimbo et al., 2011).

La FAO (2016) estudió la distribución y existencias del carbono presente en el suelo del páramo, manifestando magnas diferencias respecto a la temperatura y precipitación de lluvia en las

zonas. La presencia de carbono varía de (4 kg/m<sup>2</sup> para zonas áridas, de 8 a 10 kg/m<sup>2</sup> en zonas tropicales y finalmente 24 kg/m<sup>2</sup> para zonas boreales),(Ayala et al., 2014; Robert, 2002).

El material orgánico consigue la fase de equilibrio cuando establece las características del suelo para un color oscuro y de compleja textura, estructura y composición, derivando de esta manera al C/N en relación, afirmando valores de 9 - 10 respectivamente de acuerdo a su escala; el promedio sugerido en las zonas para presencia de carbono orgánico es del 75 - 80% (Julca-Otiniano et al., 2006).

La prueba se enfoca en el análisis de manera directa al contenido de Materia Orgánica, basado en determinar la pérdida de peso de las muestras de suelo al exponerlos a elevadas temperaturas durante periodos de tiempo controlados (Eyherabide et al., 2014).

El carbono en biomasa registrado en los páramos fluctúa entre 13,21 y 183 t/ha., presentando cambios debido a factores ambientales, sean estas nubosidad, aumento o disminución de nutrientes, velocidad del viento y presencia de luz ultravioleta (Castañeda & Montes, 2017).

### **3.8. Indicador Biológico del páramo**

El suelo considerado como un recurso vivo, contempla una alta gama de especies, microorganismos y macroorganismos, incluidos lombrices, bacterias, hongos y artrópodos que son aquellos considerados como los indicadores biológicos (Montalvo, 2013); Los cuales se encuentran estrechamente relacionados con los MOS y COS determinando la calidad biológica con el conteo de la diversidad y abundancia de aquellos organismos que coexisten en la zonas de estudio (Arcos Lara, 2019).

El parámetro mayormente utilizado en los indicadores biológicos es la detección de la fauna del suelo debido a sus usos como el número de ejemplares, la medición, la sensibilidad antes

cambios ambientales y la presencia de estos en las temporadas del año (Rubio, 2018), por lo para esta investigación considero estos parámetros para la determinación de la calidad del suelo.

### 3.8.1. Lombriz de tierra del páramo

Como se muestra en la tabla N° 4 las lombrices de tierra se encuentran distribuidas de acuerdo a un hábitat definido, abarcando gran volumen de suelo principalmente en los horizontes superiores de suelos intervenidos con actividades antrópicas y suelos naturales (Velasquez, 2020).

De esta manera las lombrices contribuyen a la fragmentación y descomposición del suelo incorporando material orgánico y liberando nutrientes como nitrógeno, ayudan a la circulación de aire, agua dentro del suelo permitiendo mayor infiltración de aguas superficiales y disminuyendo la erosión, contribuyen en la disgregación de componentes minerales generando el crecimiento de plantas y la actividad de los microorganismos por lo que la presencia de este espécimen en las áreas de estudio es indicador de generación de compost de alta calidad y por consiguiente la calidad del suelo será óptima y adecuadas para actividades varias dentro de las áreas de estudio.

*Tabla 4. Clasificación de Lombrices de tierra encontradas en el páramo*

<b>Clasificación</b>	<b>Coloración</b>	<b>Características</b>
<i>Epigeas</i>	Pigmentación: verde, azul o rojiza dependiendo del hábitat.	Se encuentran en la capa superficial son pequeñas, alta tasa de mortalidad con alimentos de alta calidad (hojarasca).
<i>Anécicas</i>	Pigmentación oscura y músculos fuertes de excavación.	Viven en túneles verticales, de larga vida, baja tasa de crecimiento y mortalidad.
<i>Endógeas</i>	No pigmentadas	Viven completamente en el suelo viven hasta en profundidades de 30-60 cm.

*Fuente: (Velasquez, 2020)*

*Elaborado por: Autor*

Las lombrices de tierra manejan una taxonomía de acuerdo con su grupo familiar y ubicación geográfica, respecto al estudio realizado se determina la taxonomía respectiva de las lombrices de tierra que se identifican en los distintos usos de suelo encontrados en las zonas andinas y paramos tabla N° 5.

*Tabla 5. Taxonomía de la lombriz de tierra*

<b>Taxonomía</b>	<b>Nombre</b>
Reino:	Animalia
Filo	Annelida
Orden:	Haplotaxida
Clase:	Oligochaeta
Familia:	<i>Lumbricinae</i>
Genero	<i>Lumbricus</i>

*Fuente: (Arequipa, 2017)*

*Elaborado por: Autor*

### **3.8.2. Efectos de la lombriz en el suelo Andino**

La lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*) es la encargada de la descomposición de materia orgánica en los suelos y encargada de la mejora tanto para los procesos de mineralización como los de humificación, a su vez mejora las condiciones físicas del suelo presentado niveles buenos y adecuados en la agregación y porosidad aumentando totalmente la cantidad de nutrientes en los distintos usos de suelos (Arequipa, 2017).

La disponibilidad de nutrientes vegetales y la presencia de compuestos N, P y K en los suelos, ayudan a contener y eliminar ciertos organismos dañinos aumentando los beneficios tanto para el suelo como para los organismos presentes (Arequipa, 2017).

## CAPITULO 4

### 4. MATERIALES Y METODOS

#### 4.1. Descripción del área de estudio

La ubicación y límites del área de estudio presenta características tanto ecológicas, físicas y climatológicas formando parte de la Cuenca del Rio Paute con una extensión de 540.00 hectáreas de superficie total. Según el Acuerdo Ministerial 292 suplemento en relación al Registro Oficial 255 del 22 de agosto de 1985 se declara la existencia de 15 áreas de bosque protectores al interior de la cuenca del rio Paute comprendiendo una superficie total de 190.171 hectáreas (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, 2015), al interior de las áreas de estudio se localiza Sunsun Yanasacha del cual se realiza la investigación pertinente, como se observa a continuación se tiene la superficie de hectáreas perteneciente a los bosques protectores en la cuenca del rio paute, Tabla N° 6.

*Tabla 6. Bosques Protectores en la cuenca del rio Paute*

BOSQUES PROTECTORES EN EL INTERIOR DE LA CUENCA DEL RIO PAUTE		
AREAS	SUPERFICIES HECTAREAS (ha)	PORCENTAJES DE LA CUENCA
Machángara y Tomebamba	38.128	20,0%
<b>Yanuncay – Irquis (subcuenca del rio Tarqui), (Sunsun Yanasacha)</b>	<b>23.657</b>	<b>12,4%</b>
Rio Shio y Santa Barbara	13.394	7,0%
Rio Collay	8.989	4,7%
Rio Moya y Molon	11.502	6,0%
Cerro Ashcuqui	6.667	3,5%
Yunguilla	4.368	2,3%
Quebrada Yunga	915	0,5%



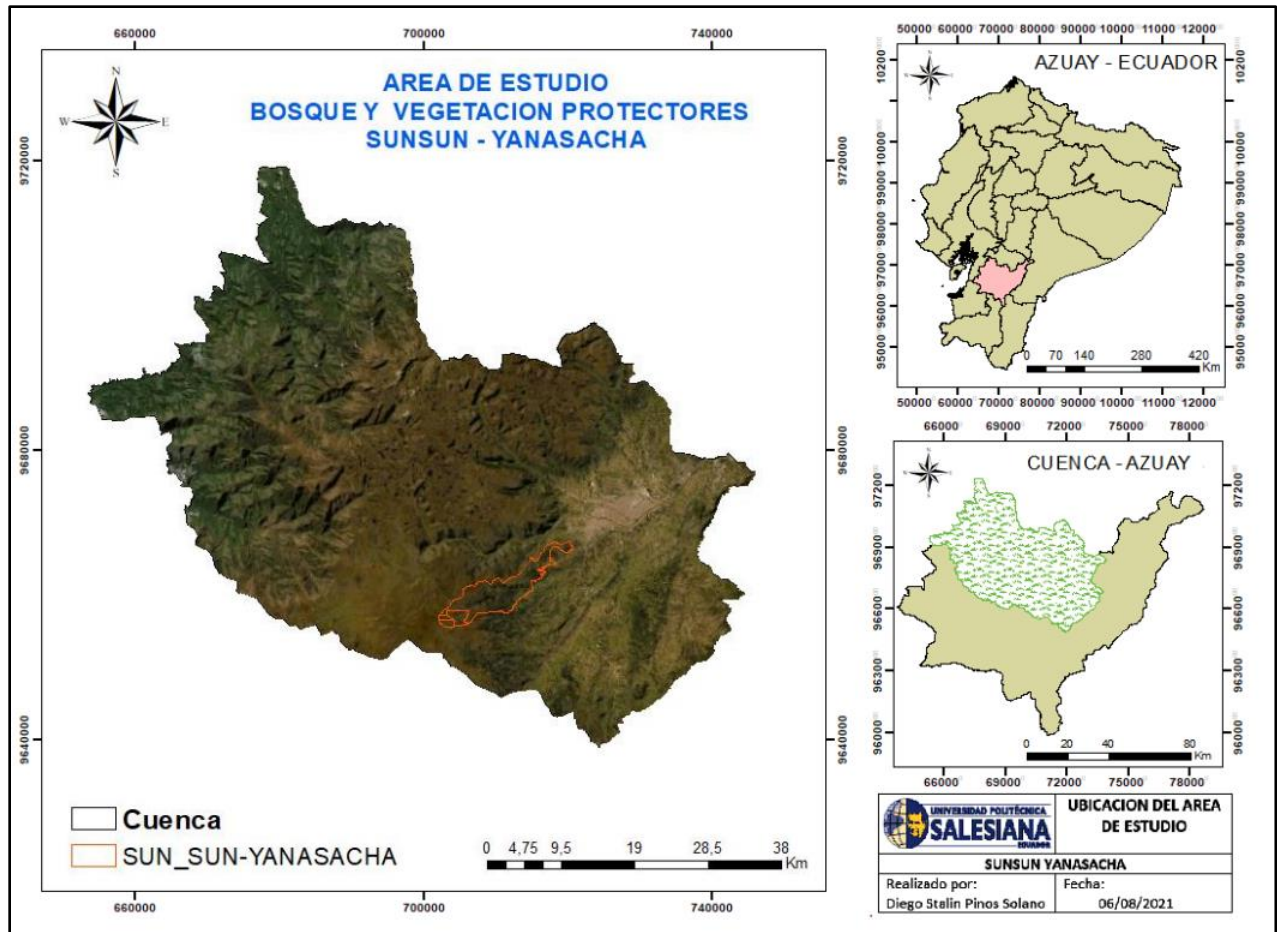
Quebrada Guarango	1.628	0,9%
Quebrada Aguarongo	1.758	0,9%
Fierro Loma	225	0,1%
Cerro Guabdula	615	0,3%
Cerro Rumicruz	3.055	1,6%
Pichahuaicu	772	0,4%
Subcuencas de los ríos Dudas, Mazar Llavircay	74.498	39,2%
<b>Total</b>	<b>190.171</b>	<b>100%</b>

*Fuente:* (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, 2015)

*Elaborado por: Autor*

La investigación se efectuó mediante el procedimiento experimental generando un análisis de calidad en distintos usos de suelo como son: zona del páramo, zona de cultivos y zona ganadera, en la Área del Bosque y Vegetación Protectores “Sunsun Yanasacha” (figura N°4) formada por páramos, bosques andinos y pequeños humedales ubicada en la provincia del Azuay, cantón Cuenca y parroquias Baños (norte) y Tarqui (sur) a 12 Km al suroeste de la ciudad de Cuenca, la zona de estudio engloba una superficie de 3850 ha, con un rango altitudinal que bordea los 3210 m.s.n.m y 3800 m.s.n.m. La precipitación presenta en el área de estudio tiene una media anual que va desde los 1.100 – 1.200 mm/añual con una temperatura media que bordea los 6° - 8° C (Gobierno Autónomo Descentralizado Rural de Tarqui, 2015; PDOT GAD Baños, 2015).

La formación geológica está definida por la red hídrica del río Shucay modelando una microcuenca, cuyas partes tanto alta como media se encuentran ocupadas por el área de estudio, las demás zonas están ocupadas por la cuenca superior del río Narancay y quebrada de Ishila, formando parte del programa de bosques y vegetación (Pinos & Bermeo, 2004).



*Figura 4. Ubicación del área de estudio*  
 Elaborado por: Autor

La toma de muestras se las realizo en base al “Programa de Biología y Fertilidad de los Suelos” correspondiendo a una estrategia metodológica en la extracción de cuatro transectos de suelo por cada una de las zonas seleccionadas utilizando un área específica como referencia para la comparativa de valores y determinación en la calidad de los suelos, dicha área no debe presenta intervención alguna para mantener valores claros y concisos de los datos que se quieren analizar. Se consideró: un área herbazal de páramo natural, el segundo y tercer área de muestreo serán

aquellas intervenidas con actividades antrópicas propias de la zona en este caso zona de cultivo y zona ganadera como se observa en la figura N° 5.

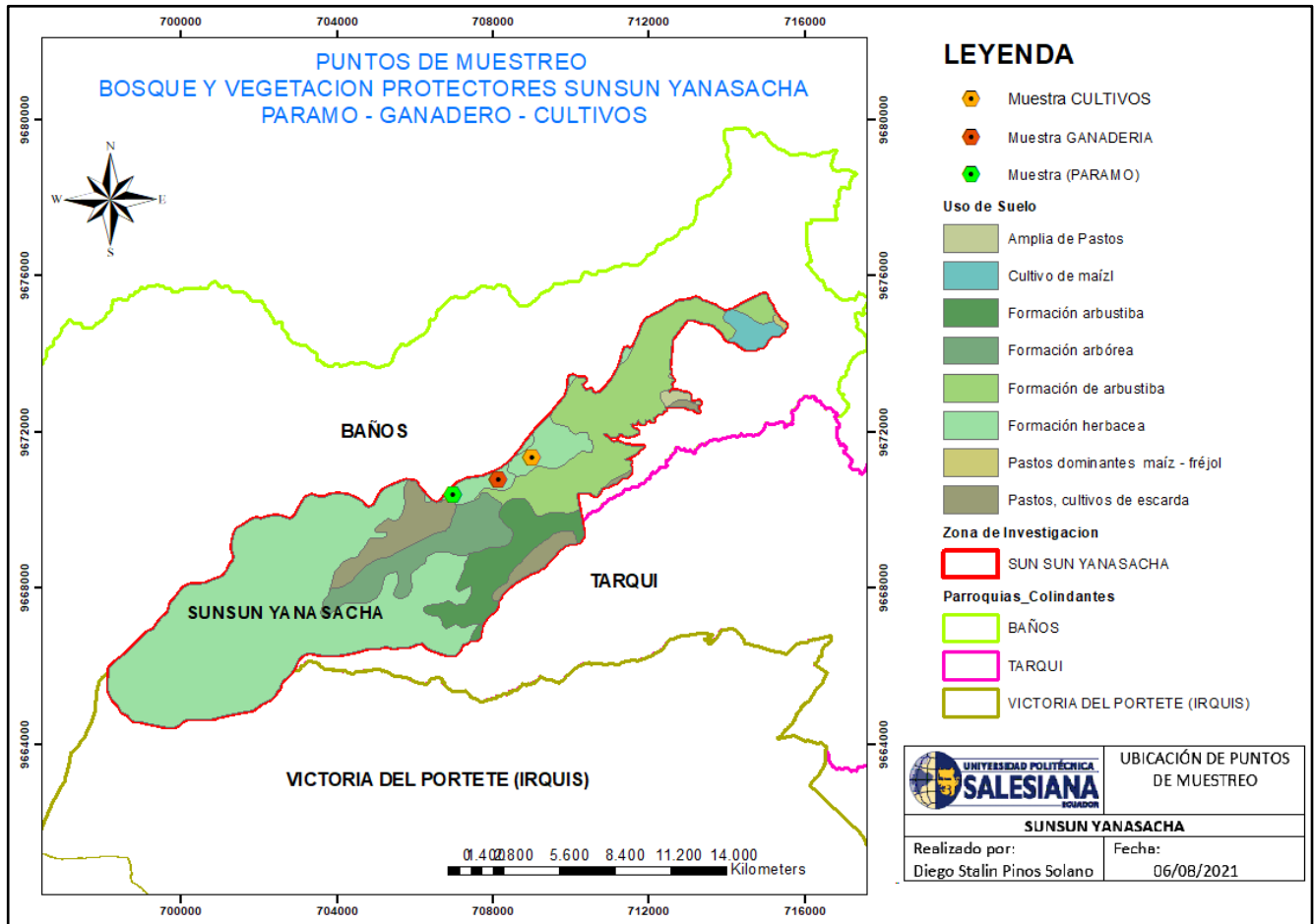


Figura 5. Ubicación de puntos de muestreo  
 Elaborado por: Autor

De esta manera se obtuvieron los tres puntos de muestreo seleccionados, los cuales presentaban cambios en gran medida objetados de una manera visual, esto generado por acciones antrópicas: a continuación, podemos observar en la tabla N°7, los puntos de muestreo con sus coordenadas respectivas obtenidas por el sistema de posicionamiento global.

*Tabla 7. Coordenadas de los puntos de muestreo.*

Usos de suelo			
Puntos de muestreo	Coordenadas		
Zona del Páramo	2° 58' 50"	79° 08' 16"	
	S	O	
Zona Ganadera	2° 59'	79° 07'	
	51.7049" S	38.3016" O	
Zona de Cultivos	2° 58'	79° 07'	
	20.2872" S	20.7588" O	

*Elaborado por: Autor*

#### **4.2. Importancia del muestreo para el análisis del suelo**

El análisis de suelos es una herramienta fundamental utilizada para determinar la fertilidad y potencial del suelo de alguna localidad, región, etc. Cuando se enfoca en la evaluación para la calidad del suelo se debe tomar en cuenta que lo analizado no es toda la extensión del perfil del suelo sino el material recolectado en sus capas más superficiales de acuerdo con lo que establece la metodología.

Esta herramienta reúne una serie de parámetros que en conjunto generaran resultados de ámbito ambiental donde la interpretación respectiva a cada uno de los puntos de muestreo varia respecto a distinto factores como el tipo de suelo también tipo de cultivo además la textura con su capacidad orgánica, la densidad aparente, el pH considerado los indicadores físicos y químicos, mientras los indicadores biológicos determinara la macrofauna del suelo respecto al conteo de aquellas especies mencionadas que mejoran el sistema de producción en los suelos del sector; así mismo, se ejecutara la interpretación y recomendación en la gestión de los suelos que se quiere implantar para las comunidades. Para esto es importante realizar el correcto muestreo agrícola, el

ganadero y el área herbazal del páramo, ya que de no hacerlo de modo correcto se pueden presentar varios errores tanto en los análisis de laboratorio, como la mala interpretación de los análisis estadísticos generados y, por consiguiente, una equivocada recomendación final dentro del plan respecto a las alternativas adecuadas para el manejo sostenible y sustentable.

### **4.3. Plan de recolección para las muestras de suelo**

La metodología seleccionada es la establecida y aplicada por el Programa de Biología Fertilidad de los Suelos, TBSF (Bignell et al., 2010). Para lo cual se especificó tres zonas de estudio observado en la figura N°6, figura N°7, figuraN°8 en las cuales se determina cuatro transectos permitiéndonos cuatro repeticiones de muestreo además se adecuan metodologías establecidas para la recolección de las muestras como se observa a continuación en los respectivos procesos:

1. Selección de las tres zonas de estudio para la recolección de las muestras.



*Figura 6. Zona 1 Paramo Sunsun Yanasacha a 3470 m.s.n.m*

*Elaborado por: Autor*



*Figura 7. Zona 2 Ganadería Sunsun Yanasacha a 3352 m.s.n.m*

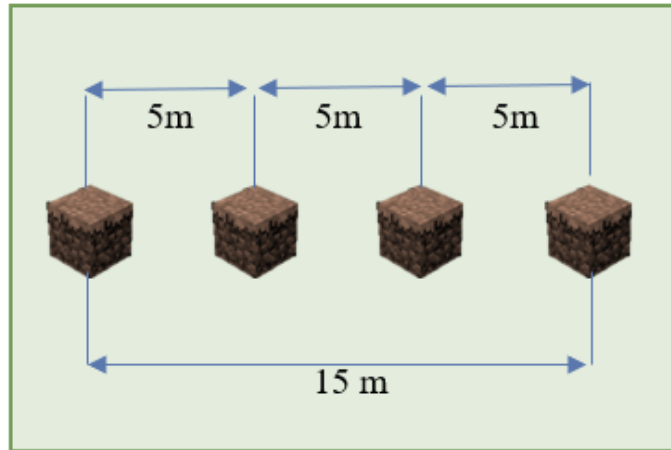
*Elaborado por: Autor*



*Figura 8. Zona 3 Cultivos Sunsun Yanasacha a 3290 m.s.n.m*

*Elaborado por: Autor*

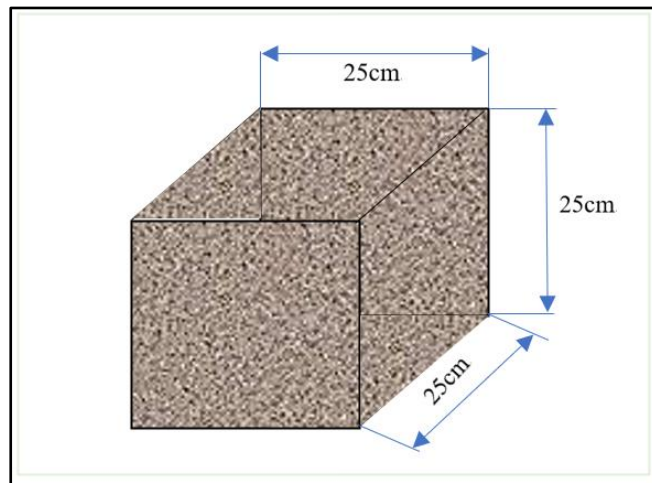
2. La longitud del transecto de 15 metros totales.
3. Cada 5 metros de separación se señala como un área de extracción para lo monolitos en el suelo figura N°9.



*Figura 9. Delimitación transectos*

*Elaborado por: Autor*

4. El tamaño del área para la toma de muestras será de 25 x 25 cm en los lugares señalados (figura N°10).



*Figura 10. Tamaño monolito*

*Elaborado por: Autor*

5. La profundidad para la toma de muestras es de 25cm

Verificado las áreas del muestreo se procede a la extracción del suelo respeto las medidas establecidas, a continuación se deposita la muestra extraída en una bandeja, se realiza el registro fotográfico debido; a continuación se deposita en fundas herméticas ziploc, enseguida con el rotulador se asigna la fecha, zona y estrato respectivo para su identificación y posterior traslado al laboratorio, en el caso de aquellos parámetros físicos referentes a la características que se puedan observar de manera objetiva en el lugar se tomara los apuntes respectivos mediante una bitácora.

#### **4.4. Equipos y materiales**

##### **4.4.1. Equipos**

- pH metro (METTLER TOLEDO)
- Mufla (THERMOLYNE)
- Centrifugadora (HERMLE Z400)
- Balanza Analítica (METTLER TOLEDO)
- Desecador
- Computador
- GPS

##### **4.4.2. Materiales**

- Tubo para centrifugadora
- Agua destilada
- Espátula
- Tamiz
- Crisoles
- Pinza



- Flexómetro
- Pala pequeña
- Fundas ziploc
- Rotuladores
- Barreta
- Bandejas de plástico
- Material de vidrio:
  - Vasos de precipitación
  - Tubos de ensayo
  - Pipetas
  - Luna de reloj
  - Probetas

#### **4.5. Análisis físico - químico**

Ya en la fase y/o proceso de laboratorio se consideró las pautas necesarias y establecidas en la guía para la descripción de perfiles que es otorgada por la FAO (2015), en el cual se definen las características respectivas que determina el análisis correcto y adecuado de los parámetros tanto físicos, químicos considerando para esta proyecto: textura, potencial de hidrogeno, color, cantidad de material orgánico, densidad aparente y parámetro biológico: determinando la meso fauna presente en cada uno de los transectos mediante el conteo de organismos vivos como es la lombriz de tierra (*Lombricus terrestris*).

#### 4.5.1. Determinación para la textura del suelo

La textura nos indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño tabla N°8 que podemos encontrar en los suelos, para lo cual se establece el manejo del análisis al tacto dado por la guía para determinar manualmente la clases de textura de los suelos (Angella & Salgado, 2018), estableciendo ciertos parámetros, adjunto anexo 16.

*Tabla 8. Metodología aplicada en los usos de suelo.*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Metodología</b>
Arcilla	Posee propiedades de adición, moldeable, gran plasticidad, superficie radiante al contacto con la mano.
Arena	Difícil de modelar, adherencia nula, áspero al tacto.
Limo	Se adhiere, medianamente moldeable, rugoso al tacto, sensación harinosa con el tacto.

*Fuente: (Cabezas & Guevara, 2020)*

*Elaborado por: Autor*

#### 4.5.2. Color del suelo

El análisis al tacto es uno de los métodos más usados para describir el suelo, así también para reconocer y describir los diferentes grupos genéticos del rango del espectro electromagnético, considerado así las notaciones para matiz y croma como se da en la Tabla de colores de Suelo Munsell de acuerdo con Domínguez Soto et al., (2018), el cual utiliza como libro guía para la determinación de los colores del suelo en cada uno de sus transectos, considerado por las variables suelo tanto en estado húmedo y seco, consiguiente se anota el código de color para cada muestra respecto a los tres usos de suelo en consideración (Agricultura Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

### **4.5.3. Potencial de Hidrogeno pH**

Para la determinación del pH se toma en consideración los siguientes pasos a seguir de acuerdo a la metodología aplicada por Beretta et al. (2014), para la correcta determinación indicándonos de esta manera los siguientes pasos:

1. Se separa 10 gramos de suelo que no esté en proceso de secado.
2. Generamos una solución con 25ml de agua destilada.
3. Agitamos por 30 minutos en la centrifugadora a 4000 RPM.
4. Medimos con el pH metro en el sobrenadante sin agitar.
5. Efectuar el registro adecuado por cada número de muestras.

### **4.5.4. Determinación de carbono orgánico**

Para la determinación de carbono orgánica presente en los suelos se procederá con el método de ignición o calcinación realizado por Aguilar (2019), el cual enfoca su análisis de forma directa hacia el contenido de carbono orgánico presente en los suelos, basado en determinar la pérdida de peso por parte de las muestras, al someterlos a cimeras temperaturas durante ciclos de tiempo controlados.

Pasos para efectuar metodología establecida:

1. Someter al suelo a un proceso de secado de manera natural.
2. Tarar y pesar los crisoles para las muestras.
3. Colocar 2.5 gramos de suelo seco en un crisol.
4. Activar la mufla, colocar el crisol con la muestra a 600° C durante 2 horas.
5. Retirar la muestra y dejarlo reposar en el desecador.

6. Una vez seca la muestra pesar el crisol.
7. Determinación del contenido de materia orgánica.

El cálculo del carbono orgánico se efectuó por diferenciación de peso, basándonos en la ecuación (1):

$$\% CO = \frac{(\text{Peso inicial del suelo} - \text{peso final del suelo})}{\text{Peso final del suelo}} * 100 \quad (1)$$

#### 4.5.5. Densidad de volumen o Densidad aparente

Para la determinación en la densidad de volumen se consideró la metodología implementada por Rojas & Peña (2018), aplicando el método del cilindro, consistiendo en:

1. Obtener un cilindro de volumen conocido.
2. Tomar la muestra de suelo con el cilindro y colocar en su funda de transporte para laboratorio.
3. Tarar, pesar las muestras antes del proceso de secado.
4. Iniciar el proceso de secado con la mufa, 24 horas a 105° C.
5. Retirar las muestras, dejarlos reposar en el desecador
6. Proceder con su pesaje, toma de datos.

Para la determinación de la densidad de volumen se considera la siguiente ecuación (2).

$$(Dap) \text{ densidad } \left( \frac{g}{cm^3} \right) = \frac{\text{Peso de suelo seco en gramo (Pss)}}{\text{volumen del cilindro (Vc)}} \quad (2)$$

#### 4.6. Análisis biológico

La mayoría de los procesos que suceden en el suelo son llevados a cabo por los organismos que ahí lo habitan, por lo que para la determinación de la calidad del suelo se puede evaluar biológicamente a través de categorías en las cuales registran la cantidad de macroinvertebrados en

este caso el de la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*), ya que influyen notablemente en las propiedades físicas y químicas de los suelos, principalmente, en la creación de macroporos, transformación y redistribución de materia orgánica (Arequipa, 2017).

La contabilización biológica de esta especie se la realizará en el mismo lugar donde se da la toma de muestras, colocando en una bandeja, esparciéndola y de manera visual y con la ayuda de la pinza se contabilizará el numero lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*) y anotándolas en la bitácora de campo.

Dado que no es necesario el traslado de esta especie nativa al laboratorio, una vez contabilizado los ejemplares se devolverá a su habitat natural; A partir de la contabilización del espécimen en las zonas estudiadas, se determina la cantidad de organismos contabilizados permitiéndonos saber sobre las modificaciones en la estructura del suelos, los espacio porosos de suelo, como también la velocidad en la que la materia orgánica es descompuesta, al igual la capacidad de reciclado de nutrientes y como estas actividades influyen en las comunidades vegetales establecidas en la superficie del suelo; de esta manera se determina la calidad del suelo en las áreas estudiadas especificando la evaluación biológica como se observa en la tabla N°9.

*Tabla 9. Evaluación biológica de los suelos.*

Calidad del suelo	
<b>Calidad Alta</b>	Alto conjunto organismos presentes en el suelo.
<b>Calidad Baja</b>	Número reducido de organismos en el suelo.

*Fuente: (Arequipa, 2017; Cabezas & Guevara, 2020)*

*Elaborado por: Autor*

## CAPITULO 5

### 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación es relativamente experimental por lo que cuenta con dos fases puntualmente determinadas, la primera fase de campo en la cual se obtiene todas las muestras respecto a cada uno de los usos de suelo, se levantó un total de 12 muestras en los tres transectos analizados; la segunda fase se realizó en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, analizando de esta manera las muestras captadas y realizando 4 repeticiones por cada uno de los métodos utilizados adicionalmente se implementó la técnica de análisis de varianza obteniendo la media de las variables continuas de los transectos de suelo extraídos con el afán de determinar la calidad del suelo en el bosque y vegetación protectores.

#### 5.1. Indicadores físicos de la calidad de suelos

##### **Textura**

La determinación de textura optó por la prueba de análisis al tacto para los distintos usos de suelo, de acuerdo con SAGARPA (2018) y Angella & Salgado (2018), con el manual para las Clases de Textura de los Suelos, considerando 4 repeticiones por cada zona de muestreo, de esta manera se obtuvieron los resultados respectivos como se observado en la figura N°11.

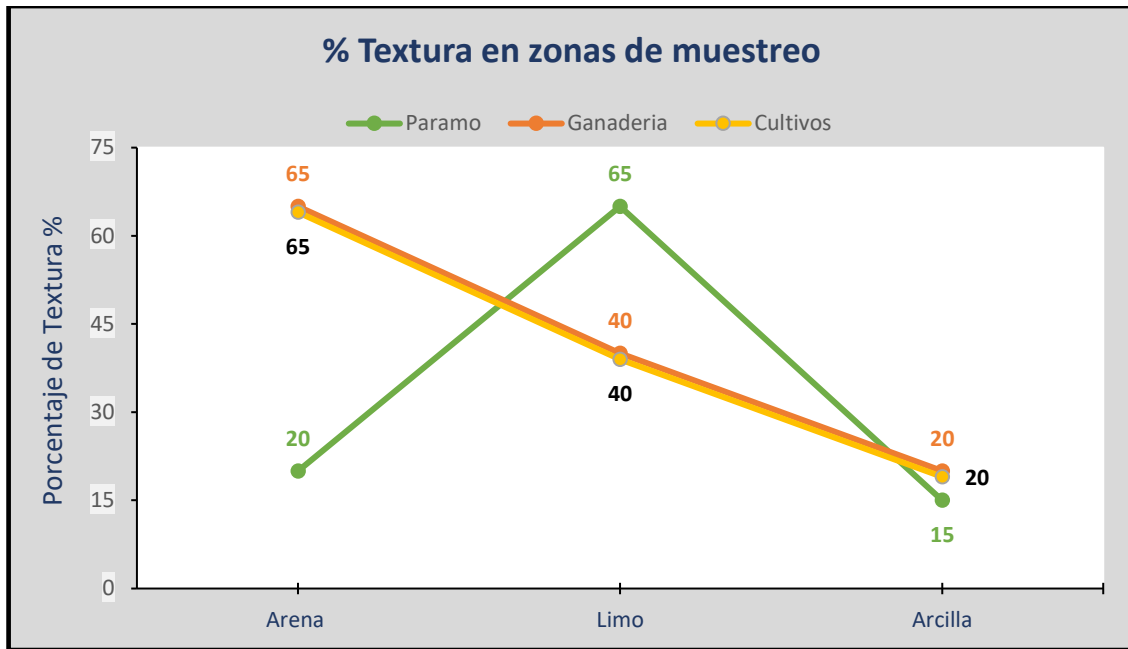


Figura 11. Porcentajes de arena – limo – arcilla en los tres usos de suelo.

Elaborado por: Autor

La figura N°11 muestra el % de texturas de las tres zonas de muestreo en donde el primer uso de suelo analizado correspondiente a la zona del páramo presentando características de un suelo de grano medio con textura orientada a ser: Franco Limoso (FL), con relación porcentual en (20% arena – 65% limo – 15% arcilla) favoreciendo en propiedades como: materia orgánica de fácil descomposición, suelo rico en nutrientes, alta capacidad de retención de agua con espacios porosos del suelo relativamente pequeños y buena aireación permitiendo un óptimo crecimiento de la cobertura vegetal; concordando con lo manifestado por Hernández & Márquez (2018); López (2016) en sus investigaciones respecto a los suelos del páramo andino.

Lo observado respecto a la (zona ganadera) concluyo: que el suelo con intervención antrópica no predomina lo áspero ni lo suave en sus características considerándose así un suelo Franco (F) de textura media con estructura granular y consistencia blanda, de relación (arena 65% – limo 40% – arcilla 20%) características propias de un suelo intervenido presentado inferencias al

suelo del páramo, disminuyendo la capacidad de retención de humedad y nutrientes, la materia orgánica es alterada aumentando los niveles, destrucción de microorganismos presentes y por sobre todo la pérdida en la cobertura vegetal es amplia. Arcos et al. (2020) menciona que los cambios sufridos en estos tipos de suelo es debido a la compactación producto de las pesuñas de los animales, al sobre pastoreo y a la ruptura en la estructuras misma del suelo.

Con respecto a la (zona de cultivo) por lo observado en la gráfica N° 11 hace énfasis a la similitud con la zona ganadera de tal manera se tiene un suelo Franco (F) de estructura granular y consistencia blanda cuya infiltración de agua, aireación, retención de nutrientes es media, con relación arena – limo – arcilla equilibrado de valores 65% - 40% - 20% respectivamente, por consiguiente la conformación de su textura revela fertilidad por la presencia de limos, retención de humedad, siendo un suelo óptimo para la agricultura, jardinería, huertos, ver anexo 17. Para Ríos et al. (2015) aquellos cambios se propician por el usos de fertilizantes químicos para la eliminación de plagas en los cultivo como también las malas prácticas en la preparación de los suelos.

Por lo analizado en referencia a los distintos usos de suelo se puede testificar que la textura de los suelos proviene del mismos material parental e igual mineralogía determinando en las zonas del páramo cuya textura de suelo es de grano medio, con pequeños cambios debido a las acciones antrópicas que se da en el sector considerándose de esta manera que el avance de la ganadería y zonas de cultivo son progresivas alrededor del bosque y vegetación protectores Sunsun Yanasacha.



## Color

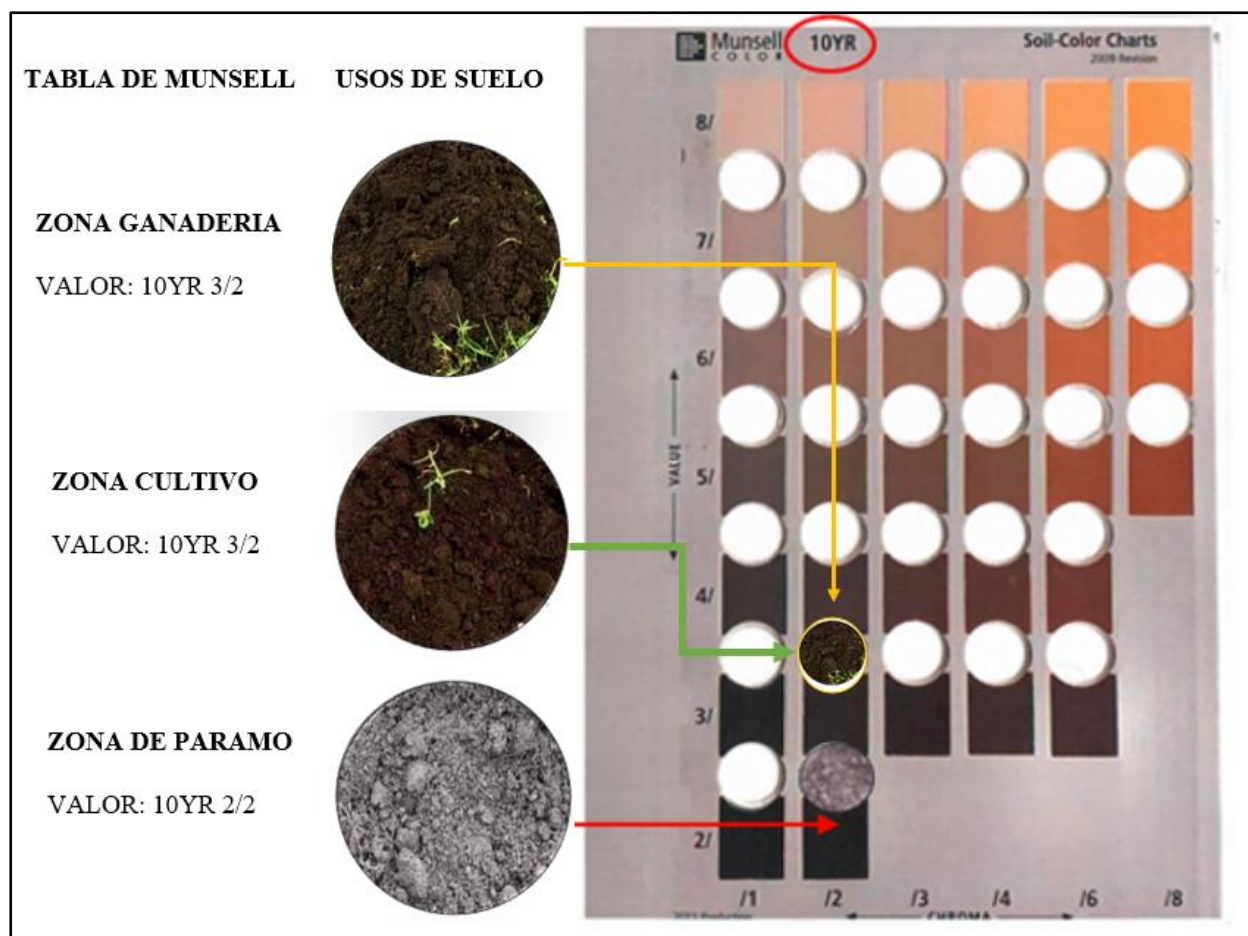


Figura 12. Color de suelos analizado en páramo, cultivo y ganadería con matiz 10YR.

Elaborado por: Autor

Las muestras de suelo analizadas como se observa en la figura N°12 muestran los tres usos de suelo catalogados respecto a una matiz identificada, así el valor del páramo en (10YR 2/2) con color de matiz de 10YR, luminosidad de 2 y una saturación del suelo de 2 con coloración gris oscuro, de esta manera se identifica que el suelo presenta características de gran retención hídrica, gran cantidad de materia orgánica en grado avanzado de descomposición permitiendo la buena capacidad de absorción y liberación de nutrientes de manera óptima. Suelos con valores y

características similares fueron reportados por FertiLab (2018); Ríos et al. (2015), en sus investigaciones respectivas a la determinación del color del suelo en los paramos andinos.

La actividad en la zona ganadera y zona de cultivo presento similitud correspondiendo al matiz más dominante en ambos casos, estableciendo valor de (**10YR 3/2**), con matiz igual a 10YR con propiedades ferralicas pertenecientes a suelos húmedos para ambos casos, cuya luminosidad con valor 3 y una saturación para el suelo de 2 presenta de esta manera un suelo de color marrón grisáceo muy oscuro para los dos usos de suelo (ganadería y cultivo), en comparación al suelo bajo páramo nos indica que la tonalidad de color más clara es índice del consumo de los nutrientes y la pérdida de retención de humedad dados por las distintas actividades de cultivo y ganadería que se dan en la zona del bosque y vegetación protectores Sunsun Yanasacha, de esta manera se produce desgaste del suelo y provoca cambios en su tonalidad.

Para López (2016); Viera et al. (2020) mencionan que los cambios producido en los suelos del páramo referente a su color es propiciado por el ingreso de fertilizantes y desechos orgánicos del ganado vacuno, respecto al área de cultivo el uso frecuente de pesticidas para eliminación de plagas o sustancias químicas para mejorar el crecimiento en su área productiva

### **Densidad aparente**

En la tabla N°10, se muestran los valores obtenidos en el proceso para la obtención de la densidad aparente (Dap), identificando de esta manera un total de 12 muestras, 4 por cada uno de los usos de suelos dando como media un 0,67 g/cm<sup>3</sup> en los suelos del páramo, un 0,38 g/cm<sup>3</sup> en la ganadería y una media de 0,41 g/cm<sup>3</sup> en la zona de cultivos.

La medida del cilindro conocido es de 4cm de ancho y 4.5 cm de alto con un volumen de 56,54 cm<sup>3</sup>.

Tabla 10. Densidad de volumen (g/cm<sup>3</sup>) por usos de suelo

	Usos de suelo		
	Páramo	Ganadería	Cultivo
Muestra 1	0,6867	0,4055	0,4131
Muestra 2	0,6525	0,3453	0,4045
Muestra 3	0,6491	0,3700	0,4140
Muestra 4	0,6901	0,3816	0,4038
<b>Media</b>	<b>0,6697</b>	<b>0,3756</b>	<b>0,4089</b>

*Elaborado por: Autor*

Por lo observado en la tabla N°10 se puede decir que los datos obtenidos en el (Dap) para los distintos usos de suelo registran diferencias no significativas que varían de acuerdo con la presencia de materia orgánica y la actividad biológica considerando las raíces del suelo (Povilonis et al., 2018).

Por lo que, de esta manera para el primer uso de suelo analizado, el suelo bajo (páramo) presentó un valor medio de 0,67 g/cm<sup>3</sup> que es el valor solido del espacio poroso considerándolo un suelo característico (andisol), perteneciente a los suelos franco-limosos (FL), la aireación del suelo es alta y mantiene en su estructura un drenaje de mayor capacidad. Los valores obtenidos se encuentran en los rangos establecidos y concuerdan con lo manifestado por Llambí et al. (2012); Nuñez Solis (2000), en sus trabajos investigativos congruente para la densidad aparente en los suelos andinos como se observa en la figura N°13.

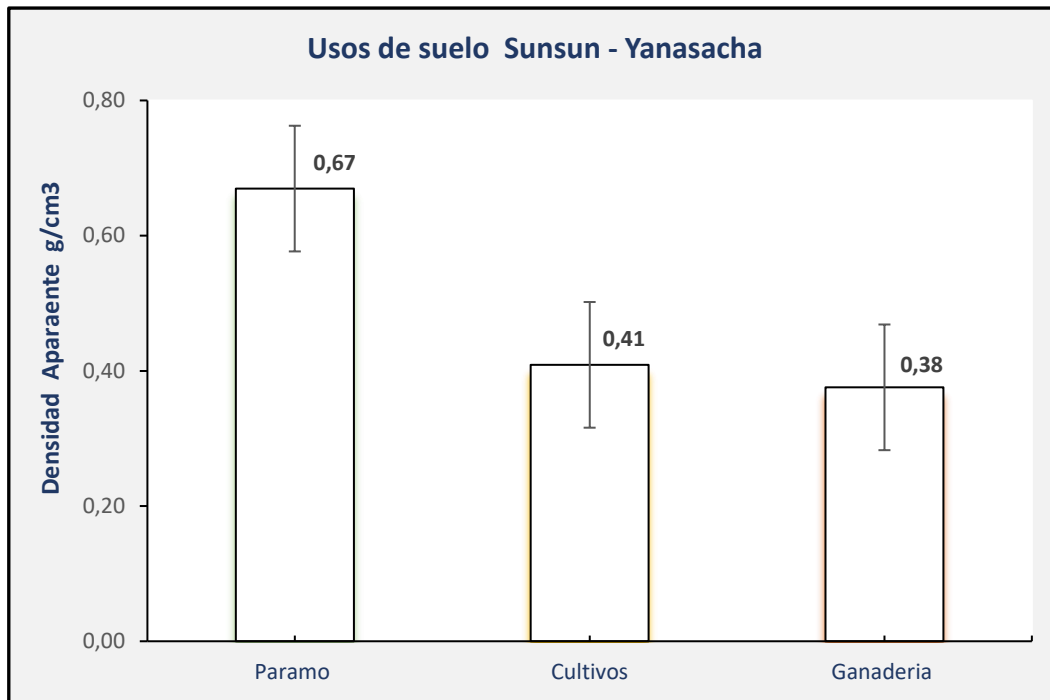


Figura 13. Densidad Aparente para los usos de suelo.

Elaborado por: Autor

En la figura N°13 se observa las medias totales del suelo producto de la actividad ganadera con un valor medio de 0,38 g/cm<sup>3</sup> de valor sólido en espacio poroso y el suelo con cultivo un valor medio de 0,41 g/cm<sup>3</sup> determinan que los cambios en la densidad aparente (Dap) de estos suelos se ven alterados por las actividades antrópicas de la zona implicando cambios en la compactación del suelo, generando una capacidad de drenaje baja al igual que una aireación del suelo media manifestando que la descomposición de la materia orgánica sea lenta siendo estas cualidades principales para los suelos livianos, todo esto provocado por el exceso de fertilizantes, el sobre pastoreo (pisoteo de ganado), la erosión, la degradación producto de las actividades agrarias inadecuadas lo que se ve reflejado con cambios notables con el suelo del páramo.

## 5.2. Indicadores Químicos de la calidad del suelo

### Determinación del pH del suelo

En la tabla N°11 se muestran los datos obtenidos por las cuatro repeticiones efectuadas en cada uso de suelo, con media de páramo de 5.24 pH, cultivos de 5,88 pH y ganadería 5,97 pH en donde se observa el cambio de suelo de un suelo muy ácido a uno moderadamente ácido.

*Tabla 11. Datos de pH para los distintos usos de suelo*

		<b>Usos de Suelo</b>		
		<b>Páramo</b>	<b>Cultivos</b>	<b>Ganadería</b>
1	Muestra	5,36	5,31	6,53
2	Muestra	5,28	6,2	6,29
3	Muestra	5,19	6,22	5,63
4	Muestra	5,13	5,79	5,41
<b>Media</b>		<b>5,24</b>	<b>5,88</b>	<b>5,97</b>

*Elaborado por: Autor*

Los datos obtenidos en el primer análisis del suelo fue para el páramo en donde se obtuvo una media de pH de 5,2 considerándolo como un suelo muy ácido, cuentan con cantidades altas de hidrogeno y aluminio, generando déficit de nutrientes impidiendo el crecimiento de algunas plantas y desarrollo de la cobertura vegetal para ganado, el suelo del páramo concuerda con los valores expuestos por Borja Ramon (2006), en su estudio referente a la edafo-transferencia para la caracterización hidráulica de andisoles. El pH del suelo correspondiente a la zona de cultivo dio un valor de 5,88 considerándolo como un suelo moderadamente ácido siendo óptimo para el crecimiento de plantas como las vegetales, césped y ornamentales. Según lo manifestado por Kluepfel & Lippert (2021), el rango óptimo para los suelos de actividad agrícola están entre un (pH

5,8 a 6,5) por lo que el suelo analizado cumple con los valores apropiados para su actividad; el valor promedio para la actividad ganadera del sector nos dio un valor pH de 5,9 ya que la ganadería no es distante a los efectos que el suelo produzca sobre los cultivos, es considerado un suelo moderadamente ácido siendo menos ácido en comparación a los otros usos de suelo debido a la presencia en mayor cantidad de material orgánico o por la actividad biológica presente, valores que concuerdan según el estudio de Cuenca (2014).

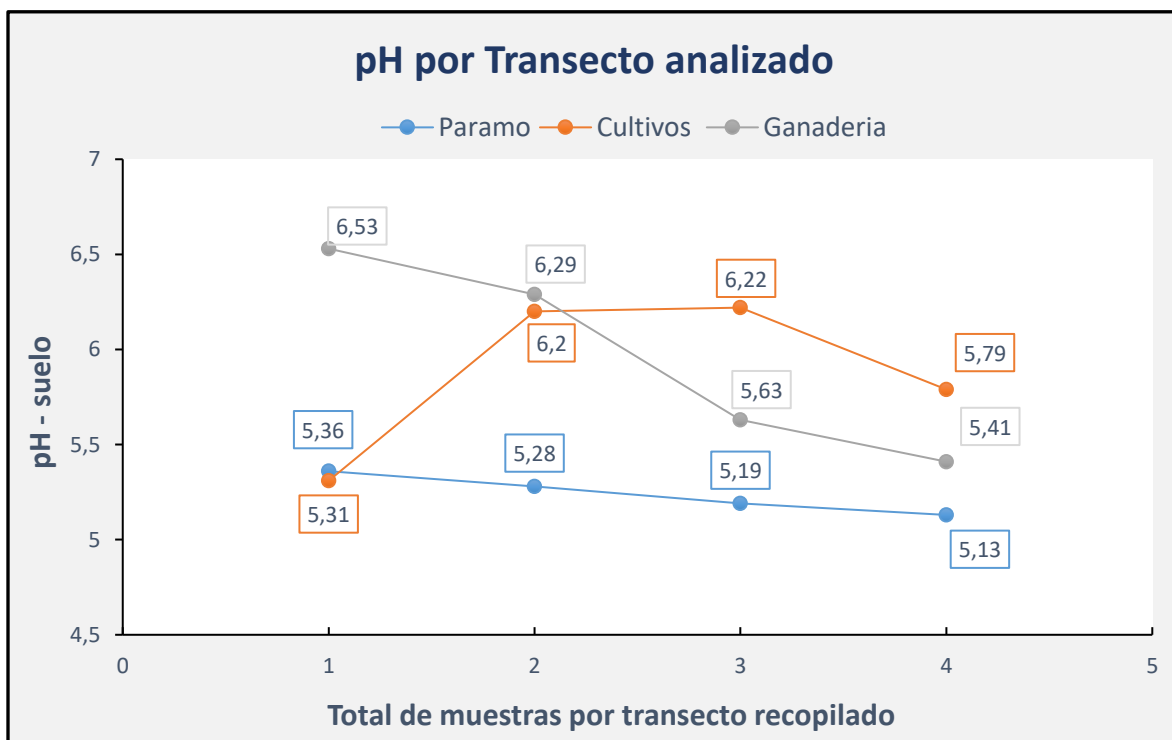


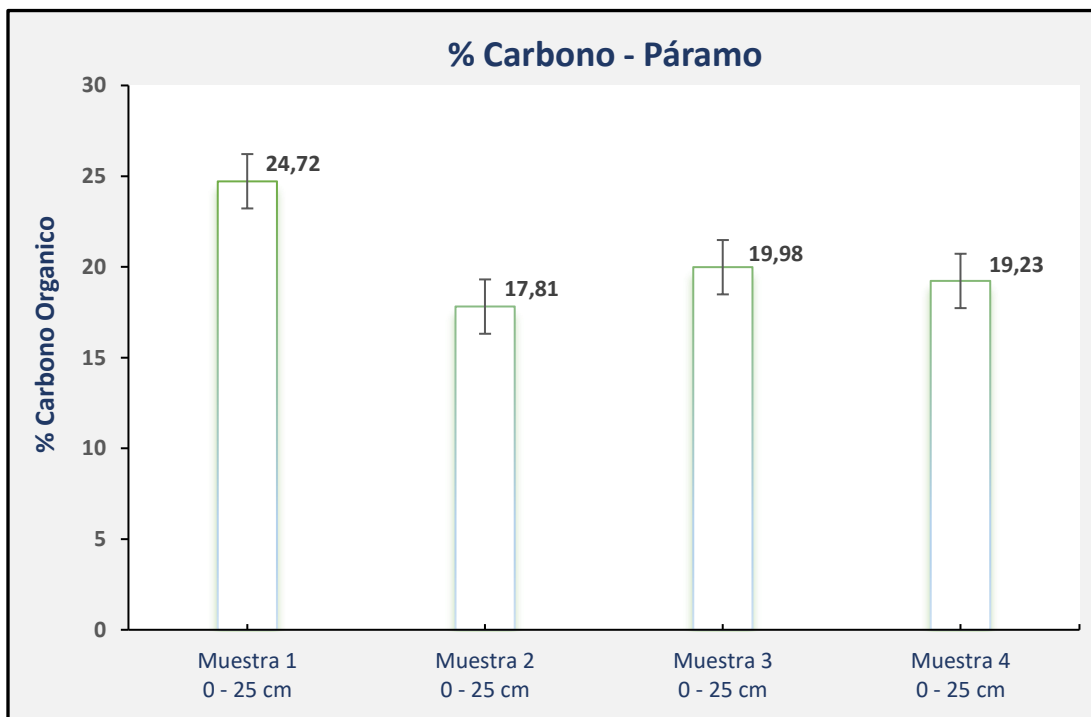
Figura 14. Determinación de pH por cada punto de muestra seleccionado.

Realizado por: Autor

La figura N°14 muestra los valores obtenidos en las pruebas de pH realizadas a cada una de las muestras en donde se puede observar que el suelo bajo páramo tiene una leve disminución respecto al primer transecto analizado sin sufrir grandes cambios; El suelo bajo cultivo respecto al primer transecto muestra cambios en los rangos de acidez, alcanzando valores mínimos que van desde los 5,31 pH hasta los 6,29 de pH consecuencia del uso masivo de fertilizantes, de no

establecer periodos de reposos entre siembra, la sobre explotación del suelo, el aumento en la actividad biológica, la mala capacidad de retención de agua son factores que restringen el crecimiento vegetal y son afectado directamente por el déficit de Ca y Mg entre otros son determinantes ante los cambios de acidez y fertilidad de los suelos del sector; producto de la actividad antrópica. El suelo producto de la ganadería muestra desestabilidad en los datos correspondiente a cada uno de los transectos analizados demostrados aumentos de acidez respecto con el primer y último transecto debido principalmente a la presencia del ganado vacuno.

### **Carbono Orgánica**



*Figura 15. Porcentaje de Carbono Orgánico en el uso de suelo (Paramo).*

*Realizado por: Autor*

Para el primer análisis de suelo en la determinación de carbono orgánica presente en el (Páramo) figura N°15 se procedió al análisis individual de cada uno de sus transectos realizando 4 repeticiones por área de estudio, para el páramo se mantienen rangos de entre 24,72% y 17,81%

para presencia de carbono orgánico con media de 20,43% en los últimos años. De acuerdo a lo interpretado en sus investigaciones los rangos definidos por Borja (2014); Podwojewski & Poulénard (2015), se encuentran en escalas adecuadas para presencia de carbono orgánico en suelo del páramo.

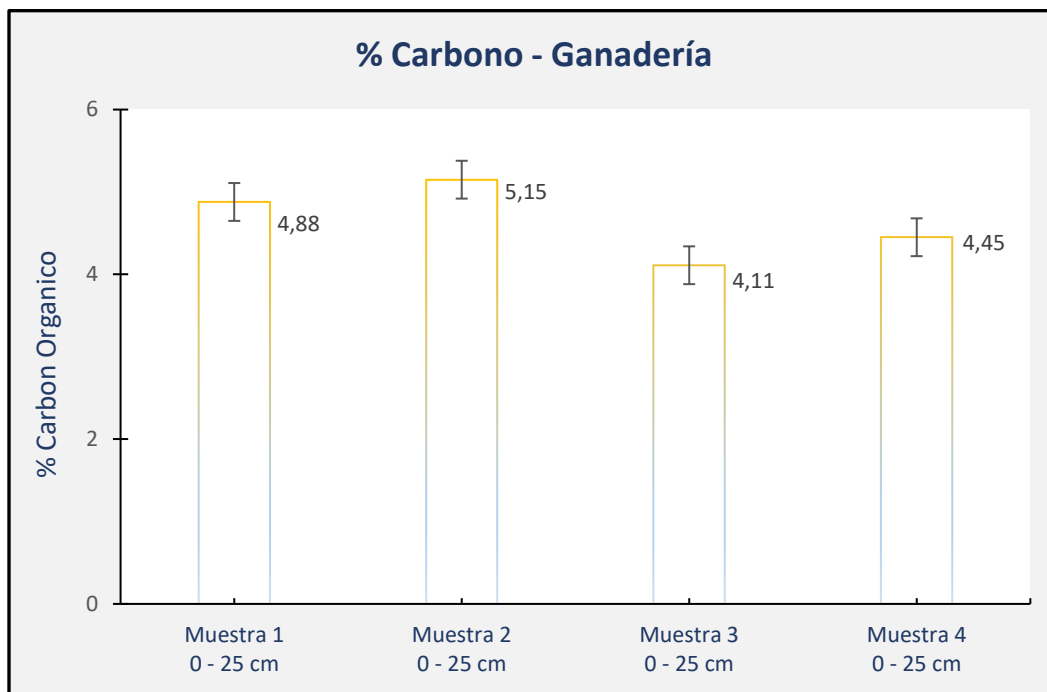


Figura 16. Porcentaje de Carbono Orgánico en el uso de suelo (Ganadería)

Realizado por: Autor

Para los usos de suelo producto de la ganadería y cultivos en el sector del Bosque y Vegetación protectores se evidencio una disminución notable en los porcentajes de carbono orgánico contenidos en estos suelos, obteniendo rangos cambiantes y no adecuados para las características respectivas de estos suelos, en el caso del suelo para ganadería se tiene un rango de entre 5,15% a 4,11% con media de 4,65% y el suelo de cultivo con rango de 6,26% a 3,38% con media de 4,82% como se puede observar en las figuras N°16 y figura N°17 respectivamente, revelando que la interacción antrópica en el sector es evidente y no se toma en consideración el daño que se produce al suelo ya sea tanto por el incremento y mal uso de fertilizantes, la



compactación del suelo, el exceso de riego y la poca retención de humedad son factores que se considera para en la disminución del carbono orgánica.

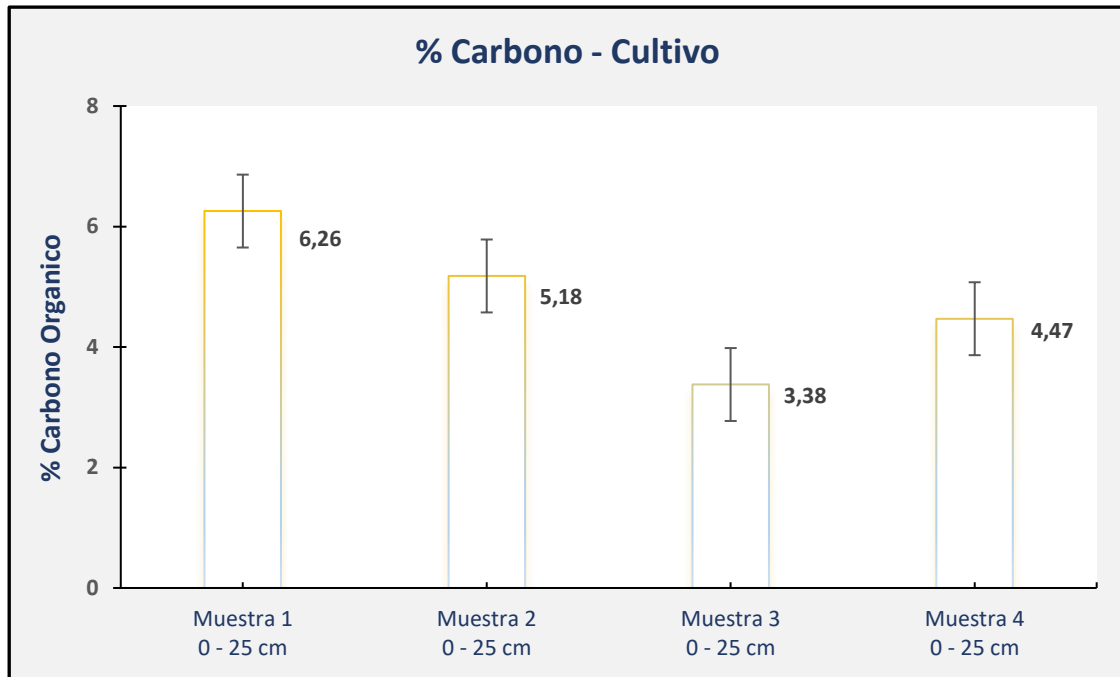


Figura 17. Porcentaje de Carbono Orgánico en el uso de suelo (Cultivo).

Elaborado por: Autor

### 5.3. Indicador biológico para la Calidad del suelo

#### Lombriz de Tierra

La determinación de los indicadores biológicos presentes son las lombrices de tierra (*Lombricus terrestris*) empleadas para relacionar densidad poblacional, elementos ambientales, desplazamiento o eliminación de especies todo por actividades antrópicas propias del sector de investigación dado que esta especie cuenta con gran sensibilidad ante cambios en las propiedades químicas, físicas y biológicas (Ortíz-gamino, 2021).

El indicador biológico por conteo de espécimen (lombrices de tierra - *Lombricus terrestris*) determinó que el primer uso de suelo analizado (Páramo) localizado a una altura (< 3470 m.s.n.m), registro determinables cuantitativas en el conteo, considerándolo como el lugar con menor presencia de lombrices de tierra registrando un total de 15 especímenes en los cuatro transectos de tierra, la longitud variaba entre los 1,5 a 5 cm por lo que su contextura está en desarrollo, la pigmentación es de rosada a rojiza, de tal manera se interpreta que el número de ejemplares encontrados se debe a la fragmentación en el suelo al poseer espacios poroso no amplios con circulación de aire y agua óptimos. El material orgánico entregado en la descomposición determina al suelo calidad alta, ya sea por la humedad y la capacidad de retención hídrica que presentan; la presencia de este espécimen mejora los procesos de mineralización y humificación mejorando las condiciones físicas del suelo; lo que concuerda con lo analizado por Arcos Lara (2019); Velasquez (2020), en sus investigaciones respecto a la biología de los suelos del páramo.

El uso de suelo producto de la (Ganadería) registrado a una altura (= 3352 m.s.n.m) contabilizo 25 especímenes de lombrices en los cuatro transectos cuya longitud varía entre los 3 a 15 cm siendo las lombrices de tierra con un mayor desarrollo como se observa en la figura N° 18; La cantidad de especímenes encontrados en el área debido la actividad de las lombrices de tierra suscitadas en los potreros ganaderos se debe a la modificación del suelo interrumpiendo y mejorando los procesos de descomposición y aireación, pese a la compactación de estos y debido al ingreso constante de material orgánico los especímenes se desarrollan de mejor manera repercutiendo en la capacidad de filtración, retención del agua y regeneración de pastos en suelos intervenidos, características iguales del suelo fueron reportadas por Cardenas (2015), en su investigación.



*Figura 18. Lombrix de tierra (Lombrix terretris) – Ganadería*

*Elaborado por: Autor*

Finalmente, el que presento la mayor cantidad de especímenes de lombriz de tierra fue la zona de (Cultivos a una altura de 3290 m.s.n.m) contabilizando 32 especímenes con longitudes que varían desde los 4 a 9 cm como se observa en la figura N° 19; la contextura del espécimen presenta una coloración rojiza encontrados en las primeras capas superficiales con una alta tasa de mortalidad debido a la utilización de variedad de fertilizantes, la presencia del espécimen y el número de ejemplares en gran magnitud referente a los otros usos de suelo en el área de estudio muestra que las condiciones físicas del suelo presentan niveles buenos, pero no óptimos en referencia a la porosidad del suelo debido al constante trabajo que se da en el mismo por actividad agrícola, pese a esto el ingreso de nutrientes, descomposición de material orgánico de manera eficiente y la presencia de compuestos como N, K y P mejoran las condiciones del suelo transformando el suelo del páramo en óptimo para actividades de cultivo sin considerar los daños en los ecosistemas del páramo.



*Figura 19. Lombriz de tierra (Lombrius terrestris) – Cultivo*

*Elaborado por: Autor*

El análisis de calidad del suelo realizado mediante cada uno de los indicadores determina que el suelo dentro del bosque y vegetación protectores Sunsun Yanasacha ha sufrido cambios alterando los suelos del páramo, adecuándoles para actividades de beneficio económico, social de la población, considerando que el avance en la agricultura y ganadería es de manera exponencial por lo que los suelos en el área son considerados moderadamente afectados, cambiando la estructura del suelo, alterando la concentración de carbono orgánico, su acidez, su textura entre otros como se observa en la tabla N°12 verificando así los cambios de manera cuantitativa entre los suelos del páramo y aquellos con activada antrópica en la zonas (ganadería y cultivos), recordando que el suelo es un recurso no renovable e indispensable en cualquier actividad.

Tabla 12. Calidad el suelo Sunsun Yanasacha análisis cualitativos y cuantitativos

Usos de Suelos	Textura	Color	DA	Carbón Orgánico	pH	Ejemplares lombriz de tierra
			P g/c m3			
Páramo	Franco Limosa	10 YR 2/2	0,6	20.44 %	5.24	15 ejemplares
	Cultivo	10 YR 3/2	0,4	4.82 %	5.88	32 ejemplares
Ganadería	Franco	10 YR 3/2	0,3	4.65 %	5.97	25 ejemplares

*Elaborado por: Autor*

#### 5.4. Propuestas de Gestión

Durante mucho tiempo, tanto la agricultura como la ganadería están catalogados como actividades que proveen obtener un beneficio de manera autosustentable o generar un bien económico sin considerar o poder mitigar el daño producido al suelo; la expansión hacia las zonas de páramo es evidente particularmente en el bosque y vegetación protectores, sus sistemas de extracción como de producción son insostenibles, un déficit de planeación territorial o la ausencia de reformas agrarias conjuntamente con los pocos programas de investigación en conservación de los suelos en sectores productivos son algunas de las causas que pueden originar problemas en la estructura de los suelos del páramo, por lo tanto se da a conocer propuestas de gestión para mitigar aquellos daños producidos tanto por actividades ganaderas como agrícolas en el sector.

##### 5.4.1. Actividad ganadera

###### La aplicación de barreras o cercas vivas

Por los resultados obtenidos de manera cualitativa y cuantitativa en la investigación referente a los usos de suelo y según la investigación de la FAO (2018) relativa a la gestión y uso sostenible de los suelos ecuatoriales la introducción de especies forestales arbóreas nativas adecuadas en los páramos es considerada una actividad propicia para la sostenibilidad de suelos

intervenidos abarcando la recuperación y disminución en la erosión con actividades antrópicas, por lo que se optó como propuesta de gestión ante el crecimiento y desplazamiento descontrolado de la ganadería, permitiendo de esta manera establecer a árboles o arbustos nativos como líneas de alambre con el propósito principal de controlar el movimiento de los animales, restringiendo el acceso a pajonales o áreas propicias para retención de recurso hídrico, de esta manera se provee evitar daños como el desgaste continuo de la cobertura vegetal, la compactación de los suelos, alteración de nutrientes y desplazamiento de la flora y fauna del ecosistema (FAO, 2018). A consecuencia de implementar esta propuesta en la zona ganadera del páramo se tiene beneficios como:

- Ocupa poco espacio y ayuda como método de reforestación.
- Regeneración y crecimiento rápido de pastos.
- Repartición adecuada de estiércol en el campo.
- Protegen al suelo de fenómenos climáticos (lluvia o sequias).
- Evitan a largo plazo la pérdida de fertilidad de los suelos.
- Reducción de la deforestación.
- Permite controlar la degradación natural de suelo.
- Previene el sobrepastoreo y permite el descanso a zonas con nutrientes y material orgánico alto.
- Permite tener claro el tiempo adecuado de pastoreo por lote.

### **Sistema silvopastoril y control de ejemplares**

Generados los resultados de la investigación como propuesta de gestión y debido a factores como el cambio de pH, la alteración del carbono orgánico y la textura de los suelos para la actividad ganadera se propone implementar el sistema silvopastoril y control de ejemplares como aquella

medida óptima y propicia para la recuperación de aquellos componente degradados, según la investigación realizada por Cubides (2020), dicha actividad es apta y adecuada para controlar el desgaste masivo de los componentes del suelo por actividad ganadera.

La actividad corresponde a la interacción de plantas arbustivas propias de las zonas del páramo con valor nutricional alto con componentes utilizados en la ganadería como la implantación de forrajes provocando la disminución de las superficies pastables como también la creación de surcos de agua o pozos de agua de esta manera se disminuye la erosión del suelo, es decir combinar estos aspectos en el área de pastoreo fomentando distintos estratos forestales y adicionalmente controlando el número de ejemplares que cohabitan en un área específica, dicho proceso trae consigo beneficios como el aumento en la diversidad biológica, regula y mantiene las áreas con fuentes hídricas no alteradas, entrega al suelo los nutrientes necesarios acelerando el crecimiento de la cobertura vegetal, reduce la presión del suelo al igual reduce el estrés térmico del ganado y la erosión propia del suelo (Cubides, 2020).

El sistema silvopastoril esta entrelazado con el control de ejemplares presentando beneficios en las zonas del páramo al regular y controlar el número de cabezas de ganado en un área respectiva tomando la relación de 6 a 10 cabezas de ganado por cada 50 m<sup>2</sup>, de tal manera se aporta al suelo desechos orgánicos aumentando los niveles de carbono sin excedente, se da un descanso prudente a las áreas no pastoreadas regenerando las cobertura vegetal y de similar forma disminuye los niveles de acidez y propicia una negativa en referencia a la compactación de los suelos por acción de las pesuñas de los animales. por estos motivos la implementación del sistema silvopastoril y control de ejemplares evita el deterioro y controla el correcto manejo de los suelos del páramo.

## 5.4.2. Actividad agrícola

### Manejo agroecológico de cultivos

La implementación de este sistema en el manejo agroecológico de los cultivos es necesaria debido al avance progresivo de actividades agrícolas en las zonas del páramo generando inconvenientes tanto en la composición y textura de los suelos afectando cobertura vegetal, disminuyendo carbono orgánico, nutrientes, cambiando la acidez y destruyendo los espacios porosos del suelo ya sea por el ingreso de fertilizantes, uso de maquinaria para preparar las áreas de cultivo o el uso de químicos; por lo establecido según Moreira & Castro (2016), en su estudio referente a prácticas agroecológicas en suelos andinos y los datos obtenidos respecto a los suelos del bosque y vegetación protectores se considera óptima esta propuesta de gestión.

El manejo agroecológico en los cultivos consiste en eliminar el uso de agroquímicos que repelen y controlan las plagas en los procesos de producción, en su remplazo se recurrirá a utilizar abonos orgánicos y al control natural de plagas mediante la biodiversidad de elementos otorgada por los páramos; al no utilizar los agroquímicos se disminuye la huella de carbono, se beneficia la salud del medio ambiente como también se mitiga la dependencia de insumos externos. El uso de abonos orgánicos para nutrir los cultivos como también los extractos animales o el uso de hongos entomopatógenos en el control de plagas son los aspectos utilizados en el remplazo, cabe recalcar que la implantación de este sistema no causara impacto negativo; su finalidad es crear un sistema productivo más resiliente no degenerativo y adaptado a las zonas del páramo (Moreira & Castro, 2016).

La aplicación de este sistema trae consigo beneficios para controlar el daño producido en estos suelos:



➤ Aumento del uso de insumos naturales y locales, aunado al reforzamiento de las interacciones biológicas para promover procesos y servicios ecológicos.

➤ Manejo eficaz de los nutrientes, reciclando la biomasa y añadiendo regularmente restos vegetales y excretas animales procesadas en fertilizantes orgánicos para reforzar la acumulación de materia orgánica en el suelo y equilibrar y optimizar el ciclo de nutrientes, lo que aumenta la fijación y el secuestro de carbono por el suelo.

➤ Mantenimiento de un alto número de especies y de la diversidad genética en el tiempo y el espacio, así como una estructura compleja del ecosistema agrícola.

➤ Incremento de la capa vegetal del suelo a través, por ejemplo, de la adición de materia orgánica y de la reducción de la cantidad de labranza para minimizar la erosión del suelo y la pérdida de agua/humedad y nutrientes.

## CAPITULO 6

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

Finalizada la investigación referente “CALIDAD DEL SUELO A PARTIR DE INDICADORES FISICOS Y QUIMICOS APLICADO A TRES USOS DE SUELO PARA LA GENERACION DE PROPUESTAS DE GESTION POR IMPACTOS EN EL SUELO POR ACCIONES ANTROPICAS EN EL BOSQUE Y VEGETACION PROTECTORES DE SUNSUN – YANASACHA” se concluyó que:

➤ Los suelos analizados por indicadores físicos y químicos sufren alteraciones en cada una de las pruebas realizadas, conforme a la determinación de color del suelo se mostraron que no existe gran cambio en sus tres usos de suelo pese a encontrarse a niveles altitudinales distintos, de manera visual sus cambios no son tan evidentes.

➤ La textura del suelo dominante en el bosque protector está determinada por un suelo Franco Limosos y pese a las intervenciones antrópicas del sector el cambio en la textura no se ve totalmente afectada proporcionándonos un suelo franco advirtiendo que las concentraciones de arena limo y arcilla se mantienen en rangos estables y no presentado diferencias estadísticas de acuerdo con la actividad que se ejerce sobre el suelo.

➤ El incremento en el uso de productos químicos, erosión del suelo, quema de cobertura vegetal, ingreso de fertilizantes y una mala planificación en la gestión de los suelos tanto en las zonas de cultivo y zonas ganaderas, afecta a los distintos usos de suelo por consiguiente transformo y altero su potencial de hidrogeno demostrando el

cambio de valor de 5.88 pH y 5.9 pH respectivamente considerándolos suelos medianamente ácidos.

➤ La relación del carbono orgánico en los usos de suelo decreta que los cambios tanto de la (ganadería y cultivos) es significativa con el páramo, disminuyendo la presencia de carbono orgánicos en valores de 4.82% y 4.65%, debido a las adecuaciones del suelo para las distintas actividades, otorgada por la presencia de fertilizantes que aumentan grados de acidez, demostrando que no se tiene un control de las actividades y que la sobre explotación de los suelos es desmesurada en comparación a los suelos del páramo.

➤ No hay políticas claras sobre educación ambiental en la población del sector que contribuyan a una toma de conciencia o a una cultura medioambientalista dentro del Bosque y Vegetación Protectores Sunsun Yanasacha.

## **6.2. Recomendaciones**

➤ Socializar los resultados obtenidos con el fin de generar conciencia sobre el adecuado uso de los suelos respecto a las actividades que se ejercen en el Bosque y Vegetación protector Sunsun Yanasacha a los pobladores, llegando a ellos mediante charlas sobre el manejo correcto del uso del suelo del páramo y su conservación para evitar daños irreversibles que pueden ocasionar las malas prácticas en el suelo y cobertura vegetal.

➤ Indagar en alternativas viables que ayuden a evitar la pérdida del carbono orgánico del suelo debido a los cambios sufridos por las distintas actividades registradas en los usos de suelo.

➤ Proponer una correcta distribución y utilización adecuada de los suelos, para evitar una degradación continua e irreversible del área.

➤ Tomando en cuenta las características climáticas específicas y los daños al recurso suelo se deberá efectuar planes para la conservación de la biodiversidad existente y recuperara aquello que se ha perdido o desplazado por efectos de la erosión y mal uso de los suelos.

➤ Considerar los datos obtenidos para futuras investigaciones en la zona para mejorar y conservar el recurso suelo de manera sustentable debido a que esta zona es potencialmente agrícola y ganadera.

## LISTADO DE REFERENCIAS

- Aguilar, S. (2019). *Validación del método de calcinación en la determinación del contenido de la materia orgánica del suelo*. 89.
- Angella, G., & Salgado, R. (2018). *Conceptos básicos de las relaciones agua-suelo-planta*. October 2016.
- Arcos Alvarez, C. N., Vera Cedeño, J. C., Lascano Armas, P., Molina Molina, E., & Beltran Romero, C. (2020). Problemas que enfrentan los ganaderos en el establecimiento de Leucaena asociada con gramíneas en trópico seco de Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal, ISSN 2602-8220, Latindex, Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952., 1(1), 1–64.*  
[http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios\\_y\\_verdades\\_sobre\\_grasas.pdf](http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios_y_verdades_sobre_grasas.pdf)  
<https://www.colesterolfamiliar.org/formacion/guia.pdf>  
<https://www.colesterolfamiliar.org/wp-content/uploads/2015/05/guia.pdf>
- Arcos Lara, A. I. (2019). Universidad Central Del Ecuador. *Universidad Central Del Ecuador*, 105.
- Arequipa, A. A. (2017). Bioindicadores Para La Determinación De La Calidad Del Suelo En La Microcuenca De La Quebrada Jun Jun. *Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 70.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cedamaz*, 4(1), 45–52. [http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-12-1/art\\_5.pdf](http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-12-1/art_5.pdf)
- Bautista, A., Etchevers, J., del Castillo, R. F., & Guitierrez, C. (2016). La calidad del suelo y sus indicadores. *Brain and Nerve*, 59(8), 825–830.
- Beretta, A., Bassahum, D., & Musselli, R. (2014). ¿ Medir el pH del suelo en la mezcla suelo : agua en reposo o agitando ? Measure Soil pH at Rest or Stirring the Soil : water Mixture ? *Agrociencia Uruguay*, 8(2), 90–94.
- Bignell, D. E., Jeroen, H., & Moreira, F. (2010). *Manual de biología de suelos tropicales*. 325.
- Borja, P. J. (2014). *Crecimiento de teca (Tectona grandis L.) en diferentes inceptisoles, en la hacienda El Belén del Sector Boyería, Cantón Palenque, Provincia de Los Ríos*. 132.
- Borja Ramon, P. M. (2006). *Desarrollo De Funciones De Edafo-Transferencia Para La Caracterizacion Hidraulica De Andosoles*. 1–22.
- Cabezas, C. E., & Guevara, J. P. (2020). “*CALIDAD DEL SUELO MEDIANTE INDICADORES PARROQUIA ACHUPALLAS PROVINCIA DE CHIMBORAZO.*” 47.
- Camacho, M. (2014). Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Revista Anales*, 1(372), 77–92.

<https://doi.org/10.29166/anales.v1i372.1241>

- Cardenas, M. S. F. (2015). Evaluacion de la calidad del los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna Monjas bajo, parroquia Juan Montalvo, canton cayambe. *Tesis*, 1–100. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39079>
- Castañeda, A. E., & Montes, C. R. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 13(1), 210–221. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112>
- Cubides, M. L. (2020). FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA REALIZAR GANADERÍA SOSTENIBLE TENIENDO EN CUENTA LA APTITUD DEL SUELO EN LA FINCA LALLANERITA, VISTA HERMOSA-META. *Endocrine*, 9(May), 6. [https://www.slideshare.net/maryamkazemi3/stability-of-colloids%0Ahttps://barnard.edu/sites/default/files/inline/student\\_user\\_guide\\_for\\_spss.pdf%0Ahttp://www.ibm.com/support%0Ahttp://www.spss.com/sites/dm-book/legacy/ProgDataMgmt\\_SPSS17.pdf%0Ahttps://www.n](https://www.slideshare.net/maryamkazemi3/stability-of-colloids%0Ahttps://barnard.edu/sites/default/files/inline/student_user_guide_for_spss.pdf%0Ahttp://www.ibm.com/support%0Ahttp://www.spss.com/sites/dm-book/legacy/ProgDataMgmt_SPSS17.pdf%0Ahttps://www.n)
- Cuenca, D. B. (2014). *Impacto de la ganadería sobre las características físicas- químicas del suelo predio Los Altares Por*.
- Cuzco, S. V. (2016). *PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD COBSHE ALTO, PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*.
- Eyherabide, , Sainz Rozas, H., Barbieri, P., & Echeverria, H. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia Del Suelo*, 32(1), 13–19.
- FAO. (2015a). El suelo es un recurso no renovable. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, FAO., 4. [fao.org/soils-2015](http://fao.org/soils-2015)
- FAO. (2015b). Suelos y biodiversidad: Los suelos albergan una cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta. *Organizacion de Las Naciones Unidas Para La Alimentacion y La Agricultura*, 4. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/suelos-biodiversidad-0>
- FAO. (2016). *Tierra y suelos | Objetivos de Desarrollo Sostenible | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>
- FAO. (2018). *Guía de buenas prácticas para la Gestion y uso sostenible de los suelos*. <http://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>
- FAO y MADS. (2018). *Guia de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en areas rurales*. [www.fao.org/publications/es](http://www.fao.org/publications/es)
- FertiLab. (2018). El Color del Suelo como Indicador de su Fertilidad. *FertiLab*, 1–3. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/Vista/El-Color-del-Suelo-como-Indicador-de-su-Fertilidad.php>
- García de Salamone, I. E. (2011). Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los

- agroecosistemas. *Revista Argentina de Microbiología*, 43(1), 1–3.  
<https://www.redalyc.org/pdf/2130/213019226001.pdf>
- García, M. L. M., Benito, C. G., & Revuelta, P. A. (2002). *ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS. MANUAL DE LABORATORIO*. Universitat Politècnica de València.  
<https://books.google.com.co/books?id=2oOINXrtIbkC>
- Geoecuador. (2008). Estado del suelo. *Geoecuador*, Cap 4 75-90.  
[http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador pdf/06. Capitulo 4. Estado del suelo.pdf](http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador%20pdf/06.%20Capitulo%204.%20Estado%20del%20suelo.pdf)
- Gobierno Autónomo Descentralizado Rural de Tarqui. (2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Tarqui Actualización 2015*. 4–442.  
[http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0160026230001\\_Diagnostico\\_29-10-2015\\_22-12-42.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0160026230001_Diagnostico_29-10-2015_22-12-42.pdf)
- Guiñansaca, L. (2012). *Tema: Modelo De Ganadería Sostenible*.  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3254/1/TESIS.pdf>
- Gustin, Y. C., Morales, N. C., & Ortiz, C. D. (2014). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR MEDIO DE INDICADORES EN SISTEMAS DE MANEJO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L), GRANADILLA (*Passiflora ligularis*), BOSQUE Y CHAGRAS TRADICIONALES EN EL MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 27–135.
- Hernández, C., & Márquez, O. (2018). *Estimación del secuestro de carbono edáfico en el ecosistema herbazal de páramo del territorio hídrico del Río Cebadas, Chimborazo, Ecuador (Tesis de Pregrado)*.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La Materia Orgánica, Importancia Y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>
- Kluepfel, M., & Lippert, B. (2021). *Cambiando el pH del Suelo | Home & Garden Information Center*. <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/>
- Llambí, L., Soto, A., Borja, P., Ochoa, B., Celleri, R., & Bievre, B. (2012). Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos. In *Los suelos del Páramo*.  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56477.pdf>
- López, M. A. (2016). *DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LOS MÉTODOS DE OLLAS ISOBÁRICAS Y CENTRÍFUGA PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CAMPO Y PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE*. *May*, 31–48.
- MAE. (2013). Socio Bosque Programa de protección de bosques. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/SOCIO-BOSQUE.pdf>

- Marin, C., & Parra, S. (2015). Paramos Vivos - Bitácora de flora: Guía visual de plantas de páramos en Colombia. In *Bitácora de flora*. <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/ES/protocolo-distrital-para-atencion-de-incendios-forestales>
- Medina, C. (2016). Efectos de la compactación de suelos por el pisoteo de animales, en la productividad de los suelos. *Remediaciones. Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8(1), 88–93. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/download/229/270/>
- Mena, P., Josse, C., & Medina, G. (2000). Los suelos del páramo. In *Serie Páramo 5*.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. (2015). *BOSQUE PROTECTOR 15 AREAS DEL INTERIOR DE LA CUENCA DEL RIO PAUTE*. 1–15.
- Montalvo, C. F. (2013). Efectos de la Contaminación del Suelo en la productividad de cinco sectores agrícolas de la parroquia de Tumbaco. *Integration of Climate Protection and Cultural Heritage: Aspects in Policy and Development Plans. Free and Hanseatic City of Hamburg*, 26(4), 1–37.
- Moreira, D., & Castro, C. (2016). Prácticas agroecológicas. *En La Producción de Hortalizas y Vegetales*, 1–8. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3013/BVE17068930e.pdf;jsessionid=6D63328E00C80C7365498CC7A1C8333F?sequence=1>
- Morocho, C., & Chunchu, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71–83.
- Novoa, J. (2017). Análisis de la degradación de los paramos debido a las actividades productivas en este ecosistema. *Universidad Militar Nueva Granada*, 1–12. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17229/NovoaUsaqu%E9nJeffersonFabi%E1n2017.pdf;jsessionid=2796320D77294A619A711308B393EAFc?sequence=3>
- Nuñez Solís, J. (2000). *Fundamentos de EDAFOLOGÍA*.
- Orozco, W. B. M. (2019). Crisis ambiental. In *Tiempos de Crisis sistémica*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvpv50bh.8>
- Ortíz-gamino, D. (2021). *¿ Las lombrices de tierra tienen potencial biotecnológico ? June*.
- Partridge, T. (2015). Agua vida y agricultura. *Revista Agroecologia*, 21–22. <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol31n3.pdf>
- Pazmiño, G. (2020). *Influencia de la intervención en los suelos del páramo de Navag-Chimborazo en el contenido de materia orgánica*.
- PDOT AZUAY, P. de manejo. (2019). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Azuay Actualizado 2015 - 2030*.
- PDOT GAD Baños, P. (2015). *Diagnostico memoria tecnica - SNI Diagnostico - Baños*. 635. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>



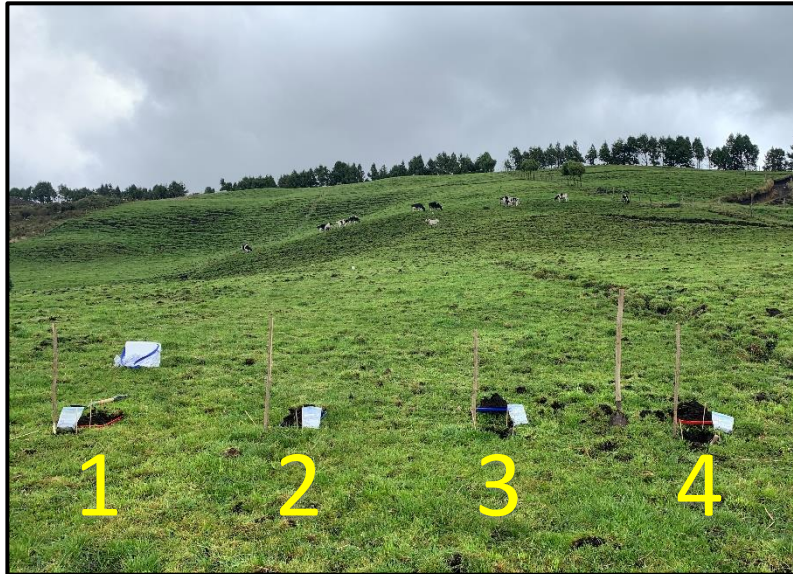
- Pinos Arévalo, N. J. (2016). Prospective land use and vegetation cover on land management - Case canton Cuenca. *Estoa*, 5(9), 7–19. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>
- Podwojewski, P., & Poulenard, J. (2015). *Los suelos de los paramos del Ecuador. January 2000*.
- Povilonis, I., Eiza, M., & Carfagno, P. (2018). Influencia de cultivos de cobertura en parámetros físicos del suelo: resistencia a la penetración de raíces, densidad aparente e infiltración del agua. *Rev. Fac. Agronomía y Cs. Agroalimentarias UM*.
- Quichimbo, P., Cárdenas, I., Tenorio, G., Crespo, P., Borja, P., & Célleri, R. (2011). *Efecto del cambio de cobertura vegetal sobre las propiedades hidrofísicas del suelo en un área de páramo, sur del Ecuador*.
- Ríos, M., Ruiz Dáger, M., Maduro Rojas, 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 Geográfica Venezolana*, 51(2), 225–247.
- Rivera, A., & Ávila, E. (2019). *Ganadería climáticamente inteligente: Integrando la reversión de la degradación de tierras y reduciendo los riesgos de desertificación en provincias vulnerables*. 1–51.
- Rivera, Y., Moreno, L., Herrera, M., & Romero, H. M. (2016). La toxicidad por aluminio (Al<sup>3+</sup>) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Palmas*, 37(1), 11–23. <file:///C:/Users/Pracom/Downloads/11696-12949-1-SM.pdf>
- Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos No. 96. In *Fao*. [http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OKZt9agfRksC&oi=fnd&pg=PR3&dq=CAPTURADECARBONOENLOS+SUELOS+PARA+UN+MEJOR+MANEJO+DE+LA+TIERRA&ots=5xOjDqvtWf&sig=c9-6h5Q4W\\_qU0xBHudD4IqchYyc](http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OKZt9agfRksC&oi=fnd&pg=PR3&dq=CAPTURADECARBONOENLOS+SUELOS+PARA+UN+MEJOR+MANEJO+DE+LA+TIERRA&ots=5xOjDqvtWf&sig=c9-6h5Q4W_qU0xBHudD4IqchYyc)
- Rojas, J., & Peña, S. (2018). Densidad Aparente Comparacion de métodos de determinación en ensayo de rotaciones en siembre directa. *I*, 1(1), 3. [www.inta.gov.ar/saenzpe](http://www.inta.gov.ar/saenzpe)
- Rubio, L. N. (2018). *Efecto del manejo agroecológico del suelo sobre indicadores biológicos en la fina La Paulina de Perico*. 21, 1–9.
- Ruiz, F. (2009). *Urkukuna, los páramos*. 36.
- SAGARPA, SECRETARIA DE AGRICULTURA. GANADERIA, DESARROLLO RURAL, P. Y. A. (2018). *Geotecnia Aplicada a Obras Coussa*. 62.
- Sanchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2019). El sector ganadero ( Analisis 2014-2019 ). *Papeles de Economía Española*, 16, 116–126.
- Sigcho, M. A. F. (2020). *Curva de absorción de nutrientes del cultivo de maíz ( Zea mays ), en suelos entisoles de Puerto Inca, Naranjal*.
- SIGTIERRAS. (2017). Mapa de órdenes de suelos del Ecuador. *SIGTIERRAS (Sistema Nacional*

*de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica*), 15.  
[http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/MEMORIA\\_MAPA\\_DE\\_ORDENES\\_DE\\_SUELOS\\_MAG\\_SIGTIERRAS.pdf](http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/MEMORIA_MAPA_DE_ORDENES_DE_SUELOS_MAG_SIGTIERRAS.pdf)

- Velasquez, E. (2020). Fertilización Bio Organica-FBO Guia tecnica para la utilizacion sistenable de residuos organicos en cultivos perennes utilizando lombrises de tierra. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Viera, W. F., Tello-Torres, C. M., Martínez-Salinas, A. A., Navia-Santillán, D. F., Medina-Rivera, L. A., Delgado-Párraga, A. G., Perdomo-Quispe, C. E., Pincay-Verdezoto, A. K., Báez-Cevallos, F. J., Vásquez-Castillo, W. A., & Jackson, T. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128–149.  
<https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200128>
- Zumba Arichávala, D. E. (2017). Estudio de uso territorial a través del tiempo en el Bosque Protector Aguarongo en base a sistemas de información geográfico y modelos de predicción de uso del suelo. Zona de estudio: parroquias Zhidmad, Santa Ana y San Bartolomé. In *Grupo de Investigación INBIAM - UPS*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14328/1/UPS-CT007035.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Delimitación del área de estudio Paramo



### Anexo 2. Delimitación del área de estudio



*Figura 20. Ubicación de transectos en el páramo.*

*Elaborado por: Autor*



Figura 21. Ubicación de transectos

Elaborado por: Autor

### Anexo 3. Determinación de color del suelo

#### Ganadería

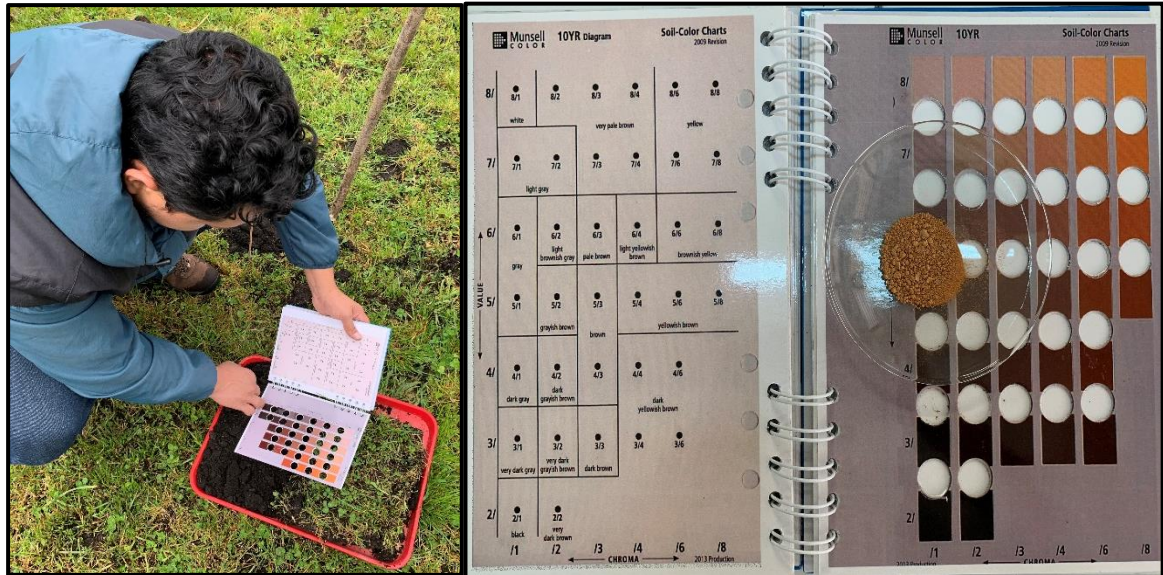


Figura 22. Determinación color en laboratorio y campo.

Elaborado por: Autor

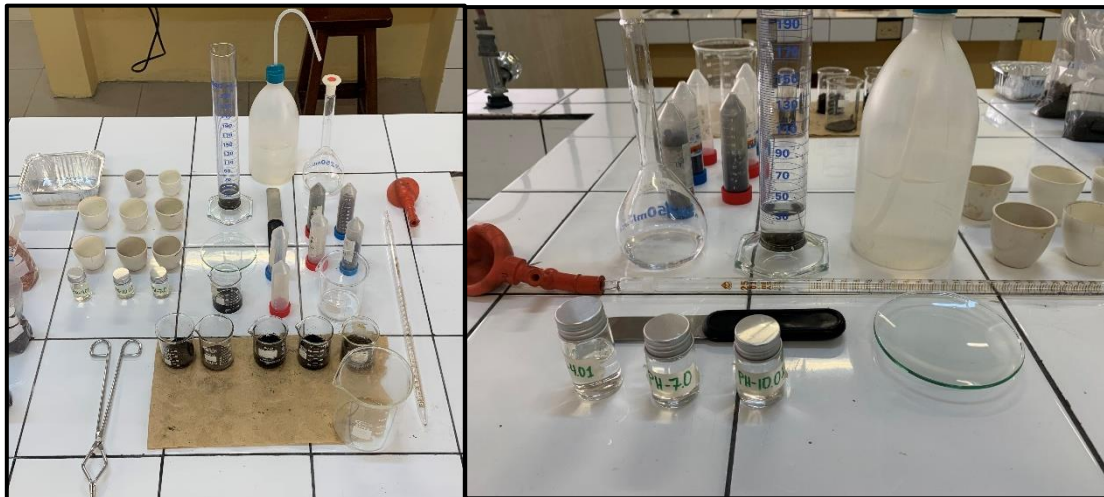
#### Anexo 4. Traslado de muestras al laboratorio



*Figura 23. Traslado de muestras al laboratorio.*

*Elaborado por: Autor*

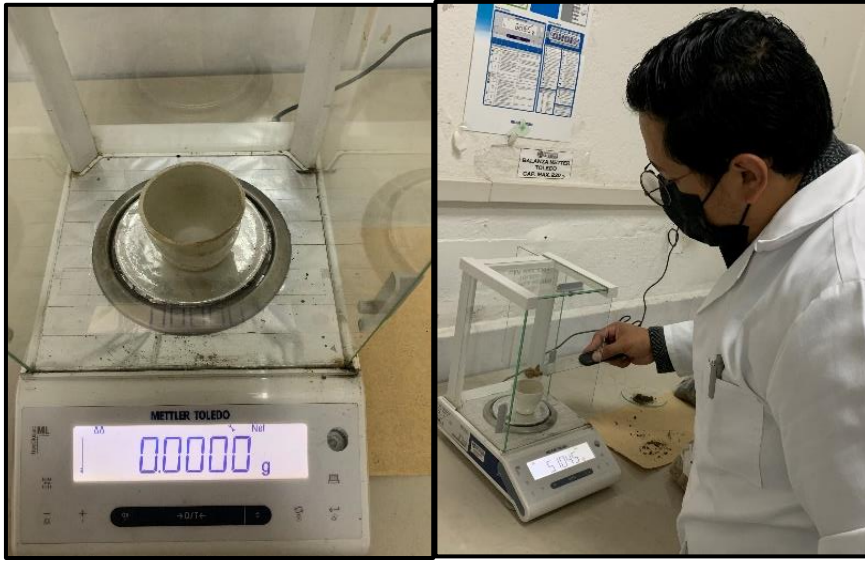
#### Anexo 5. Materiales de laboratorio.



*Figura 24. Materiales de laboratorio.*

*Elaborado por: Autor*

Anexo 6. Fases de laboratorio.



*Figura 25. Fase de laboratorio, tarar crisoles*

*Elaborado por: Autor*



*Figura 27. Ingreso de muestras a la mufla*

*Elaborado por: Autor*



*Figura 26. Ingreso muestras en desecador.*

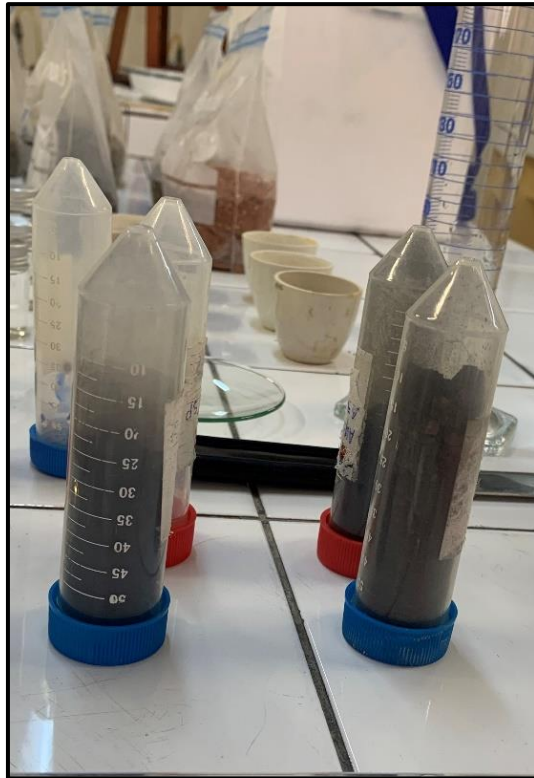
*Elaborado por: Autor*

## Anexo 7. Determinación para el potencial de hidrogeno pH



*Figura 29. Muestra de suelos para proceso de pesaje.*

*Elaborado por: Autor*



*Figura 28. Ingreso de muestras en tubo de ensayo.*

*Elaborado por: Autor*





*Figura 30. Ingreso de muestras en centrifugadora.*

*Elaborado por: Autor*



*Figura 31. Medición del pH en muestras de suelo.*

*Elaborado por: Autor*

Anexo 8. Indicador biológico del suelo



*Figura 32. Lombriz de tierra en suelo paramo.*

*Elaborado por: Autor*



*Figura 33. Lombriz de tierra en suelo Ganadería.*

*Elaborado por: Autor*



*Figura 34. Lombriz de tierra suelo Cultivo*

*Elaborado por: Autor*

Anexo 9. Determinación del pH de los distintos usos de suelo.

*Tabla 13. pH en los transectos analizados.*

***Potencial de hidrogeno - pH***

	<b><i>Paramo</i></b>	<b><i>Agricultura</i></b>	<b><i>Ganadería</i></b>
Muestra 1	5,36	5,31	6,53
Muestra 2	5,28	6,2	6,29
Muestra 3	5,19	6,22	5,63
Muestra 4	5,13	5,79	5,41

*Elaborado por: Autor*

Anexo 10. Valores de pH en suelo del Paramo

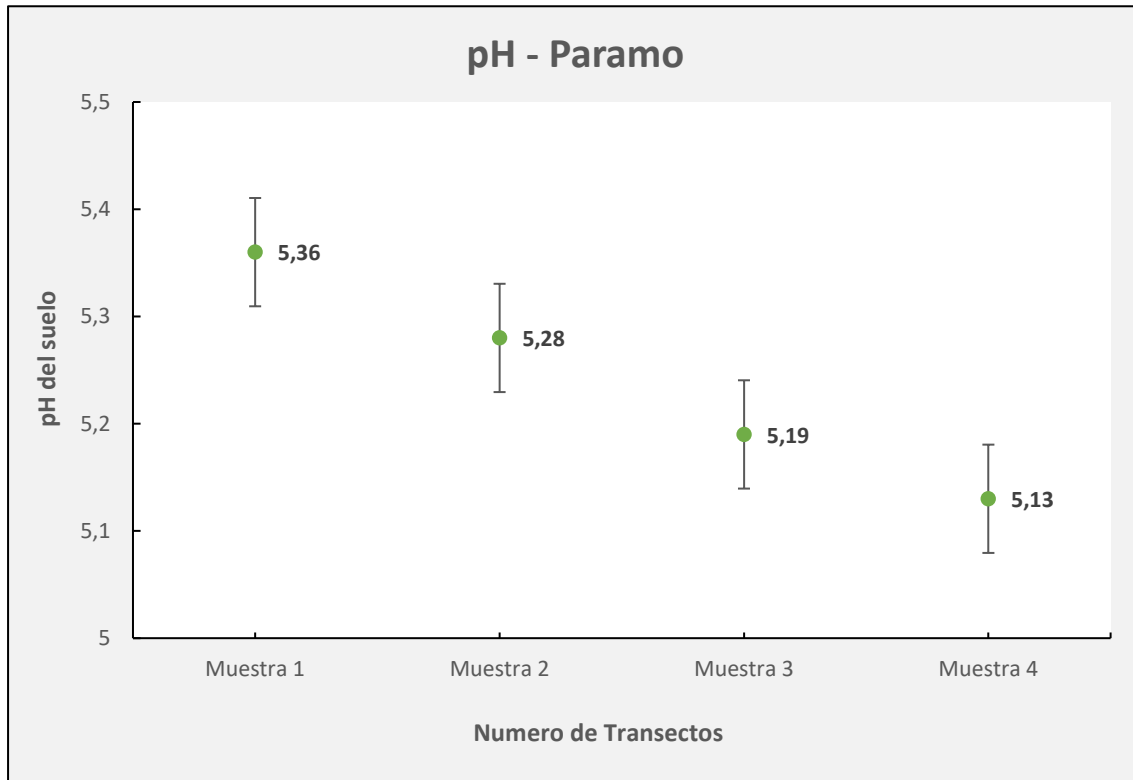


Figura 35. Determinación de pH – Paramo

Elaborado por: Autor

Anexo 11. Valores de pH en suelo “Ganadería”

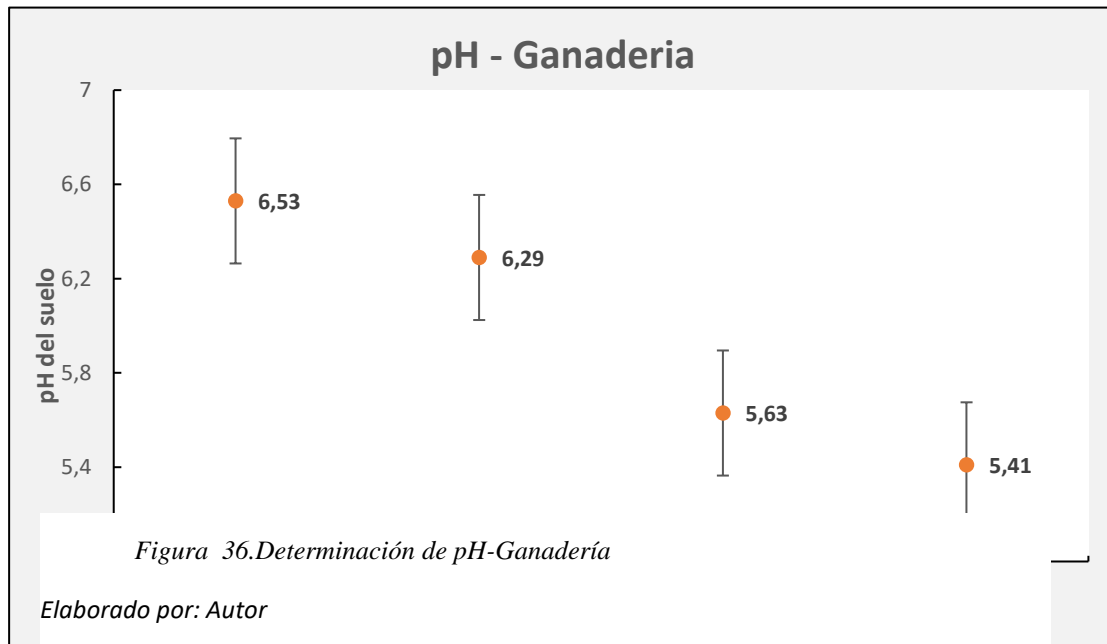


Figura 36. Determinación de pH-Ganadería

Elaborado por: Autor

Anexo 12. Valores de pH en suelo “Agricultura”

Anexo 13. Densidad aparente valores de porcentaje obtenidos

*Tabla 14. Concentración de material orgánico Paramo*

<b>Toma PARAMO</b>							
	P. inicial crisol	P muestra	Total	Total, final	peso Inicial	peso final	%MO
<i>MUESTRA 1</i>	34,86	2,56	37,4316	36,9101	2,5	2,0526	<b>24,72</b>
<i>MUESTRA 2</i>	38,82	2,51	41,3425	40,9632	2,5	2,1305	<b>17,81</b>
<i>MUESTRA 3</i>	39,51	2,58	42,1032	41,6758	2,5	2,1503	<b>19,98</b>
<i>MUESTRA 4</i>	42,66	2,54	45,218	44,8084	2,5	2,1304	<b>19,23</b>
					Promedios	<b>2,1160</b>	<b>20,44</b>

*Elaborado por: Autor*

Anexo 14. Densidad aparente valores de porcentaje obtenidos

*Tabla 15. Concentración de material orgánico Agricultura*

<b>Toma AGRICULTURA</b>						
	Peso muestra	crisol muestra	final-crisol	muestra final	%MO	%MO*Crisol
<i>Muestra 1</i>	2,5159	27,7818	26,146	0,881	185,57	<b>6,26</b>
<i>Muestra 2</i>	2,5058	27,6129	26,25322	1,145	118,85	<b>5,18</b>
<i>Muestra 3</i>	2,513	41,337	39,9865	1,3505	86,08	<b>3,38</b>
<i>Muestra 4</i>	2,5031	38,2269	36,5914	1,6355	53,05	<b>4,47</b>
				Promedio	<b>110,89</b>	<b>4,82</b>

*Elaborado por: Autor*

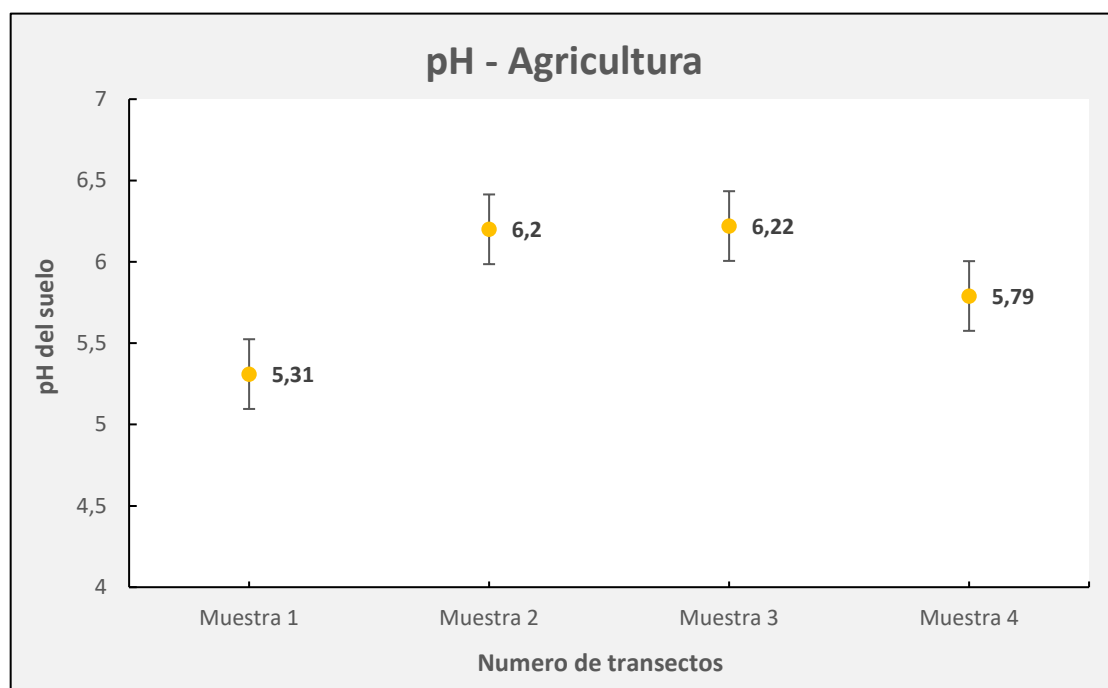


Figura 37. Determinación de pH – Agricultura

Elaborado por: Autor

Anexo 15. Densidad aparente valores de porcentaje obtenidos

Tabla 16. Concentración de material orgánico Ganadería

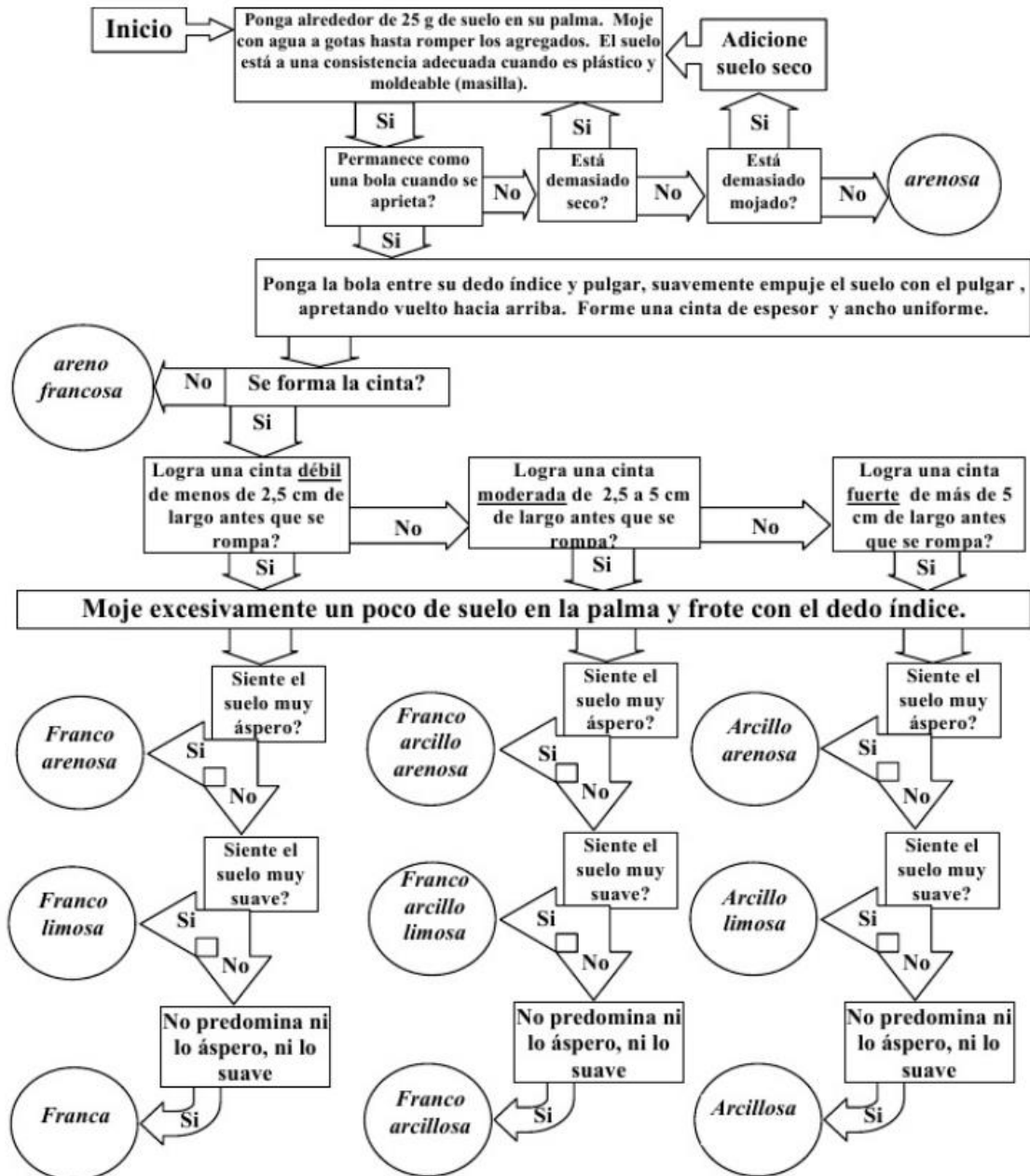
**Toma GANADERA**

	P inicial Crisol	P muestra	total	peso final		%MO
<b>Muestra 1</b>	34,9944	2,5703	37,5647	35,8173	<b>0,8219</b>	<b>4,88</b>
<b>Muestra 2</b>	34,8664	2,5231	37,3895	35,5586	<b>0,6904</b>	<b>5,15</b>
<b>Muestra 3</b>	42,6682	2,5234	45,1916	43,4074	<b>0,7415</b>	<b>4,11</b>
<b>Muestra 4</b>	39,5221	2,5176	42,0397	40,2485	<b>0,8079</b>	<b>4,45</b>
				Promedio	<b>0,765425</b>	<b>4,65</b>

Elaborado por: Autor

Anexo 16. Guía para determinar manualmente la textura de los suelos

Tabla 17. Guía determinación de textura de suelos.



Fuente: (Angella & Salgado, 2018)

Anexo 17. Triángulo de textura, valores porcentuales en los usos de suelos

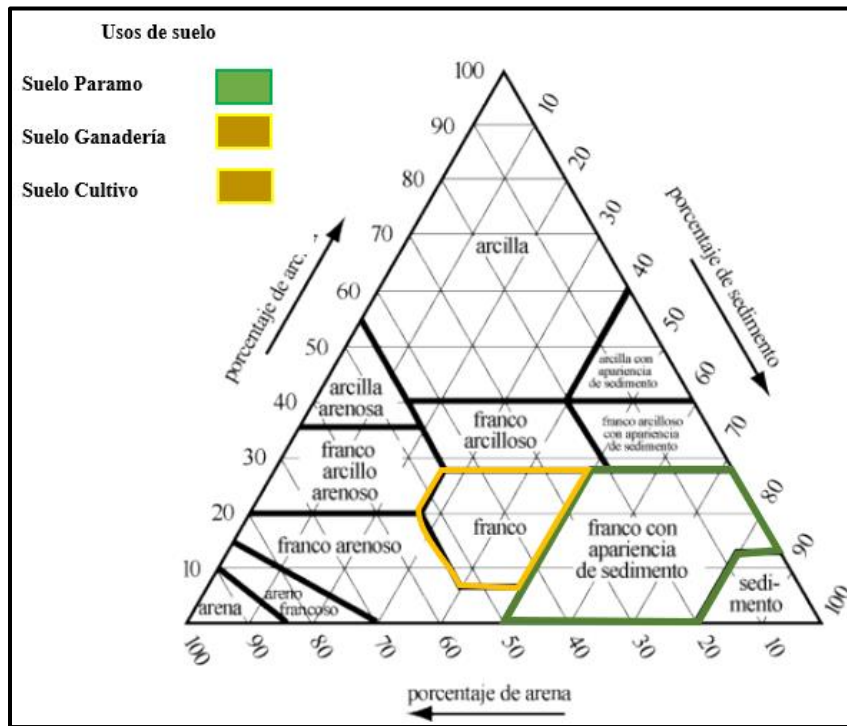


Figura 38. Selección porcentual de los usos de suelo

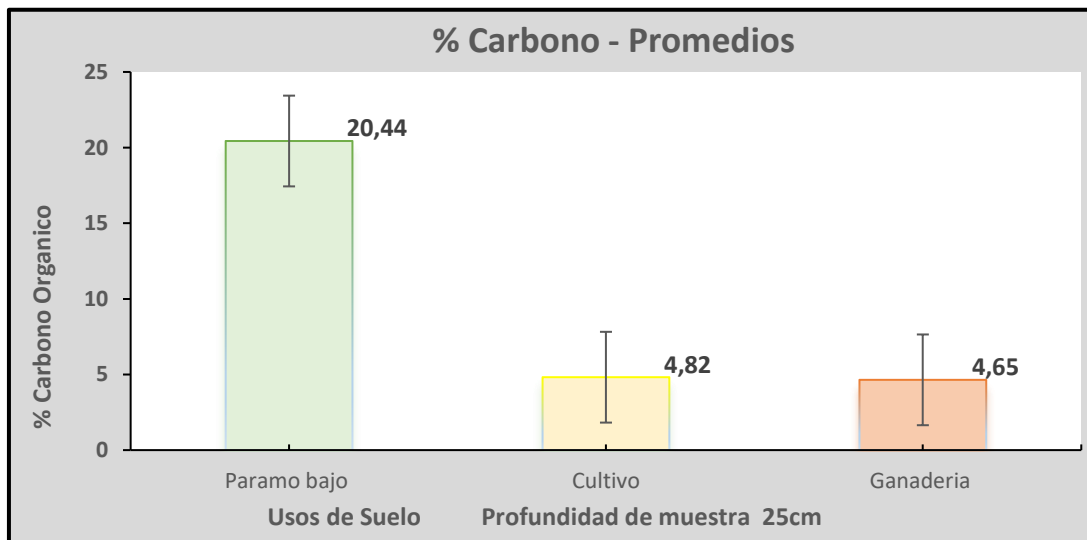


Figura 39. Medias totales de carbono orgánico en usos de suelo.

Elaborado por: Autor