



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y SERVICIOS
AMBIENTALES EN ZONAS INTERVENIDAS Y NO INTERVENIDAS EN CUATRO
LOCALIDADES DEL CANTÓN CAYAMBE.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: IVETH LETICIA ESPINOSA CHILIGUANO

TUTOR: EDWIN FABIÁN BERSOSA VACA

Quito – Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Iveth Leticia Espinosa Chiliguano con documento de identificación No. 1752505725
manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o
parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Iveth Leticia Espinosa Chiliguano
1752505725

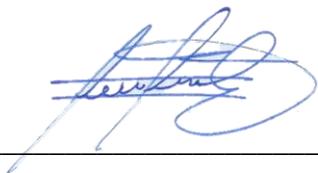
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Iveth Leticia Espinosa Chiliguano con documento No. 1752505725, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Evaluación de concentración de carbono orgánico y servicios ambientales en zonas intervenidas y no intervenidas en cuatro localidades del cantón Cayambe, 2024.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Iveth Leticia Espinosa Chiliguano
1752505725

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Fabián Bersosa Vaca con documento de identificación No. 1709204141, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y SERVICIOS AMBIENTALES EN ZONAS INTERVENIDAS Y NO INTERVENIDAS EN CUATRO LOCALIDADES DEL CANTÓN CAYAMBE, 2024.**, realizado por Iveth Leticia Espinosa Chiliguano con documento de identificación No. 1752505725, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Dr. Edwin Fabián Bersosa Vaca, M.Sc
1709204141

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, William y Edith, quienes con su cariño y sacrificios invaluable han podido brindarme su apoyo para poder alcanzar mis metas y sueños. A ustedes, por ser la fuente principal de inspiración y enseñanza de esfuerzo, constancia y paciencia.

A mis maestros y mentores, quienes compartieron su conocimiento y vivencias, guiándome en el camino de la dedicación y perseverancia. Por los buenos momentos de confianza y apoyo. Agradezco su influencia en mi desarrollo académico.

A mis amigos y seres queridos, que han estado durante este camino, brindándome ánimo y comprensión, por todos los buenos momentos en los que compartieron conmigo, por hacerme sentir capaz de lograr todo lo que me propongo. Sus palabras y consejos han sido un impulso necesario para superar desafíos en esta parte de mi vida.

Finalmente, puedo dedicar este trabajo a todos aquellos que creen en el poder del conocimiento. Que este pequeño aporte sea significado de mi gratitud y compromiso con el aprendizaje continuo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los señores y señoras; Viviana, Carlos, Consuelo, Bárbara, Hilda, Mercedes, María y Nelcy, quienes fueron parte de este proyecto, principalmente por el apoyo y confianza al permitirme entrar a sus hogares y parcelas en las que pude realizar las investigaciones necesarias para el rendimiento de este trabajo.

Al Ingeniero Fabián Bersosa, por ser mi tutor y guía en mi trabajo de titulación. A la Ingeniera Graciela Alba, por prestarme de su tiempo y apoyo en la realización de este proyecto.

A todas las personas de la comunidad de Pesillo en Cayambe, que me brindaron de su tiempo para recolectar información necesaria en el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que me acompañaron y apoyaron de la mejor manera posible en mis salidas de campo y laboratorio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Problema.....	1
1.2	Delimitación.....	3
1.3	Puntos de Muestreo	4
1.3.1	Zona 1.....	5
1.3.2	Zona 2.....	7
1.3.3	Zona 3.....	9
1.3.4	Zona 4.....	11
1.4	Pregunta de Investigación	13
1.5	Objetivos	14
1.5.1	Objetivo General	14
1.5.2	Objetivo Específico	14
1.6	Hipótesis.....	14
1.6.1	Hipótesis Nula.....	14
1.6.2	Hipótesis Alternativa.....	14
2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	15
2.1	Suelo.....	15
2.2	Carbono Orgánico del Suelo	16
2.3	Servicios Ambientales del Suelo.....	17
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1	Tipo de Investigación	20
3.1.1	Diseño.....	20
3.1.2	Diseño Estadístico	20
3.2	Población y Muestra.....	21
3.3	VARIABLES	23
3.3.1	VARIABLES INDEPENDIENTES	23
3.3.2	VARIABLES DEPENDIENTES	23
3.4	Protocolos.....	23
3.4.1	Metodología	23
3.4.2	Determinación de pH y Conductividad eléctrica	26
3.4.3	Determinación de Densidad Aparente, Humedad gravimétrica y porosidad	26

3.4.4	Determinación del porcentaje de Materia Orgánica del suelo	28
3.4.5	Determinación del Carbono Orgánico del Suelo.....	29
3.4.6	Determinación de la Textura del suelo	29
4.	RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	31
4.1	Resultados de las variables analizadas	31
4.1.1	pH.....	32
4.1.2	Conductividad eléctrica.....	35
4.1.3	Densidad Aparente	37
4.1.4	Humedad Gravimétrica	39
4.1.5	Porosidad.....	42
4.1.6	Materia orgánica.....	44
4.1.7	Carbono orgánico	46
4.1.8	Textura.....	49
4.2	Resultado Encuestas.....	50
4.2.1	Pregunta 1. Género.....	50
4.2.2	Pregunta 2. Edad	51
4.2.3	Pregunta 3. Nivel Instructivo	51
4.2.4	Pregunta 4. ¿Cómo mencionaría su grado de conocimiento en cuanto a los servicios ambientales del suelo?.....	52
4.2.5	Pregunta 5. A su criterio ¿Cuál es la influencia de los servicios ambientales del suelo en la salud de los ecosistemas?	53
4.2.6	Pregunta 6. ¿Cree usted que, prácticas agrícolas llamadas sostenibles, son necesarias para conservar los servicios ambientales?	54
4.2.7	Pregunta 7. ¿Cuál cree usted, que es la fuente principal de la contaminación del suelo en su comunidad?.....	55
4.2.8	Pregunta 8. ¿Qué importancia le daría a la conciencia comunitaria sobre los servicios ambientales del suelo?.....	56
4.2.9	Pregunta 9. ¿Participa usted, en programas de preservación del suelo en su comunidad?	57
4.2.10	Pregunta 10. ¿Cómo valora el impacto del cambio climático en los servicios ambientales del suelo que tiene su comunidad?.....	58
4.2.11	Pregunta 11. ¿Qué clase de técnicas cree usted que serían más importantes para mejorar en el cuidado de los servicios ambientales del suelo?.....	59
4.2.12	Pregunta 12. ¿Cuáles cree usted que son los servicios ambientales del suelo que existen en su comunidad?.....	60

5.	Conclusiones y Recomendaciones	62
5.1	Conclusiones	62
5.2	Recomendaciones.....	63
6.	Bibliografía	64
7.	Anexos	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Coordenadas de los puntos de muestreo</i>	4
Tabla 2. <i>Clasificación de Servicios Ambientales</i>	19
Tabla 3. <i>Tratamientos y Repeticiones en el diseño estadístico</i>	21
Tabla 4. <i>Materiales en Fase de Campo</i>	24
Tabla 5. <i>Materiales y equipos en fase de laboratorio</i>	25
Tabla 6. <i>Metodología en la fase de laboratorio para cada variable</i>	26
Tabla 7. <i>Resultados de variables analizadas</i>	31
Tabla 8. <i>Análisis de varianza ANOVA para la variable pH</i>	32
Tabla 9. <i>Prueba de Tukey para la variable pH de Tratamientos</i>	33
Tabla 10. <i>Análisis de varianza ANOVA para la variable conductividad eléctrica</i>	35
Tabla 11. <i>Prueba de Tukey para la variable conductividad eléctrica de Tratamientos</i> ...	36
Tabla 12. <i>Análisis de varianza ANOVA para la variable densidad aparente</i>	37
Tabla 13. <i>Prueba de Tukey para la variable densidad aparente de Tratamientos</i>	38
Tabla 14. <i>Análisis de varianza ANOVA para la variable humedad gravimétrica</i>	39
Tabla 15. <i>Prueba de Tukey para la variable humedad gravimétrica de Tratamientos</i>	40
Tabla 16. <i>Análisis de varianza ANOVA para la variable porosidad</i>	42
Tabla 17. <i>Prueba de Tukey para la porosidad de Tratamientos</i>	43
Tabla 18. <i>Análisis de varianza ANOVA para la variable materia orgánica</i>	44
Tabla 19. <i>Prueba de Tukey para materia orgánica de Tratamientos</i>	45
Tabla 20. <i>Análisis de varianza ANOVA para la variable carbono orgánico</i>	46
Tabla 21. <i>Prueba de Tukey para carbono orgánico de Tratamientos</i>	47
Tabla 22. <i>Porcentaje de arena, arcilla y limo en determinación de textura</i>	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Delimitación de la comunidad de Pesillo</i>	3
Figura 2. <i>Puntos recolección de muestras</i>	5
Figura 3. <i>Punto 1 Bosque Nativo</i>	6
Figura 4. <i>Punto 1 sembrío de avena y ganadería.</i>	6
Figura 5. <i>Punto 1 sembrío de hortalizas.</i>	7
Figura 6. <i>Punto 2 Bosque Nativo.</i>	8
Figura 7. <i>Punto 2 sembrío de avena y ganadería.</i>	8
Figura 8. <i>Punto 2 sembrío de hortalizas.</i>	9
Figura 9. <i>Punto 3 Bosque Nativo.</i>	10
Figura 10. <i>Punto 3 sembrío de avena y ganadería.</i>	10
Figura 11. <i>Punto 3 del muestreo en sembrío de hortalizas.</i>	11
Figura 12. <i>Punto 4 del muestreo en Bosque Nativo.</i>	12
Figura 13. <i>Punto 4 del muestreo en sembrío de avena y ganadería.</i>	12
Figura 14. <i>Punto 4 del muestreo en sembrío de hortalizas.</i>	13
Figura 15. <i>Ubicación de viviendas dónde se aplicó la encuesta.</i>	22
Figura 16. <i>Valores pH</i>	34
Figura 17. <i>Valores Conductividad eléctrica</i>	36
Figura 18. <i>Valores Densidad Aparente</i>	38
Figura 19. <i>Valores Humedad gravimétrica</i>	41
Figura 20. <i>Valores Porosidad</i>	43
Figura 21. <i>Valores Materia orgánica</i>	45
Figura 22. <i>Valores Carbono orgánico</i>	48
Figura 23. <i>Valores de respuesta en Pregunta 1 de encuesta</i>	50
Figura 24. <i>Valores de respuesta en Pregunta 2 de encuesta</i>	51
Figura 25. <i>Valores de respuesta en Pregunta 3 de encuesta</i>	52
Figura 26. <i>Valores de respuesta en Pregunta 4 de encuesta</i>	53
Figura 27. <i>Valores de respuesta en Pregunta 5 de encuesta</i>	54
Figura 28. <i>Valores de respuesta en Pregunta 6 de encuesta</i>	55
Figura 29. <i>Valores de respuesta en Pregunta 7 de encuesta</i>	56
Figura 30. <i>Valores de respuesta en Pregunta 8 de encuesta</i>	57
Figura 31. <i>Valores de respuesta en Pregunta 9 de encuesta</i>	58

Figura 32. <i>Valores de respuesta en Pregunta 10 de encuesta</i>	59
Figura 33. <i>Valores de respuesta en Pregunta 11 de encuesta</i>	60
Figura 34. <i>Valores de respuesta Pregunta 12 de encuesta</i>	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	<i>Recolección de Muestras con Barreno</i>	67
Anexo 2.	<i>Recolección de Muestras con Anillo</i>	67
Anexo 3.	<i>Zona no intervenida y zona intervenida de la comunidad de Pesillo</i>	67
Anexo 4.	<i>Materiales de laboratorio</i>	68
Anexo 5.	<i>Equipos de laboratorio</i>	68
Anexo 6.	<i>Aplicación de Encuestas</i>	68
Anexo 7.	<i>Encuesta aplicada</i>	69

RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal objetivo determinar la COS (concentración de carbono orgánico del suelo) y servicios ambientales en dos zonas intervenidas y una zona no intervenida, mediante análisis físico-químicos, y la evaluación de la repercusión de actividades antrópicas sobre el porcentaje de COS (carbono orgánico del suelo), en cuatro localidades de la comunidad de Pesillo, cantón Cayambe.

Este trabajo fue desarrollado experimentalmente, con el método de barreno y cilindro, para ello se obtuvo 24 muestras compuestas cada una de 15 submuestras homogenizadas, con la finalidad de llevarlas a laboratorio para un análisis de parámetros físico-químicos, como son; pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, humedad gravimétrica, porosidad, materia orgánica, carbono orgánico del suelo y textura.

Se determinó que tanto los suelos intervenidos y suelos no intervenidos tienen valores estadísticos significativamente similares, es decir, que la captación de carbono orgánico en el suelo no está definida por la técnica o actividad que se realice en el mismo. Sin embargo, se pudo observar que el valor de concentración de carbono orgánico de zona no intervenida es más bajo a comparación de los valores de concentración zonas intervenidas por actividades antrópicas.

Mediante encuestas a la población, se identificó que el 40,63% de la comunidad cree que la importancia de los servicios ambientales del suelo es moderada, y el 71.88% de población dice que generación de alimentos y biomasa, base de actividades humanas, reserva de biodiversidad, filtración y contención de agua, son servicios ambientales que brinda el suelo a su comunidad.

Palabras clave: Carbono orgánico, servicios ambientales del suelo, suelo intervenido, suelo no intervenido.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the SOC (soil organic carbon concentration) and environmental services in two intervened areas and one non-intervened area, through physical-chemical analysis, and the evaluation of the impact of anthropogenic activities on the percentage of SOC (soil organic carbon), in four locations in the community of Pesillo, Cayambe canton.

This work was developed experimentally, with the drill and cylinder method, for which 24 samples were obtained, each composed of 15 homogenized subsamples, with the purpose of taking them to the laboratory for an analysis of physical-chemical parameters, such as; pH, electrical conductivity, bulk density, gravimetric humidity, porosity, organic matter, soil organic carbon and texture.

It was determined that both the intervened soils and non-intervened soils have significantly similar statistical values, that is, that the uptake of organic carbon in the soil is not defined by the technique or activity carried out on it. However, it could be observed that the organic carbon concentration value of the unintervened area is lower compared to the concentration values of areas intervened by anthropogenic activities.

Through population surveys, it was identified that 40.63% of the community believes that the importance of soil environmental services is moderate, and 71.88% of the population says that food and biomass generation, base of human activities, reserve biodiversity, water filtration and containment, are environmental services that the soil provides to its community.

Keywords: Organic carbon, soil environmental services, intervened soil, unintervened soil.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

El suelo es un componente importante en el sistema climático y un gran almacenador de carbono orgánico en la naturaleza, por lo cual está ligado a la fijación o captación de los (GEI) gases de efecto invernadero, contribuyendo en la desertificación de tierra y la disminución de biodiversidad, teniendo así más carbono contenido en el suelo que la vegetación y la flora en conjunto (Burbano H et al., 2018).

El carbono orgánico del suelo (COS), compuesto que se queda atrapado en el suelo mediante el proceso metabólico de la fotosíntesis en la vegetación existente y material orgánico muerto, un compuesto presente en un fragmento del ciclo del carbono, el cual nos ayuda con el diagnóstico para la calidad del suelo (Clara et al., 2017).

En cuanto a la materia orgánica en el suelo (MOS), entendemos que varía con el tiempo y es influenciada por las practicas antrópicas como la labranza y por la cantidad de residuos orgánicos que llegan e ingresan al suelo, es decir, que en suelos intervenidos por el manejo agrícola se cambia la calidad y repartición de la MOS a comparación de los suelos no intervenidos. En la superficie se encuentra mayor cantidad de MOS debido a la presencia de residuos vegetales y fauna, por ende, a mayor profundidad la MOS disminuirá mostrando una estratificación natural que se puede ver alterada por el uso de suelo (Salazar et al., 2020).

En el Ecuador se presentan suelos con mayor contenido de COS en localidades de mayor altitud, con climas de temperaturas bajas y franjas húmedas de la Sierra. Posee mayor cantidad

de COS debido a la actividad de microorganismos, una alta mineralización de materia orgánica y suelos de origen volcánico (Loayza et al., 2020).

En los ecosistemas, los suelos presentan destacadas funciones o servicios ambientales como son; la producción de biomasa y alimentos, el medio donde se realiza ciclos bioquímicos, el almacenamiento o captura del carbono, filtración del agua, también considerada la fuente de materias primas, como la reserva de la biodiversidad, soporte del patrimonio geológico y arqueológico, como también un medio físico y cultural de la humanidad. Enlistando los servicios ambientales en un enfoque de importancia del suelo, el cual además de brindar la producción de alimento, también beneficia a la población, llegando a ser un “bien social” (Burbano, 2016).

En los suelos de la comunidad Pesillo, de la parroquia de Olmedo en el cantón Cayambe, se realizan diferentes actividades como son; la ganadería, la agricultura, pastizales o pajonales naturales, y la protección de bosque nativo para la comunidad, estas actividades sumadas con los servicios ambientales que brinda el uso de suelo, son importante para la comunidad de Pesillo.

En la comunidad el 58% de la población está ligada a la ganadería y agricultura como fuente principal de actividad económica, el 70% de este valor son cultivos de pasto o avena utilizados en la alimentación del ganado, 29.44% se dedica a la agricultura convencional y el 0.56% a la agricultura tradicional (GADIPMC, 2020)

Es por ello que el presente trabajo de investigación se realizó con el fin de poder determinar el grado de afectación que tienen las diferentes actividades antrópicas que se realizan en zona intervenida y no intervenida de la comunidad, con el uso de suelo. Así como también valorizar los servicios ambientales que brinda el suelo hacia la comunidad.

1.2 Delimitación

La presente investigación se realizó en la comunidad de Pesillo, que está ubicada dentro de la provincia de Pichincha, en la parroquia rural de Olmedo en el cantón Cayambe, conformada por 6 772 habitantes, quienes bordean el nevado Cayambe, entre el cerro Cusín y Sarahurco, con el nacimiento del río Pimampiro y el curso del río San José. Se encuentra en altitudes de 2800 msnm a 4200 msnm máximos, en una superficie de 397.26 km², delimitado por: (GADIPMC, 2020).

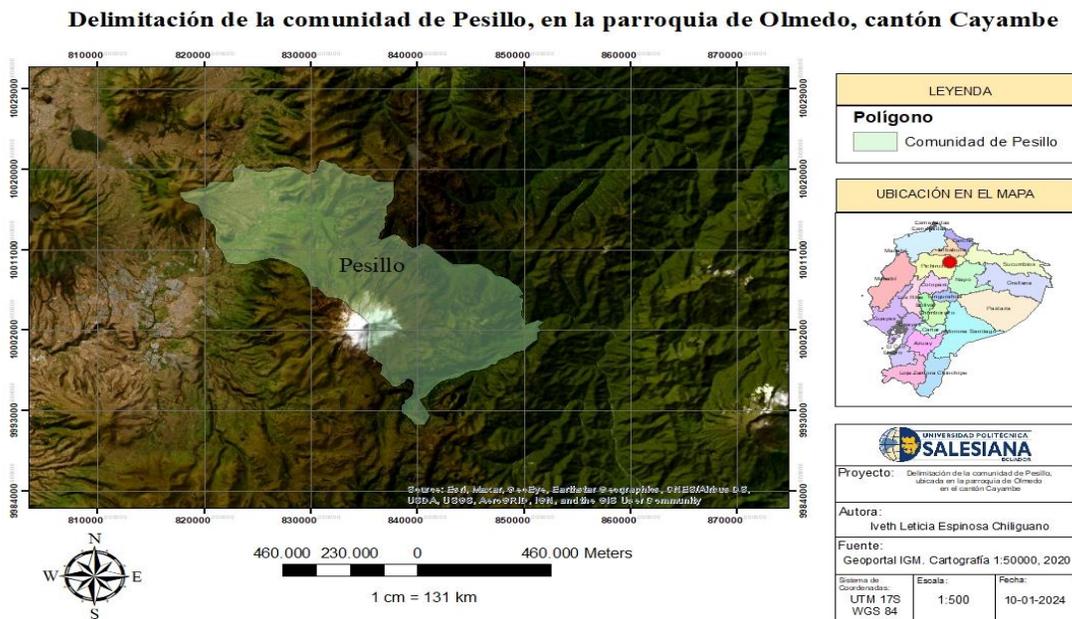
Al Norte: Comunidad Zuleta (Imbabura, Ibarra, Angochagua)

Al Sur: Cabecera parroquial de Olmedo

Al Este: Comunidad La Chimba (Pichincha, Cayambe, Olmedo)

Al Oeste: Comunidad de San Pablo Urcu

Figura 1.
Delimitación de la comunidad de Pesillo



Nota: Mapa en donde se delimita la comunidad de Pesillo, ubicada en la parroquia de Olmedo, en el cantón Cayambe, en la provincia de Pichincha.

1.3 Puntos de Muestreo

Para la selección de puntos de muestreo de ganadería y cultivos, se clasificó por zonas en el área urbana de la comunidad de Pesillo, para tener una mayor incidencia en los resultados, se ubicaron cuatro puntos de zona no intervenida y 8 puntos de zona intervenida, Anexo 3.

Tabla 1.

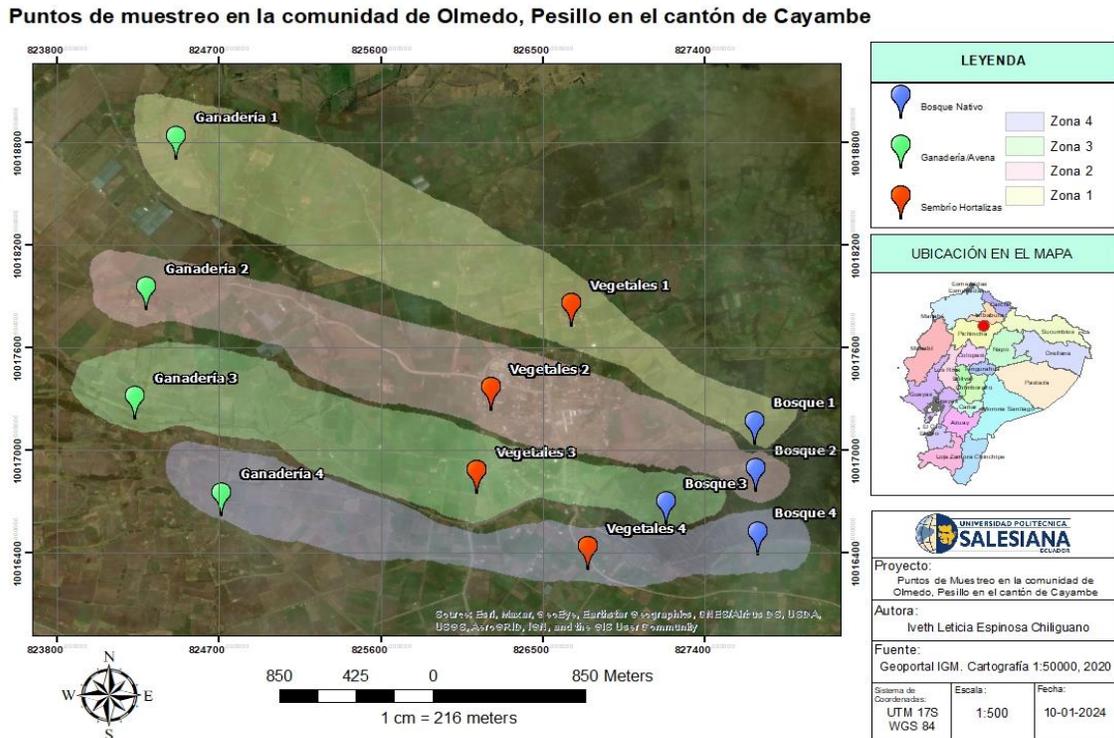
Coordenadas de los puntos de muestreo

Tratamiento	Coordenada "X"	Coordenada "Y"	Elevación
Bosque Nativo (B1)	827671.00	17133.00	3248 m
Ganado/Sembrío de Avena (G1)	824454.00	18804.00	3089 m
Sembrío de Hortalizas (H1)	826653.00	17823.00	3196 m
Bosque Nativo (B2)	827676.00	16856.00	3338 m
Ganado/Sembrío de Avena (G2)	824290.00	17920.00	3162 m
Sembrío de Hortalizas (H2)	826206.00	17331.00	3137 m
Bosque Nativo (B3)	827181.00	16663.00	3314 m
Ganado/Sembrío de Avena (G3)	824225.00	17280.00	3152 m
Sembrío de Hortalizas (H3)	826128.00	16845.00	3125 m
Bosque Nativo (B4)	827689.00	16487.00	3221 m
Ganado/Sembrío de Avena (G4)	824710.00	16716.00	3137 m
Sembrío de Hortalizas (H4)	826744.00	16398.00	3161 m

Nota: En la tabla se muestran las coordenadas X, Y, y la elevación, para cada uno de los puntos de muestreo. Elaborado por la Autora, 2024.

Figura 2.

Puntos recolección de muestras



Nota: Ubicación de los puntos de muestreo en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la autora, 2024.

1.3.1 Zona 1

1.3.1.1 *Bosque Nativo (B1)*

En esta zona de bosque nativo, a partir de la revisión bibliográfica de especies, consta de vegetación como; Sacha-Capuli (*Valleasti pularis*), Paja (*Stipaicchu*), Chilca (*Braccharis latifolia*), Pasto milín (*Bromos catarticus*), Diente de león (*Taraxacum officinales*) (GADIPMC, 2020).

Figura 3.

Punto 1 Bosque Nativo



Nota: Punto 1, Bosque nativo, zona no intervenida. Elaborado por la autora, 2024

1.3.1.2 Ganadería (G1)

En esta zona de ganadería, se encontró ganado vacuno, 10 individuos (*Bos taurus*), con presencia de cultivo de avena (*Avena sativa*) que es utilizado como alimento para el ganado. Información obtenida por la dueña de la parcela.

Figura 4.

Punto 1 sembrío de avena y ganadería.



Nota: Punto1, sembrío de avena y ganadería, zona intervenida. Elaborado por la autora, 2024.

1.3.1.3 Sembrío de Hortalizas (H1)

En esta zona de sembrío de hortalizas se encontró especies como; col (*Brassica oleracea* var. *capitata*), remolacha (*Beta vulgaris*), zanahoria (*Daucus carota*), cebolla blanca (*Allium cepa*), cebolla larga (*Allium fistulosum*), rábano (*Raphanus sativus*), lechuga (*Lactuca sativa*) y perejil (*Petroselinum crispum*). Información obtenida por la dueña de la parcela.

Figura 5.

Punto 1 sembrío de hortalizas.



Nota: Punto 1, sembrío de hortalizas, zona intervenida. Elaborado por la Autora, 2024.

1.3.2 Zona 2

1.3.2.1 Bosque Nativo (B2)

En esta zona de bosque nativo, a partir de la revisión bibliográfica de especies, consta de vegetación como; Sacha-Capuli (*Valleasti pularis*), Paja (*Stipaicchu*), Chilca (*Braccharis latifolia*), Pasto milín (*Bromos catarticus*), Diente de león (*Taraxacum officinales*), Verbena (*Verbena litoralis*), Chilca negra (*Fouerreroya andina*) (GADIPMC, 2020).

Figura 6.

Punto 2 Bosque Nativo.



Nota: Punto 2, Bosque nativo, zona no intervenida. Elaborado por la autora, 2024

1.3.2.2 Ganadería (G2)

En esta zona de ganadería, se encontró ganado vacuno, 18 individuos (*Bos taurus*), con presencia de cultivo de avena (*Avena sativa*) utilizado como alimento para el ganado. Información generada por la dueña de la parcela.

Figura 7.

Punto 2 sembrío de avena y ganadería.



Nota: Punto 2, sembrío de avena y ganadería, zona intervenida. Elaborado por la autora, 2024

1.3.2.3 Sembrío de Hortalizas (H2)

En esta zona de sembrío de hortalizas se encontró especies como; remolacha (*Beta vulgaris*), zanahoria (*Daucus carota*), cebolla blanca (*Allium cepa*), cebolla larga (*Allium fistulosum*), lechuga (*Lactuca sativa*), rábano (*Raphanus sativus*), perejil (*Petroselinum crispum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), espinaca (*Spinacia oleracea*), maíz (*Zea mays*). Información obtenida por la dueña de la parcela.

Figura 8.

Punto 2 sembrío de hortalizas.



Nota: Punto 2, sembrío de hortalizas, zona intervenida. Elaborado por la autora, 2024.

1.3.3 Zona 3

1.3.3.1 Bosque Nativo (B3)

En esta zona de bosque nativo, a partir de la revisión bibliográfica de especies, consta de vegetación como; Sacha-Capuli (*Valleasti pularis*), Paja (*Stipaichu*), Chilca (*Braccharis latifolia*), Pasto milín (*Bromos catarticus*), Diente de león (*Taraxacum officinales*) (GADIPMC, 2020).

Figura 9.

Punto 3 Bosque Nativo.



Nota: Punto 3, Bosque nativo, zona no intervenida. Elaborado por la autora, 2024

1.3.3.2 Ganadería (G3)

En esta zona de ganadería, se encontró ganado vacuno; 3 individuos (*Bos taurus*), ganado porcino; 7 individuos (*Sus scrofa domesticus*) y ganado ovino, 20 individuos (*Ovis orientalis aries*), con presencia de cultivo de avena (*Avena sativa*) utilizado para la alimentación del ganado. Información generada por el presidente de la comunidad de Pesillo.

Figura 10.

Punto 3 sembrío de avena y ganadería.



Nota: Punto 3, sembrío de avena y ganadería, zona intervenida. Elaborado por la autora, 2024

1.3.3.3 Sembrío de Hortalizas (H3)

En esta zona de sembrío de hortalizas se encontró especies como; zanahoria (*Daucus carota*), cebolla larga (*Allium fistulosum*), cebolla blanca (*Allium cepa*), lechuga (*Lactuca sativa*), cilantro (*Coriandrum sativum*), espinaca (*Spinacia oleracea*), maíz (*Zea mays*),. Información generada por el dueño de la parcela.

Figura 11.

Punto 3 del muestreo en sembrío de hortalizas.



Nota: Punto 3, sembrío de hortalizas, zona intervenida. Elaborado por la autora, 2024.

1.3.4 Zona 4

1.3.4.1 Bosque Nativo (B4)

En esta zona de bosque nativo, a partir de la revisión bibliográfica de especies, consta de vegetación como; Sacha-Capuli (*Valleesti pularis*), Paja (*Stipaicchu*), Chilca (*Braccharis latifolia*), Pasto milín (*Bromos catarticus*), Diente de león (*Taraxacum oficinales*), Verbena (*Verbena litoralis*), Chilca negra (*Fouerreroya andina*) (GADIPMC, 2020).

Figura 12.

Punto 4 del muestreo en Bosque Nativo.



Nota: Punto 4, Bosque nativo, zona no intervenida. Elaborado por la autora, 2024

1.3.4.2 Ganadería (G4)

En esta zona de ganadería, se encontró ganado vacuno, 6 individuos (*Bos taurus*), con presencia de cultivo de avena (*Avena sativa*) utilizado como alimento para el ganado. Información generada por los dueños de la parcela.

Figura 13.

Punto 4 del muestreo en sembrío de avena y ganadería.



Nota: Punto 4, sembrío de avena y ganadería, zona intervenida. Elaborado por la autora, 2024.

1.3.4.3 Sembrío de Hortalizas (H4)

En esta zona de sembrío de hortalizas se encontró especies como; cebolla larga (*Allium fistulosum*), cebolla blanca (*Allium cepa*), lechuga (*Lactuca sativa*), cilantro (*Coriandrum sativum*), rábano (*Raphanus sativus*), perejil (*Petroselinum crispum*), espinaca (*Spinacia oleracea*), maíz (*Zea mays*). Información generada por la dueña de la parcela.

Figura 14.

Punto 4 del muestreo en sembrío de hortalizas.



Nota: Punto 4, sembrío de hortalizas, zona intervenida. Elaborado por la Autora, 2024.

1.4 Pregunta de Investigación

- ¿Las actividades antrópicas (zonas intervenidas) influyen en el incremento de niveles de Carbono orgánico (COS) en comparación a zona no intervenida, en los suelos de la comunidad de Pesillo, parroquia Olmedo en el cantón Cayambe?
- ¿Los servicios ambientales que brinda el uso de suelo, tiene algún valor para los habitantes de la comunidad de Pesillo, parroquia Olmedo en el cantón Cayambe?

1.5 *Objetivos*

1.5.1 **Objetivo General**

- Determinar la COS (concentración de carbono orgánico del suelo) y servicios ambientales en dos zonas intervenidas y una zona no intervenida, mediante análisis físico-químicos, y la evaluación de la repercusión de actividades antrópicas sobre el porcentaje de COS (carbono orgánico del suelo), en cuatro localidades de la comunidad de Pesillo, cantón Cayambe.

1.5.2 **Objetivo Específico**

- Identificar el uso del suelo, a través de encuestas aplicadas a los moradores de la comunidad de Pesillo, para la determinación de repercusión en la COS (cantidad de carbono orgánico del suelo).
- Establecer el grado de afectación de carbono orgánico del suelo en dos zonas intervenidas y una zona no intervenida, mediante análisis físico-químico del suelo.
- Reconocer los servicios ambientales del suelo que existen en las zonas de estudio, por medio de análisis de resultados y encuestas aplicadas a la población.

1.6 *Hipótesis*

1.6.1 **Hipótesis Nula**

Las concentraciones del COS (carbono orgánico del suelo) intervenido por actividades antrópicas son similares a las concentraciones del suelo no intervenido, en de la comunidad de Pesillo.

1.6.2 **Hipótesis Alternativa**

Las concentraciones del COS (carbono orgánico del suelo) intervenido por actividades antrópicas no son similares a las concentraciones del suelo no intervenido, en de la comunidad de Pesillo.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 *Suelo*

El suelo un recurso limitado y no renovable con variedad de servicios ambientales brindados hacia la humanidad, el principal, la participación importante de los ciclos bioquímicos de elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo y más, como base de vida en ecosistemas, que ayudados de la energía disponible logran pasar de sistemas vivos a componentes no vivos en el planeta. Así como también el suelo es la base natural en la que podemos producir alimento y materias primas necesarias para la población mundial (Burbano, 2016).

Sin embargo, el suelo, al ser un componente fundamental en el equilibrio de ecosistemas y base fundamental para la producción de alimentos para la población, se ve afectado continuamente por el asentamiento humano que la mayoría de veces termina destruyendo este componente, por falta de conocimiento o aprovechamiento a gran escala de los servicios que nos brinda el suelo, es así como llega a intervenir el ser humano de manera negativa con actividades antrópicas, como puede ser; la labranza, sobrepastoreo, monocultivos, etc. Estas actividades llegan a degradar el suelo.

En el Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS) del cantón Cayambe, menciona una tendencia de expansión urbana por sobre las áreas actualmente productivas, llegando a un desplazamiento hacia tierras más altas, actualmente en el territorio del cantón Cayambe, siendo este el 100%, tenemos zonas intervenidas con un 37,75% y un 62% de zonas no intervenidas, a este último dato se le contribuye la zona de la Reserva Ecológica Cayambe Coca. Es decir, que la expansión de zonas intervenidas se tiende a desarrollar tierras arriba, llegando a límites muy

cercanos del Parque Nacional Cayambe Coca, lo cual hace evidente la negativa productiva como ambiental (GADIPMC, 2022).

El espacio natural se puede definir como la unión de ecosistemas naturales, ya sea una zona que se ha preservado sin la introducción de la mano del hombre, así como también las zonas que fueron modificadas de su estado natural, es decir, zonas intervenidas por actividades antrópicas que no siempre son llevadas a cabo con responsabilidad (Becerra y Bravo, 2008).

2.2 *Carbono Orgánico del Suelo*

El Carbón orgánico del suelo (COS) es carbono que se persevera en el suelo durante décadas o inclusive milenios luego de la descomposición parcial de los materiales orgánicos que son producidos por organismos vivos, este compuesto puede perderse en forma de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) liberándose a la atmósfera, parte del ciclo del carbono. El COS es un indicador de calidad de suelo, así como indicador de degradación, es decir, entre mayor cantidad de COS mejora la calidad del suelo (Loayza, 2020).

El COS puede llegar a ser liberado a la atmósfera por un mal manejo en prácticas agrícolas del suelo como; labranza excesiva, sobrepastoreo, riego, compactación, pérdida en cobertura vegetal, sobreexposición de fertilizantes y pesticidas, monocultivos, contribuyendo en el incremento de emisiones de GEI, entonces, al ser el suelo un sumidero importante de carbono orgánico, las prácticas de manejo del suelo deben ser mejoradas o explicadas a las personas que trabajan con el mismo. Algunas de estas prácticas sostenibles son; fertilización, aumento de cobertura orgánica, riego controlado y eficiente, disminución de labranza, siembra de cultivos considerando su aptitud, para una significativa reducción de los efectos que logra el cambio climático.

En el Ecuador la mayor cantidad de COS se encuentra en suelos de origen volcánico, con variaciones de temperatura entre los 0 a 10 °C, con alta humedad relativa y humedad propia acumulada, esto se debe a la mayor actividad de los microorganismos presentes condicionada por los factores ya mencionados, permiten una disminución en la mineralización de materia orgánica, entonces, al ser Cayambe un cantón ubicado en el litoral de Ecuador, es más importante preservar prácticas sostenibles que nos ayuden en la captación de carbono orgánico en los suelos de las parcelas del cantón.

Cuando se incorpora la agricultura a los suelos con sistemas intensivos de cultivo, se denota una pérdida de carbono orgánico en intervalos de 30 a 50% en comparación a su nivel actual, es decir, suelos que tienden a mantener cultivos convencionales son causantes de liberaciones de GEI hacia la atmósfera.

2.3 Servicios Ambientales del Suelo

El valor que se da a un servicio ambiental viene ligado de la moral, juicio y percepción que el individuo pueda dar en una escala de la importancia que tiene cada uno de los servicios ambientales (Penna y Cristeche, 2008)

Los servicios ambientales para el cantón Cayambe tienen una amplia variabilidad, sin embargo, no se logra valorizar, ni mucho menos, valorizar económicamente estos bienes o servicios.

En 2014 se mencionó que los servicios ambientales para aquellos ecosistemas en el cantón de Cayambe brindados a la población son de; protección de las fuentes de agua, la protección forestal, bioconocimiento, soberanía alimentaria, protección a los ecosistemas

considerados frágiles, turismo, pero no existe una profundización en el tema, en la actualización de PDOT del cantón Cayambe, no se logra visualizar que exista una sección para los servicios ambientales del cantón.

La valoración de servicios ambientales e inclusive la valoración de recurso en los servicios ambientales del cantón Cayambe, al ser nula, es un punto importante al que debemos enfocarnos y mencionar que en teoría existe varios servicios ambientales que brinda a la población, como; recolección y almacenamiento de carbono, aprovechamiento de madera, abastecimiento de agua de riego, uso de suelo en producción de leche, preservación de biodiversidad, belleza escénica, patrimonio geológico y arqueológico, entre otras (Arellano K, 2022).

Tabla 2.*Clasificación de Servicios Ambientales*

Servicio	Definición
Generación de alimentos y biomasa	Base y suministro de nutrientes necesarios para la producción de alimentos y biomasa. El suelo al ser encargado del 95% de la producción alimentaria, tiende a tener problemas de degradación.
Ciclos bio-químicos	El suelo es escenario primordial para el desarrollo de los ciclos de fósforo, nitrógeno, azufre, carbono, entre otros. Ciclos que son importantes y vitales para los sistemas vivos en el planeta.
Filtración y contenedor de agua	El suelo es capaz de infiltrar y almacenar agua parte del ciclo hídrico, ayudando a la separación de contaminantes, para la preservación de un recurso vital en los organismos vivos, logrando así la regulación de humedad y temperatura, lo cual puede intervenir en la mejora de calidad de aire.
Almacenamiento de Carbono orgánico	El suelo es el almacenador de carbono, debido a que impide que el CO ₂ captado vuelva a la atmósfera, deteniendo el aumento de nivel de gases de efecto invernadero en la atmósfera.
Base de actividades humanas y reserva de biodiversidad	La importancia del suelo al ser una base fundamental, tanto para el ser humano, como para biodiversidad, brinda el desarrollo de cada uno de ellos en su totalidad, como uso de suelo para el asentamiento de viviendas, así como la preservación de biodiversidad.

Nota: Tabla de los servicios ambientales del suelo y su definición. Fuente (Burbano, 2016)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 *Tipo de Investigación*

3.1.1 **Diseño**

Para el área de estudio, se utilizó la metodología de investigación descriptiva, acorde a una exhaustiva delimitación y descripción detallada de cada uno de los lugares en donde se realizó el estudio del proyecto para suelos intervenidos y suelos no intervenidos, con el fin de conocer las concentraciones de carbono orgánico del suelo (COS) y poder realizar una comparación, en la comunidad de Pesillo. También considerado una investigación descriptiva por la aplicación de encuestas a los habitantes de la comunidad, para recopilar información del estado actual de conocimiento y valoración en cuanto a servicios ambientales, que interpreta la población (De Gavilánez Luna, 2021).

3.1.2 **Diseño Estadístico**

Se empleó el método estadístico de Análisis de Varianza (ADEVA), para determinación de diferencias significativas en los resultados que se obtuvieron por medio de parámetros físico-químicos de cada una de las actividades en suelos intervenidos y de suelos no intervenidos. Se acompañó con la aplicación del Diseño Experimental de Bloques Aleatorios (DBCA), para los tres Tratamientos, en los cuales se extrajeron cuatro Repeticiones de cada uno de los Tratamientos, tomando 15 submuestras con barreno y 15 submuestras con cilindros, respectivamente, teniendo un total de 12 muestras compuestas, que fueron homogenizadas.

Tabla 3.

Tratamientos y Repeticiones en el diseño estadístico

Tratamientos Repeticiones	Bosque Nativo	Ganadería/ Sembrío de Avena	Sembrío de Hortalizas
R1	B1	G1	H1
R2	B2	G2	H2
R3	B3	G3	H3
R4	B4	G4	H4

NOTA: Tratamientos por sectores y repeticiones. Elaborado por la autora, 2024.

3.2 Población y Muestra

Para el estudio de la importancia o valorización de servicios ambientales en la comunidad de Pesillo, cantón Cayambe, se realizó la aplicación de encuestas con 20 preguntas, Anexo 6. En la comunidad habitan 6 772 personas, de las cuales 146 son socios dueños de parcelas, información que se obtuvo mediante el CENSO de 2010.

Se aplicó un formato de encuesta, Anexo 7, conformada por preguntas de datos personales y preguntas cerradas para recopilar información acerca del conocimiento y valor que pueden llegar a tener los servicios ambientales en la comunidad de Olmedo, Pesillo. Para ello se tomó el tamaño de población de 146 personas, que son socios dueños de parcelas. Se determinó la muestra, aplicando la fórmula:

$$\text{Tamaño de Muestra} = \frac{\frac{z^2 * p * (1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p * (1 - p)}{e^2 * N}\right)}$$

Dónde:

N: tamaño de población

E: margen error

z: puntuación z

p: nivel de confianza

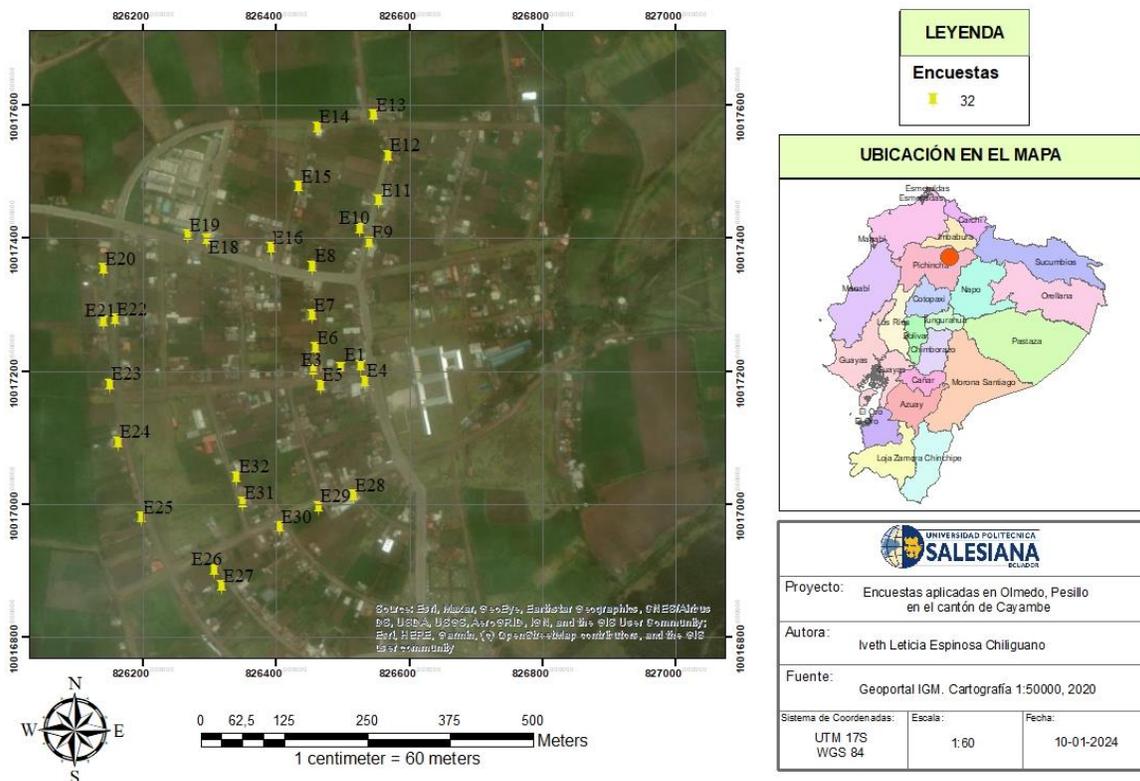
Con el cálculo del tamaño de la muestra, se pudo determinar el número de encuestas ha aplicar en la comunidad de Pesillo, con la aplicación de un nivel del 80% de confianza, un margen de error de 8% y una puntuación z de 1,8 (SurveyMonkey,2018).

$$\text{Tamaño de Muestra} = \frac{1,28^2 * 0,8 * (1 - 0,8)}{0,08^2} = \frac{1,28^2 * 0,8 * (1 - 0,8)}{1 + \left(\frac{1,28^2 * 0,8 * (1 - 0,8)}{0,08^2 * 146}\right)}$$

$$\text{Tamaño de Muestra} = 31,9863 \approx 32 \text{ encuestas}$$

Figura 15.

Ubicación de viviendas dónde se aplicó la encuesta.



Nota: Mapa encuestas empleadas en la comunidad de Olmedo, Pesillo. Elaborado por la autora, 2024.

3.3 Variables

Para la investigación se analizan variables dependientes e independientes, clasificándolas en:

3.3.1 Variables independientes

- pH
- Conductividad eléctrica
- Densidad aparente
- Textura
- Porcentaje de Materia Orgánica

3.3.2 Variables Dependientes

- Porcentaje de Porosidad
- Porcentaje de Humedad gravimétrica
- Porcentaje de Carbono orgánico

3.4 Protocolos

En la investigación del presente proyecto, se delimitó puntos y sitios en la comunidad de Pesillo. Esta delimitación incluye zonas de suelo intervenido; zonas destinadas a la producción de hortalizas orgánicas, sembrío de avena para la alimentación del ganado presente en la misma zona, y zona de suelo no intervenido, como es el Bosque Nativo de Pesillo. Para cada punto de muestreo se tomó 15 submuestras con barreno que se homogenizó y se obtiene una muestra compuesta y 15 submuestras con cilindros que se homogenizó y se obtiene una muestra compuesta, respectivamente, Es decir que al final del muestreo de suelo se obtuvo 360 submuestras o un total de 24 muestras compuestas.

3.4.1 Metodología

3.4.1.1 Fase de Campo

Tabla 4.*Materiales en Fase de Campo*

Materiales	Equipos
Pala	GPS
Azadón	
Barreno	
Balde 5 galones	
Anillo para muestreo	
Funda ziploc	
Espátula	
Guantes	
Cooler	
Flexómetro	
Combo	
Etiquetas	
Estilete	

Nota: Materiales usados en la fase de Campo. Elaborado por la Autora, 2024.

Las muestras fueron tomadas en una zona de suelo no intervenido y dos zonas de suelo intervenido, Anexo 3. La zona en suelo no intervenido comprende al bosque nativo de la comunidad de Pesillo, mientras que las zonas de suelo intervenido, podemos encontrar, el sembrío de avena junto con la cría de ganado, y una zona de producción de hortalizas orgánicas.

En cada zona de muestreo con método de barreno, Anexo 1, se removió la capa superficial del suelo, entre 3 y 5 cm, en un área de 30x30 cm con la ayuda de un azadón y pala, se tomó el barreno de 40 cm, y se procedió a introducirlo de manera vertical en la mitad del área removida, para a continuación poder retirar la muestra de suelo y colocarla en el balde, esto se realizó en la parcela con el método de zigzag, se tomaron 15 submuestras para poder homogenizar en el balde y se procede a tamizar, con ello se obtiene 1kg de muestra compuesta que es pesada y colocada en la funda ziploc detallada con la descripción de la muestra (Agrocalidad, 2018).

Para la obtención de muestras con la ayuda de los anillos, Anexo 2, se removió la capa superficial del suelo, entre 2 y 3 cm, en un área de 30x30 cm con la ayuda d un azadón y pala, se introduce el anillo de 5cm de alto con la ayuda de un combo, se introduce verticalmente hasta llenar de suelo todo el anillo, con la ayuda de una espátula se retira toda la tierra de alrededor del anillo, hasta dejarlo libre, se introduce la espátula en el fondo del anillo para sacar de manera correcta la muestra, para más exactitud se toma el estilete y se iguala los bordes de cada lado del anillo, se toma 15 muestras con el método de zigzag en toda la parcela, todas las muestras se colocan en el balde y se pesa, se coloca la muestra en una funda ziploc y se la etiqueta con la descripción de la muestra (Agrocalidad., 2018).

3.4.1.2 Fase de laboratorio

Tabla 5.

Materiales y equipos en fase de laboratorio

Materiales	Equipos	Reactivos
Vaso de precipitación 400ml	Estufa	Agua destilada
Vaso de precipitación 300ml		
Crisol 100ml	Desecador	Exametafosfato de Sodio
Pinzas para crisol	Plancha de agitación	
Imán agitador	Balanza granataria	
Probeta 100ml	Balanza analítica	
Probeta 1000ml	Mufla	
Densímetro	pH-metro	
Varilla de agitación	Termómetro	
Vidrio reloj	Tamizador	
Espátula		
Guantes para calor		
Brocha		

Nota: Materiales, equipos y reactivos utilizados en fase de laboratorio. Elaborado por la Autora, 2024.

Tabla 6.*Metodología en la fase de laboratorio para cada variable*

Variable	Metodología	Fuente
pH	Potenciómetro	(Globe., 2005)
Conductividad eléctrica	Conductímetro	(Zapata., 2006)., 2022)
Densidad aparente	Cilindro metálico	(Rubio, A., 2010)
Textura	Bouyoucos	(Rodrigues et al., 2015)
Porcentaje de Materia Orgánica	Pérdida de peso por ignición	(Barrezueta et al., 2020)
Porcentaje de Porosidad	Gravimetría	(Fernández, D., López, M., 2018)
Porcentaje de Humedad Gravimétrica	Gravimetría	(Rodolfo, C., 2017)
Porcentaje de Carbono Orgánico	Volumetría	(Vela Correa et al., 2012)

Nota: Metodología a seguir en la fase de laboratorio para cada una de las variables a calcular.

3.4.2 Determinación de pH y Conductividad eléctrica

Para cada muestra por método de barreno (12 en total):

En la medición de pH y conductividad, se tomó 40 gramos de muestra, se los coloca en el vaso de precipitación 300ml y se colocó 160ml de agua destila (relación 1:4), este vaso de precipitación se lo coloca en la plancha de agitación, se introduce en el vaso de precipitación un imán agitador, se enciende el equipo y se configura a 5 rpm en 15 min, al terminar el tiempo, se deja reposar la solución por 20 min para que la parte solida pueda precipitar, al pasar de este tiempo se introduce la sonda para el cálculo de pH y la sonda para cálculo de conductividad, se espera el tiempo de medición del equipo y se anota los valores (Zapata., 2006)

3.4.3 Determinación de Densidad Aparente, Humedad gravimétrica y porosidad

Para cada muestra con el método de anillos (12 en total):

Para la determinación de las tres variables se tomó el peso total de la muestra compuestas (15 submuestras) y se dividió ese valor para 15, el peso que nos resultó de la división lo anotaremos (peso de suelo húmedo) y colocaremos en un vaso de precipitación de 400 ml para poder llevarlo a secar en la estufa por 48h, previamente calentada a 105°C, después de pasado el tiempo se saca la muestra de la estufa y se la coloca en el desecador, hasta que se enfríe, aproximadamente 30 minutos, se lleva la muestra a pesar y se anota el valor, que sería el peso de suelo seco (Agrocalidad., 2018)

3.4.3.1 Densidad Aparente

Se empleó la siguiente fórmula para obtener el valor de densidad aparente (INEN., 2013).

$$Da = \frac{Mss (g)}{V (cm^3)}$$

Donde:

Mss: masa suelo seco

V: volumen del anillo

3.4.3.2 Porcentaje de humedad gravimétrica

Se empleó la siguiente fórmula para obtener el valor del porcentaje de humedad gravimétrica

(Rodolfo C., n.d.).

$$Hg\% = \left(\frac{Msh (g) - Mss (g)}{Mss (g)} \right) * 100$$

Donde:

Msh: Masa suelo húmedo

Mss: Masa suelo seco

3.4.4.3. Porcentaje de porosidad

Se empleó la siguiente fórmula para obtener el valor del porcentaje de porosidad (FAO., n.d.).

$$PT\% = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) * 100$$

Donde:

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad real (2,65 g/cm³)

3.4.4 Determinación del porcentaje de Materia Orgánica del suelo

Para cada muestra por método de barreno (12 en total):

Se tomó 15 gramos de la muestra compuesta y se los colocó en el crisol de porcelana 100ml, se lo colocó por 24h en la estufa, previamente calentada a 105°C, después de pasado el tiempo se saca la muestra de la estufa y se coloca en el desecador aproximadamente durante 30 min para que pueda enfriarse, se registra el peso (Peso de la muestra a 105°C), se la colocó en la mufla por 2h, mufla previamente calentada a 360°C, pasado el tiempo se colocó en el desecador aproximadamente durante 30 min para que pueda enfriarse, se colocó la muestra calcinada en la balanza, se anota el peso (Peso de la muestra a calcinada)(Martínez et al., 2017).

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$MO\% = \left(\frac{PS_{105} - PS_{cal}}{PS_{105}}\right) * 100$$

Donde:

PS₁₀₅: Peso de la muestra a 105°C en gramos

PS_{cal}: Peso de la muestra calcinada a 360° en gramos

3.4.5 Determinación del Carbono Orgánico del Suelo

Para la determinación del carbono orgánico del suelo se utilizó el factor de Van Benmelen, la suposición de la materia orgánica contiene 58% de carbono en relación (1/0,58=1.724) (Vela Correa et al., 2012)

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$COS\% = \left(\frac{MO\%}{1.724} \right)$$

Dónde:

MO%: porcentaje de materia orgánica

3.4.6 Determinación de la Textura del suelo

Para el cálculo de textura del suelo, se tomó 50 gramos de muestra seca y tamizada a 2mm, se colocó la muestra en un vaso de precipitación de 400ml, se adicionó agua destilada hasta cubrir $\frac{3}{4}$ partes del vaso de precipitación con muestra, se colocó 5 gramos de reactivo (hexametáfosfato de sodio), se introdujo un imán agitador y se llevó el vaso de precipitación a la plancha de agitación a 5 rpm en 15 min. Se colocó la solución en una probeta de 1000ml, se aforó la probeta con agua destilada, se agitó la solución en la probeta, se tomó el tiempo de 40 segundos y se tomó la primera lectura con el densímetro de Bouyoucos y adicional se tomó la temperatura, anotamos los valores, esperamos 2h y tomamos la segunda lectura con el densímetro de Bouyoucos y adicional se toma la temperatura, anotamos los valores (Rodrigues et al., 2015).

Para calcular los porcentajes de arena, arcilla y limo, se utilizó las siguientes fórmulas:

$$\%Arena\ Total = \left(\frac{Lectura\ corregida\ a\ los\ 40\ segundos * 100}{gramos\ de\ muestra\ seca} \right) - 100$$

$$\%Arcilla\ Total = \frac{Lectura\ corregida\ a\ las\ 2\ horas * 100}{gramos\ de\ la\ muestra\ seca}$$

$$\%Limos = 100 - (\% arena\ total + \%arcilla\ total)$$

Para la corrección de las lecturas se aplicó:

$$0,2 \frac{g}{l} \text{ se aumenta } 0,5^{\circ}C$$

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de las variables analizadas

A continuación, en la tabla 7, se observa cada uno de los valores analizados en laboratorio para cada variable; pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, % humedad gravimétrica, % porosidad, % materia orgánica y % carbono orgánico, con su respectivo tratamiento; bosque, ganadería y hortalizas, donde se identifican valores similares entre tratamientos, dándose a entender que no existe diferencias significativas en los resultados.

Tabla 7.

Resultados de variables analizadas

Tratamiento	Repeticiones	pH	Ce mS/cm	Da g/cm ³	%Humg	%Poros	%MO	%CO
B1	1	6,72	0,446	1,09	21,219	42,130	13,899	9,575
B2	2	6,68	0,125	0,98	15,675	42,130	13,701	9,411
B3	3	6,62	0,122	1,24	12,789	41,554	8,968	6,818
B4	4	5,89	0,445	1,03	10,783	42,130	7,312	5,563
G1	1	7,99	0,494	1,01	30,983	42,130	11,360	9,685
G2	2	7,92	0,319	0,82	57,861	43,280	19,570	14,780
G3	3	7,27	13,009	0,85	27,485	42,706	12,289	9,328
G4	4	7,6	0,416	1,22	25,769	41,554	11,982	9,097
H1	1	6,61	0,425	0,76	37,168	42,130	14,009	10,624
H2	2	6,72	0,218	0,8	35,729	41,554	14,863	11,266
H3	3	6,47	0,257	1,14	33,460	40,976	15,948	12,079
H4	4	6,48	0,383	0,83	46,376	42,130	17,002	12,867

Nota: Resultados de variables analizadas en el laboratorio. Elaborado por la Autora, 2024.

4.1.1 pH

Tabla 8.

Análisis de varianza ANOVA para la variable pH

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.15	5	0.83	13.64	0.0032
Tratamiento	3.68	2	1.84	30.23	0.0007
Repetición	0.47	3	0.16	2.58	0.1493
Error	0.36	6	0.06		
Total	4.51	11			

Nota: Resultado de ANOVA para variable pH en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En los resultados del ANOVA para la variable pH del suelo, se evidenció que existe diferencias significativas en los valores para los tratamientos, y para los valores de repeticiones no existe una diferencia significativa, es decir que, los tres tratamientos de estudio (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) estadísticamente son diferentes y para los valores de las cuatro repeticiones de cada uno de los tres tratamientos, no son diferentes estadísticamente.

El p-valor de tratamientos es menor a 0.05, entonces, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa diciendo que, las concentraciones de carbono orgánico del suelo intervenido no son similares a las concentraciones en suelo no intervenido.

Tabla 9.

Prueba de Tukey para la variable pH de Tratamientos

Error: 0.0608 gl:6

Tratamiento	Medidas	n	E.E.	
2	7.70	4	0.12	A
3	6.57	4	0.12	B
1	6.48	4	0.12	B

Nota: Prueba de Tukey para pH en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En medidas de Tukey se observó 2 rangos, es decir; para el tratamiento 2 en un rango A que corresponde a ganadería/sembrío de avena tiene un pH alcalino a comparación con los tratamientos 1 y 2 (bosque nativo y sembrío de hortalizas) en un rango B que tienen un pH ligeramente ácido y neutro.

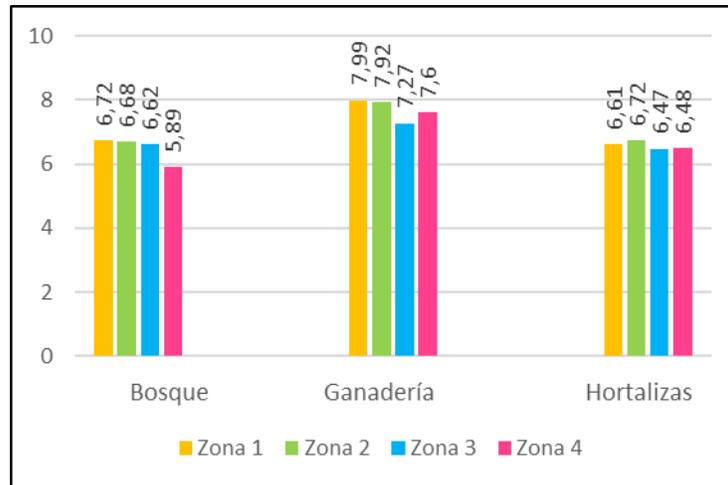
Los valores promedio que se tiene para cada tratamiento están en; bosque nativo (6.48), ganadería/sembrío de avena (7.7) y sembrío de hortalizas (6.57). Este parámetro considera suelos ligeramente ácidos, suelos alcalinos y suelos neutros, respectivamente, de acuerdo a la clasificación de pH según Osorio N (2012).

Para estos valores de pH en los tratamientos objeto de estudio, se puede decir que; el suelo del bosque nativo tiene una adecuada propiedad para la disposición de nutrientes necesarios en el crecimiento de plantas. El suelo de ganadería/sembrío de avena tiene una baja disposición de fósforo y micronutrientes, niveles altos de calcio y magnesio, y el sodio podría afectar. El suelo de sembrío de hortalizas tiene una disposición baja de fósforo y micronutrientes, niveles altos de calcio y magnesio según Osorio N (2012)

Esto quiere decir que la actividad antrópica de la ganadería/sembrío de avena tiende a ser más perjudicial en el uso de suelo a comparación de un sembrío de hortalizas o un bosque nativo.

Figura 16.

Valores pH



Nota: Comparación datos de pH de zona intervenida y no intervenida. Elaborado por la Autora, 2024.

En la investigación de Velásquez (2022) menciona que; los valores de pH para zonas no intervenidas están entre 4.5 y 5.5 representando suelos ácidos y muy ácidos, los valores de pH para zonas intervenidas están entre 5.5 a 8.21 representando suelos ligeramente ácidos y neutros, mientras que en la presente investigación los rangos para zona no intervenida es de 5.89 a 6.72, siendo valores ligeramente ácidos, esto se debe a la disposición de nutrientes que existe actualmente en la zona no intervenida de Pesillo, y en zona intervenida los rangos van de 6.48 a 7.99, valores de suelos alcalinos y neutros, en comparación al estudio anterior los rangos de valores son iguales para suelos neutros.

4.1.2 Conductividad eléctrica

Tabla 10.

Análisis de varianza ANOVA para la variable conductividad eléctrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66.19	5	13.24	0.98	0.4998
Tratamiento	28.29	2	14.14	1.04	0.4083
Repetición	37.90	3	12.63	0.93	0.4809
Error	81.30	6	13.55		
Total	147.49	11			

Nota: Resultado de ANOVA para variable conductividad eléctrica en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En los resultados del ANOVA para la variable Conductividad Eléctrica del suelo, se evidenció que para los tratamientos y repeticiones no existe una diferencia significativa, es decir que, los tres tratamientos de estudio (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) y sus repeticiones son iguales estadísticamente. Las cuatro zonas de objeto de estudio con valores promedios de 0.28 y 3.56 mS/cm corresponden a suelos no salinos según la clasificación de conductividad eléctrica de Cremona y Enríquez, 2020.

Entonces, se pudo observar que el p-valor de tratamientos es mayor a 0.05, menciona que rechazamos la hipótesis alternativa y aceptamos la hipótesis nula diciendo que, las concentraciones de carbono orgánico del suelo intervenido son similares a las concentraciones en suelo no intervenido.

Tabla 11.

Prueba de Tukey para la variable conductividad eléctrica de Tratamientos

Error: 13.5506 gl:6

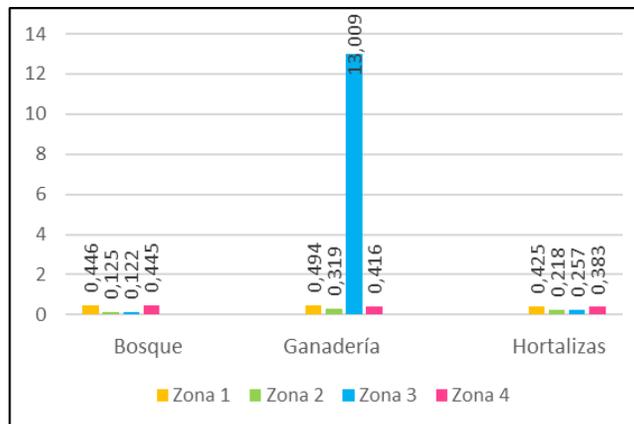
Tratamiento	Medidas	n	E.E.	
2	3.56	4	1.84	A
3	0.32	4	1.84	A
1	0,28	4	1.84	A

Nota: Prueba de Tukey para conductividad eléctrica en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En medidas de Tukey se observó 1 rango A, es decir; para los tratamientos 1,2,3 presentan medidas de 0.28, 0.32 y 3.56 mS/cm, medidas que entran en el rango de suelo no salino, esto quiere decir que el suelo muestreado en zona intervenida y no intervenida tiene alta disponibilidad de agua para que las plantas puedan desarrollarse en un ambiente adecuado, según Cremona y Enríquez, 2020.

Figura 17.

Valores Conductividad eléctrica



Nota: Comparación datos de conductividad eléctrica de zona intervenida y no intervenida. Elaborado por la Autora, 2024.

4.1.3 Densidad Aparente

Tabla 12.

Análisis de varianza ANOVA para la variable densidad aparente

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.16	5	0.03	1.22	0.4011
Tratamiento	0.08	2	0.04	1.59	0.2783
Repetición	0.08	3	0.03	0.97	0.4650
Error	0.15	6	0.03		
Total	0.31	11			

Nota: Resultado de ANOVA para variable densidad aparente en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En los resultados del ANOVA para la variable Densidad aparente del suelo, se evidenció que no existe diferencias significativas en los valores para los tratamientos y repeticiones, es decir que, los tres tratamientos de estudio (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) y sus repeticiones son iguales estadísticamente. Las cuatro zonas de objeto de estudio con rangos de valores de 0.76 y 1.24 g/cm³ correspondientes a suelos minerales, según la clasificación de Llambí et al., 2012.

El p-valor de tratamientos es mayor a 0.05, entonces, rechazamos la hipótesis alternativa y aceptamos la hipótesis nula diciendo que; las concentraciones de carbono orgánico del suelo intervenido son similares a las concentraciones en suelo no intervenido.

Tabla 13.

Prueba de Tukey para la variable densidad aparente de Tratamientos

Error: 0.0258 gl:6

Tratamiento	Medidas	n	E.E.	
1	1.09	4	0.88	A
2	0.98	4	0.88	A
3	0.88	4	0.88	A

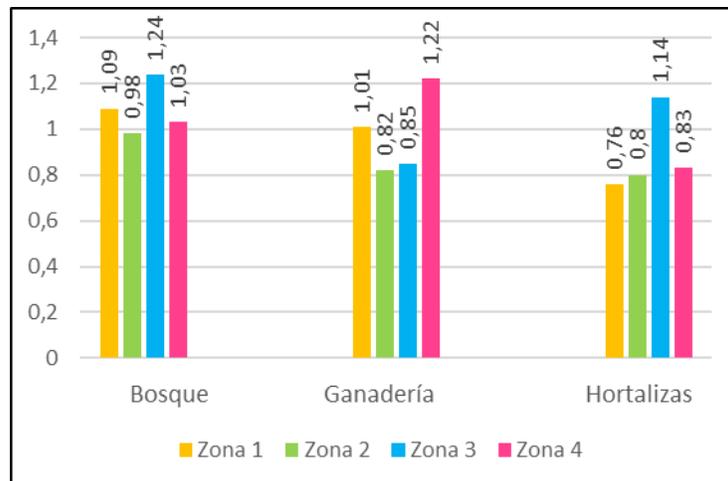
Nota: Prueba de Tukey para densidad aparente en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En medidas de Tukey se observó 1 rango A, es decir; para los tratamientos 1,2,3 presentan medidas de 1.09, 0.98 y 0.88 g/cm³, medidas que son comparables para suelos meteorizados, suelos con ganaderías intensivas y suelos de páramo, respectivamente, según la clasificación de Llambí et al., 2012.

Mientras menor sea el valor de la densidad aparente, mayor será el valor de materia orgánica que contiene el suelo.

Figura 18.

Valores Densidad Aparente



Nota: Comparación datos de densidad aparente de zona intervenida y no intervenida. Elaborado por la Autora, 2024.

En la investigación de Velásquez (2022) menciona que, los valores de densidad aparente para zonas no intervenidas están entre 0.11 a 0.12 g/cm³, y para zonas intervenidas están entre 0.47 a 0.66 g/cm³, mientras que en la presente investigación los valores en zonas no intervenidas van de 0.98 a 1.24 g/cm³, correspondientes a suelos meteorizados, para zonas intervenidas los valores van de 0.76 a 1.22 g/cm³, es decir que los datos obtenidos no están dentro de los rangos propuestos en la investigación de Velásquez, esto puede deberse a la clase de cultivos o tipo de ganadería que existe en cada zona.

4.1.4 Humedad Gravimétrica

Tabla 14.

Análisis de varianza ANOVA para la variable humedad gravimétrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1501.04	5	300.21	2.95	0.1102
Tratamiento	1274.17	2	637.09	6.26	0.0340
Repetición	226.87	3	75.62	0.74	0.5643
Error	610.71	6	101.799		
Total	2111.75	11			

Nota: Resultado de ANOVA para variable humedad gravimétrica en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En los resultados del ANOVA para la variable Humedad gravimétrica del suelo, se evidenció que existe diferencias significativas en los valores para los tratamientos, a comparación de los valores de repeticiones que no presentan diferencia significativa, es decir que, los tres tratamientos de estudio (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) son diferentes estadísticamente, mientras que las repeticiones de cada tratamiento son iguales estadísticamente. Los valores de humedad gravimétrica para los suelos objetos de estudio

se encuentran en los rangos de 10,78 y 57,86 % suelos que están cercanos a un nivel de humedad ideal para el crecimiento de plantas, según Shaxson y Barber (1995).

El p-valor de tratamientos es menor a 0.05, menciona que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa diciendo que, las concentraciones de carbono orgánico del suelo intervenido no son similares a las concentraciones en suelo no intervenido.

Tabla 15.

Prueba de Tukey para la variable humedad gravimétrica de Tratamientos

Error: 101.7855 gl:6

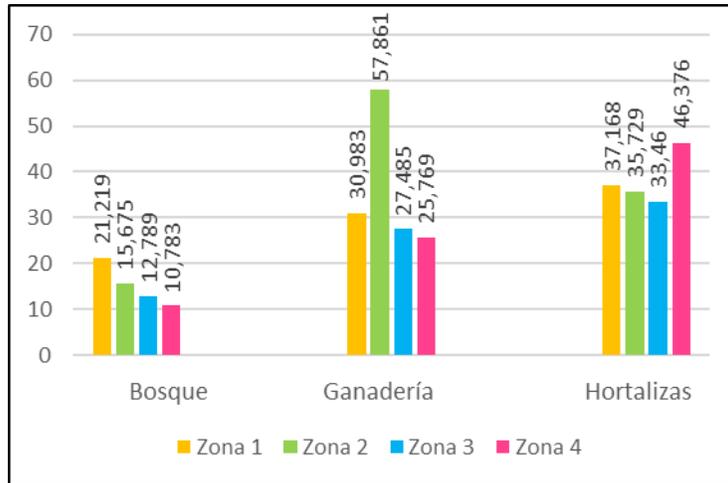
Tratamiento	Medidas	n	E.E.		
3	38.18	4	5.04	A	
2	35.52	4	5.04	A	B
1	15.12	4	5.04		B

Nota: Prueba de Tukey para humedad gravimétrica en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En medidas de Tukey se observó 3 rangos, entre tratamientos existe diferencias de valores, es decir; para el tratamiento 1 (bosque nativo) con rango B y medida promedio de 15,12% tenemos un suelo con baja humedad por ende el desarrollo de plantas será más lento, pero no nulo. Para el tratamiento 2 (ganadería/sembrío de avena) tenemos un rango AB y medida promedio de 35.52% para suelos con humedad ideal para el desarrollo de plantas. Y para el tratamiento 3 (sembrío de hortalizas) tenemos un rango B y medida promedio mayor a la de los demás tratamientos siendo 38,18% para suelos de humedad ideal para el desarrollo de plantas. En general son suelos con capacidad de retención de agua el cual es un parámetro importante en la calidad de suelo (Shaxson y Barber., 1995).

Figura 19.

Valores Humedad gravimétrica



Nota: Comparación datos de humedad gravimétrica de zona intervenida y no intervenida.
Elaborado por la Autora, 2024.

En la investigación de Velásquez (2022) menciona que, los valores de humedad gravimétrica para zonas no intervenidas están entre 22.95 a 25.66 % y en zonas intervenidas están entre 5.08 a 30.53%, mientras que en la presente investigación los valores en zonas no intervenidas van de 10.78 a 21.21 % y en zonas intervenidas los valores van de 25.76 a 57.86%, valores que en algunas zonas son similares en rangos de 25.76 a 30.53%, pero los valores restantes no se asemejan entre investigaciones.

4.1.5 Porosidad

Tabla 16.

Análisis de varianza ANOVA para la variable porosidad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.60	5	0.32	0.85	0.5619
Tratamiento	1.05	2	0.53	1.39	0.3191
Repetición	0.55	3	0.18	0.49	0.7032
Error	2.27	6	0.38		
Total	3.87	11			

Nota: Resultado de ANOVA para variable porosidad en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En los resultados del ANOVA para la variable Porosidad del suelo, se evidenció que no existe diferencias significativas en los valores de tratamientos y repeticiones, es decir que, los tres tratamientos de estudio (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) no son diferentes estadísticamente. Los valores de porosidad para los suelos objetos de estudio se encuentran en los rangos de 40.98 y 43.28% suelos que tienen una alta cantidad de porosidad representantes a suelos de páramo según la clasificación de Llambí et al., 2012.

El p-valor de tratamientos es mayor a 0.05, entonces, rechazamos la hipótesis alternativa y aceptamos la hipótesis nula diciendo que; las concentraciones de carbono orgánico del suelo intervenido son similares a las concentraciones en suelo no intervenido.

Tabla 17.

Prueba de Tukey para la porosidad de Tratamientos

Error: 0.3778 gl:6

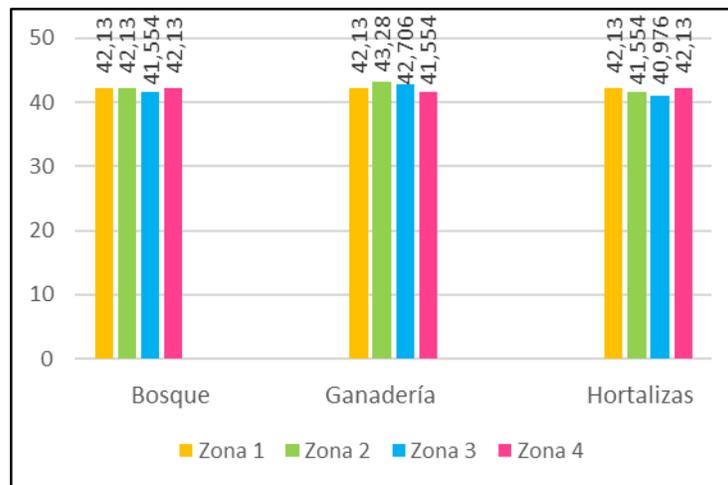
Tratamiento	Medidas	n	E.E.	
2	42.42	4	0.31	A
1	41.99	4	0.31	A
3	41.70	4	0.31	A

Nota: Prueba de Tukey para porosidad en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024

En medidas de Tukey se observó un rango A, es decir; para los tratamientos 1,2,3 (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) presentan medidas de 41.99, 42.42 y 41.70%, medidas que están en los rangos para suelos de porosidades altas e ideales para el almacenamiento de agua, según la clasificación de Llambí et al., 2012.

Figura 20.

Valores Porosidad



Nota: Comparación datos de porosidad de zona intervenida y no intervenida. Elaborado por la Autora, 2024.

En la investigación de Velásquez (2022) menciona que, los valores de porosidad para zonas no intervenidas están entre 95.12 a 95.73% y para zonas intervenidas se encuentran entre

74.78 a 82.11% muy diferentes a los datos de la presente investigación que en zona no intervenida presentó rangos entre 41.51 a 42.13% y para zona intervenida rangos entre 40.97 a 43.28%.

4.1.6 Materia orgánica

Tabla 18.

Análisis de varianza ANOVA para la variable materia orgánica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	70.50	5	14.10	1.57	0.2984
Tratamiento	41.16	2	20.58	2.29	0.1827
Repetición	29.34	3	9.78	1.09	0.4236
Error	54.00	6	9.00		
Total	124.50	11			

Nota: Resultado de ANOVA para materia orgánica en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En los resultados del ANOVA para la variable de Materia Orgánica, se evidenció que no existe diferencias significativas en los valores de tratamientos y repeticiones, es decir que, los tres tratamientos de estudio (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) no son diferentes estadísticamente. Los valores de materia orgánica para los suelos objetos de estudio se encuentran en los rangos de 7.31 y 19,57% suelos que tienen una alta cantidad de materia orgánica representantes a suelos de páramo según la clasificación de Llambí et al., 2012.

El p-valor de tratamientos es mayor a 0.05, menciona que rechazamos la hipótesis alternativa y aceptamos la hipótesis nula diciendo que, las concentraciones de carbono orgánico del suelo intervenido son similares a las concentraciones en suelo no intervenido.

Tabla 19.

Prueba de Tukey para materia orgánica de Tratamientos

Error: 8.9995 gl:6

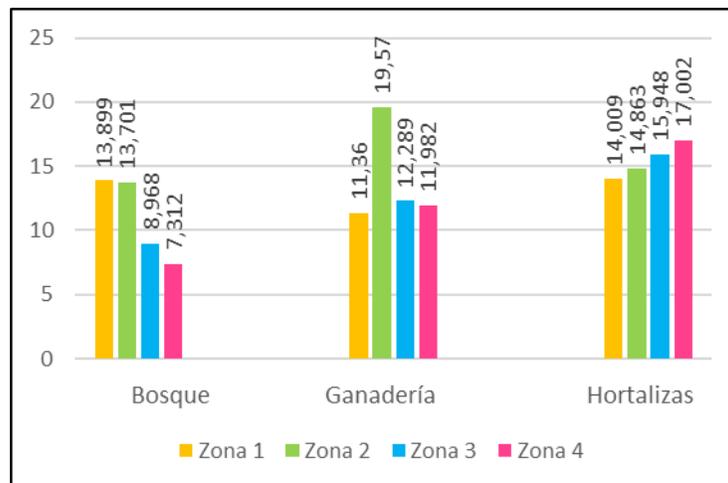
Tratamiento	Medidas	n	E.E.
3	15.46	4	1.50 A
2	13.80	4	1.50 A
1	10.97	4	1.50 A

Nota: Prueba de Tukey para materia orgánica en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En medidas de Tukey se observó un rango A, es decir; para los tratamientos 1,2,3 (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) presentan medidas de 10.97, 13.80 y 15.46%, medidas que están en los rangos para suelos de páramo, ricos en espacios porosos y de alta capacidad de retención de agua, que es favorecida por bajas temperaturas que tiene este entorno, relacionando la cantidad de materia orgánica y la parte mineral que presentan este tipo de suelos, según la clasificación de Llambí et al., 2012.

Figura 21.

Valores Materia orgánica



Nota: Comparación datos de materia orgánica de zona intervenida y no intervenida. Elaborado por la Autora, 2024.

En la investigación de Velásquez (2022) menciona que, los valores de materia orgánica para zonas no intervenidas están entre 93.76 a 97.62% y para zonas intervenidas se encuentran entre 60.66 a 68.03%, mientras que en la presente investigación los valores para zona no intervenida se encuentran entre 7.31 a 13.89% y para zonas intervenidas se encuentra en valores de 11.36 a 19.57%, valores que no se encuentran relacionado entre investigaciones.

4.1.7 Carbono orgánico

Tabla 20.

Análisis de varianza ANOVA para la variable carbono orgánico

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	45.22	5	9.04	2.28	0.1719
Tratamiento	32.30	2	16.15	4.08	0.0762
Repetición	12.92	3	4.31	1.09	0.4234
Error	23.77	6	3.96		
Total	68.99	11			

Nota: Resultado de ANOVA para materia orgánica en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En los resultados del ANOVA para la variable de Carbono Orgánico, se evidenció que no existe diferencias significativas en los valores de tratamientos y repeticiones, es decir que, los tres tratamientos de estudio (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) no son diferentes estadísticamente. Los valores de carbono orgánico para los suelos objetos de estudio se encuentran en los rangos de 5.56 y 14,78% suelos que tienen una alta cantidad de carbono orgánico representantes a suelos de páramos jóvenes según la clasificación de Llambí et al., 2012.

Entonces, se pudo observar que el p-valor de tratamientos es mayor a 0.05, menciona que rechazamos la hipótesis alternativa y aceptamos la hipótesis nula diciendo que, las

concentraciones de carbono orgánico del suelo intervenido son similares a las concentraciones en suelo no intervenido.

Tabla 21.

Prueba de Tukey para carbono orgánico de Tratamientos

Error: 3.9609 gl:6

Tratamiento	Medidas	n	E.E.	
3	11.71	4	1.00	A
2	10.72	4	1.00	A
1	7.84	4	1.00	A

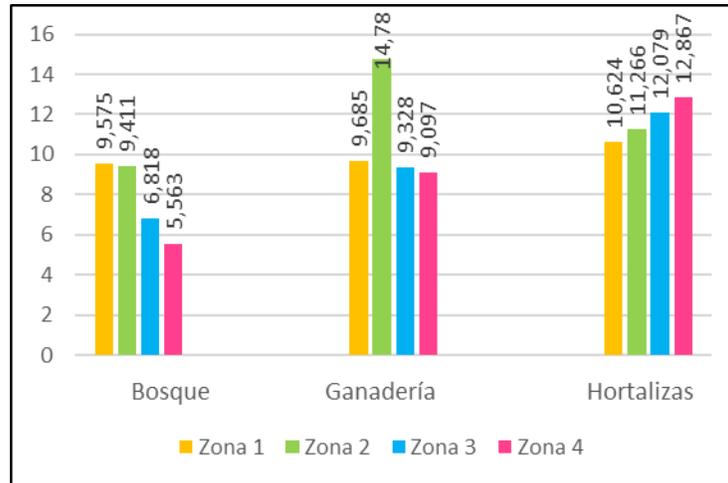
Nota: Prueba de Tukey para carbono orgánico en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

En medidas de Tukey se observó un rango A, es decir; para los tratamientos 1,2,3 (bosque nativo, ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas) presentó medidas promedio de 7.84, 10.72 y 11.71%, medidas que están en los rangos de; suelos de páramo joven, páramo húmedo respectivamente, según la clasificación de Llambí et al., 2012.

A pesar de que la diferencia en valores estadístico no sea grande, se pudo apreciar que el suelo no intervenido del bosque nativo tiene baja concentración de carbono orgánico a comparación de los suelos intervenidos de ganadería/sembrío de avena y sembrío de hortalizas.

Figura 22.

Valores Carbono orgánico



Nota: Comparación datos de carbono orgánico de zona intervenida y no intervenida. Elaborado por la Autora, 2024.

En la investigación de Velásquez (2022) menciona que, los valores de carbono orgánico para zonas no intervenidas se encuentran entre 54.31 a 56.54% y para zonas intervenidas están entre 35.34 a 39.41%, mientras que en la presente investigación los valores de zonas no intervenidas se encontraron entre 5.56 a 9.57% y para zonas intervenidas se encontraron en rango de 9.09 a 14.78%, es decir que los valores son diferentes entre investigaciones.

4.1.8 Textura

Tabla 22.

Porcentaje de arena, arcilla y limo en determinación de textura

Tratamiento	%Arena	%Arcilla	%Limo	Clase Textural
B1	70,4	13,6	16	Franco arenoso
B2	45,6	17,6	36,8	Franco
B3	79,6	15,6	4,8	Franco arenoso
B4	42,4	19,6	38	Franco
G1	40	20,8	39,2	Franco
G2	58,4	15,6	26	Franco arenoso
G3	53,2	18,8	28	Franco arenoso
G4	45,2	18,8	36	Franco
H1	40,4	22,8	36,8	Franco
H2	45,2	20,8	34	Franco
H3	49,2	18,8	32	Franco
H4	46	20,8	33,2	Franco

Nota: Resultado de los cálculos para la determinación de clase textural en zona intervenida y no intervenida en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

Para los resultados de la variable Textura se encontró dos tipos de clase textural de suelo, Franco arenoso y Franco, y se obtuvo que; en el tratamiento 1 (bosque nativo) existe 2 zonas de repetición con suelo Franco arenoso y dos zonas de repetición con suelo Franco. En el tratamiento 2 (ganadería/sembrío de avena) existen 2 zonas de repetición con suelo Franco arenoso y dos zonas de repetición con suelo Franco. Y en el tratamiento 3 (sembrío de hortalizas) en sus 4 repeticiones se encontró con suelo de clase textural Franco.

Los suelos Franco arenosos se caracterizan por estar conformados de mayor parte de arena que de limo y arcilla, son buenos en su versatilidad de cultivo de productos, así como también tienen un drenaje rápido por ende menor retención de agua (Ortega, S et al., 2017).

Los suelos Franco se caracterizan por estar conformado de un equilibrio de arena limo y arcilla, estos suelos son buenos adaptándose a distintos tipos de cultivos, son buenos retenedores de agua y tienen un drenaje de agua moderado (Academia Lab., 2024).

4.2 Resultado Encuestas

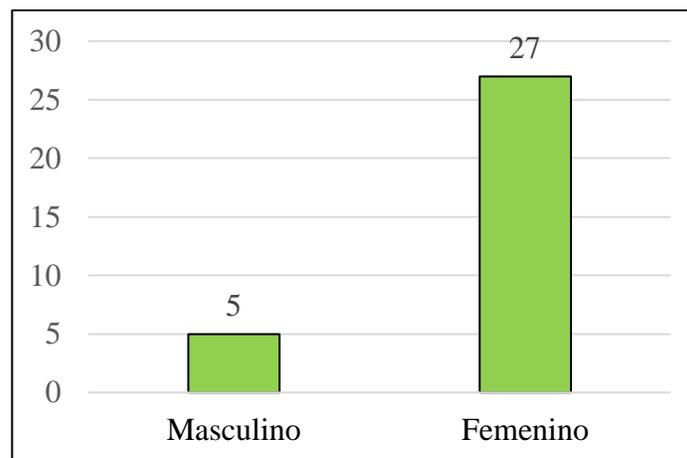
Resultados de las encuestas aplicadas a la comunidad de Olmedo, Pesillo en el cantón Cayambe, describiendo en cada una de las preguntas su porcentaje y su nivel de significancia para la muestra obtenida de habitantes en la comunidad. Se aplicó un total de 32 encuestas, Anexo 6, donde se observa el conocimiento, importancia y clasificación de los servicios ambientales identificados por la comunidad, respuestas resumidas a continuación:

4.2.1 Pregunta 1. Género

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 5 de las personas en la comunidad (15.63%) pertenecen al género masculino, mientras que 27 de las personas en la comunidad (84,38%) pertenecen al género femenino.

Figura 23.

Valores de respuesta en Pregunta 1 de encuesta



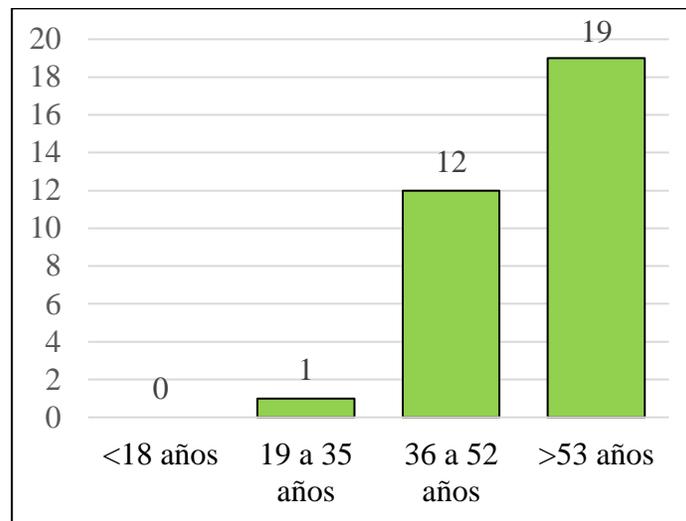
Nota: Diagrama de columnas con los resultados del género de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

4.2.2 Pregunta 2. Edad

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 1 persona de la comunidad (3,13%) tiene edades entre los 19 a 35 años, 19 personas de la comunidad (59,38%) tiene edades >53 años, 12 personas de la comunidad (37,50%) tiene edades ente 36 y 52 años y 0 personas de la comunidad (0%) tiene edades <18 años.

Figura 24.

Valores de respuesta en Pregunta 2 de encuesta



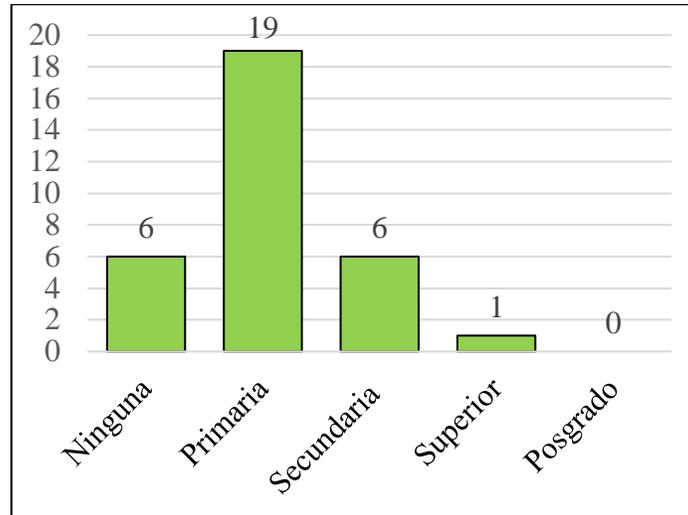
Nota: Diagrama de columnas con los resultados de edades de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

4.2.3 Pregunta 3. Nivel Instructivo

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 6 personas de la comunidad (18,75%) no tiene ninguna instrucción educativa, 19 personas de la comunidad (59,38%) tiene instrucción primaria, 6 personas de la comunidad (18,75%) tiene instrucción secundaria, 1 persona de la comunidad (3,13%) tienen una instrucción superior y 0 personas de la comunidad (0%) ha llogando a una instrucción de cuarto nivel (Posgrado).

Figura 25.

Valores de respuesta en Pregunta 3 de encuesta



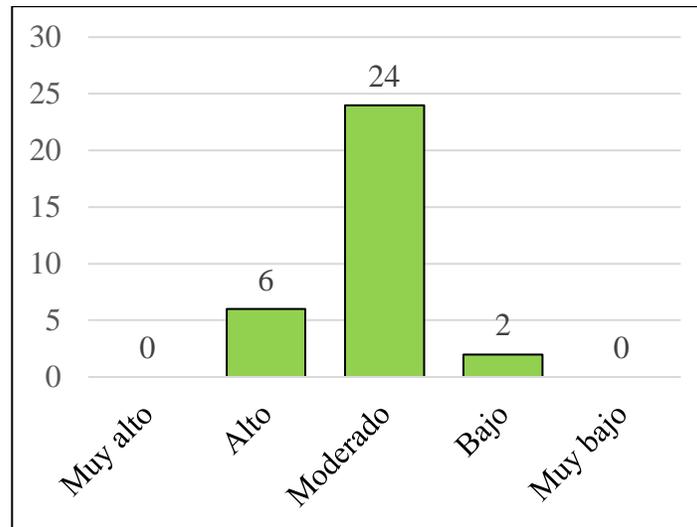
Nota: Diagrama de columnas con los resultados de la pregunta 3 nivel instructivo de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

4.2.4 Pregunta 4. ¿Cómo mencionaría su grado de conocimiento en cuanto a los servicios ambientales del suelo?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 24 personas de la comunidad (75%) tiene un grado de conocimiento moderado en cuanto a los servicios ambientales del suelo, 6 personas de la comunidad (18.75%) tiene un grado de conocimiento alto en cuanto a los servicios ambientales del suelo, 2 personas de la comunidad (6.25%) tiene un grado de conocimiento bajo en cuanto a los servicios ambientales del suelo. Ninguna de las personas encuestadas mencionó que su grado de conocimiento de servicios ambientales sea muy alto o muy bajo.

Figura 26.

Valores de respuesta en Pregunta 4 de encuesta



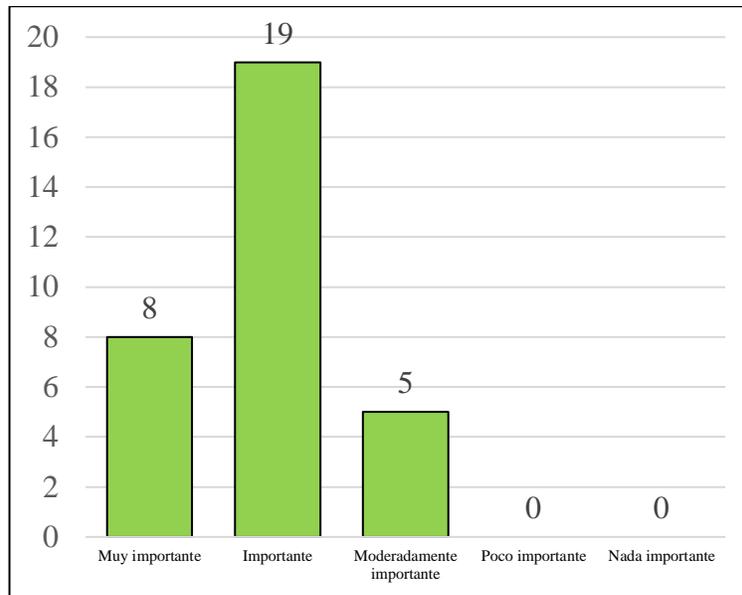
Nota: Diagrama de columnas con los resultados de la pregunta 4 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

4.2.5 Pregunta 5. A su criterio ¿Cuál es la influencia de los servicios ambientales del suelo en la salud de los ecosistemas?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 19 personas de la comunidad (59.38%) dice que la influencia de los servicios ambientales en la salud de los ecosistemas es importante, 8 personas de la comunidad (25%) dice que la influencia de los servicios ambientales en la salud de los ecosistemas es muy importante, 5 personas de la comunidad (15,63%) dice que la influencia de los servicios ambientales en la salud de los ecosistemas es moderadamente importante. Mientras que ningún morador mencionó que la influencia de los servicios ambientales en la salud de los ecosistemas es poco importante o nada importante.

Figura 27.

Valores de respuesta en Pregunta 5 de encuesta



Nota: Diagrama de columnas con las respuestas de la pregunta 5 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

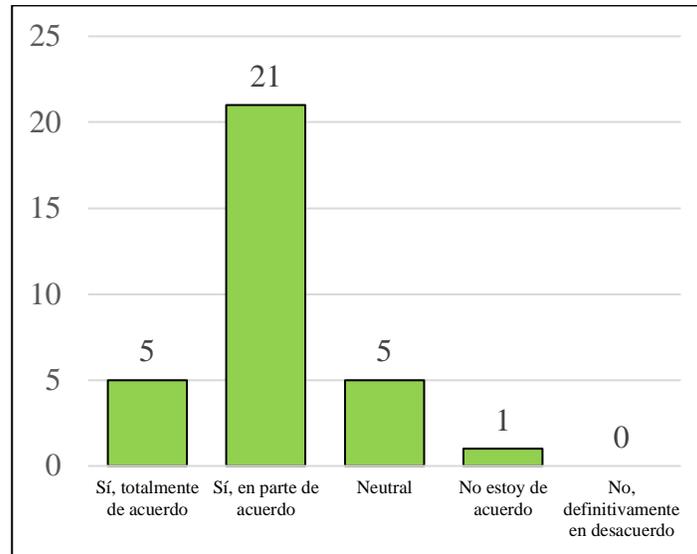
4.2.6 Pregunta 6. ¿Cree usted que, prácticas agrícolas llamadas sostenibles, son necesarias para conservar los servicios ambientales?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 21 personas de la comunidad (65.63%) dice estar en parte de acuerdo con que las prácticas agrícolas sostenibles son necesarias en la conservación de los servicios ambientales, 5 personas de la comunidad (15.63%) dice estar totalmente de acuerdo con que las prácticas agrícolas sostenibles son necesarias en la conservación de los servicios ambientales, 5 personas de la comunidad (15.63%) dice estar neutral con que las prácticas agrícolas sostenibles son necesarias en la conservación de los servicios ambientales y 1 persona de la comunidad (3.13%) dice no estar de acuerdo con que las prácticas agrícolas sostenibles son necesarias en la conservación de los servicios ambientales.

Tomamos en cuenta que ningún morador no está definitivamente en desacuerdo con que las prácticas agrícolas sostenibles son necesarias en la conservación de los servicios ambientales.

Figura 28.

Valores de respuesta en Pregunta 6 de encuesta



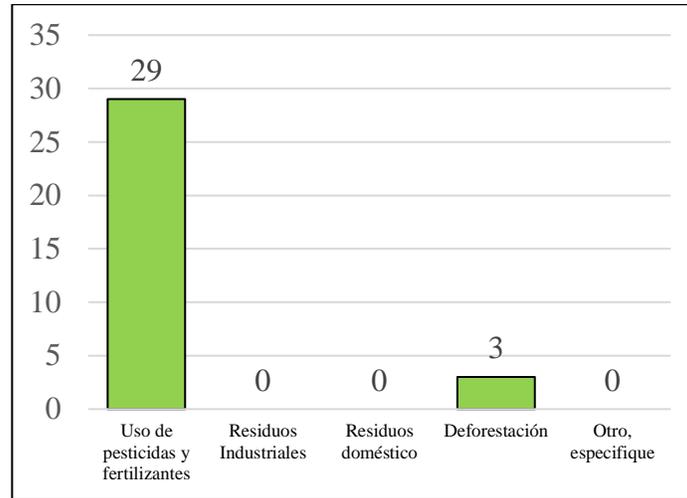
Nota: Diagrama de columnas con los resultados de la pregunta 6 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

4.2.7 Pregunta 7. ¿Cuál cree usted, que es la fuente principal de la contaminación del suelo en su comunidad?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 29 personas de la comunidad (90.63%) cree que el uso de fertilizantes y pesticidas son la fuente principal de la contaminación del suelo en su comunidad, 3 personas de la comunidad (9.38%) cree que la deforestación es la fuente principal de la contaminación del suelo en su comunidad. Tomamos en cuenta que ninguna persona encuestada mencionó que la fuente principal de la contaminación en el suelo de su comunidad sean los residuos industriales o domésticos, así como también nadie dio una respuesta diferente a las establecidas en la encuesta,

Figura 29.

Valores de respuesta en Pregunta 7 de encuesta



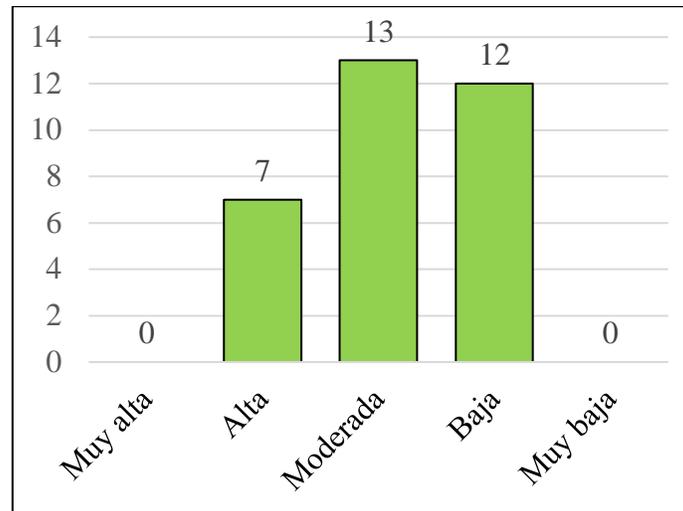
Nota: Diagrama de columnas con los resultados de la pregunta 7 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora,2024.

4.2.8 Pregunta 8. ¿Qué importancia le daría a la conciencia comunitaria sobre los servicios ambientales del suelo?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 13 personas de la comunidad (40.63%) dice que la importancia a los servicios ambientales del suelo es moderada, 12 personas de la comunidad (37.50%) dice que la importancia a los servicios ambientales del suelo es baja y 7 personas de la comunidad (21.88%) dice que la importancia a los servicios ambientales del suelo es alta. Tomando en cuenta que ningún morador mencionó que la importancia de los servicios ambientales es muy alta o muy baja.

Figura 30.

Valores de respuesta en Pregunta 8 de encuesta



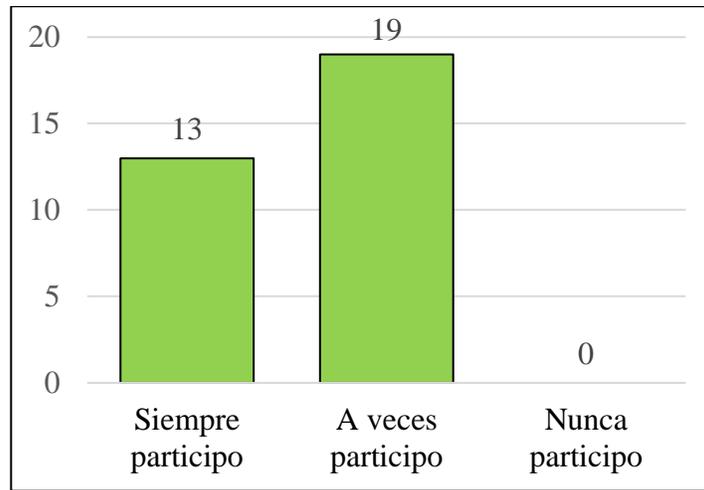
Nota: Diagrama de columnas de las respuestas a la pregunta 8 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

4.2.9 Pregunta 9. ¿Participa usted, en programas de preservación del suelo en su comunidad?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 19 personas de la comunidad (40.63%) dijeron que siempre participa en programas de preservación del suelo en su comunidad y 13 personas de la comunidad (59,38%) dijeron que a veces participa en programas de preservación del suelo en su comunidad. Tomando en cuenta que ningún encuestado mencionó que nunca participa en programas de preservación del suelo en su comunidad.

Figura 31.

Valores de respuesta en Pregunta 9 de encuesta



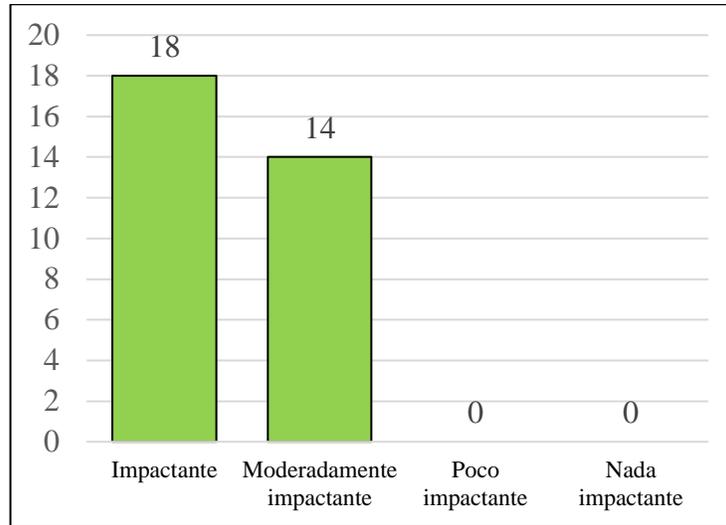
Nota: Diagrama de columnas de las respuestas de la pregunta 9 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

4.2.10 Pregunta 10. ¿Cómo valora el impacto del cambio climático en los servicios ambientales del suelo que tiene su comunidad?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 18 personas de la comunidad (56.25%) menciona que la relación del cambio climático en los servicios ambientales del suelo en su comunidad es impactante y 14 personas de la comunidad (43.75%) menciona que la relación del cambio climático en los servicios ambientales del suelo en su comunidad es moderadamente impactante. Tomando en cuenta que ningún morador mencionó que la relación del cambio climático en los servicios ambientales del suelo en su comunidad es poco impactante o nada impactante.

Figura 32.

Valores de respuesta en Pregunta 10 de encuesta



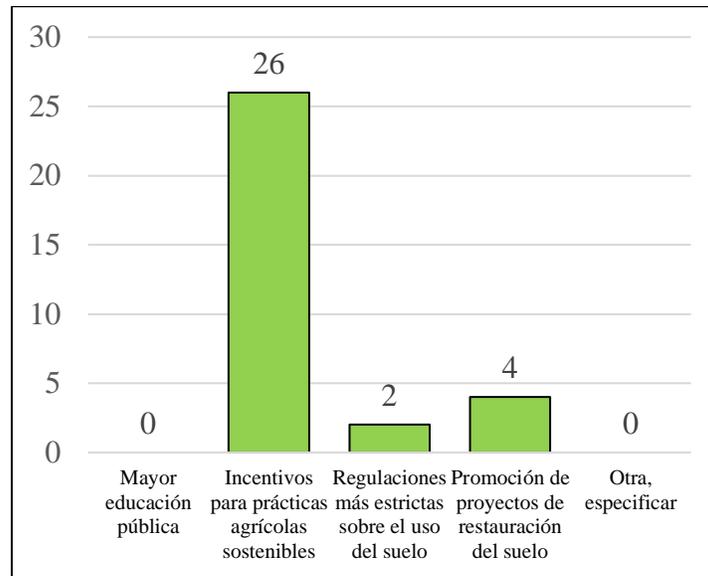
Nota: Diagrama de columnas de las respuestas de la pregunta 10 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

4.2.11 Pregunta 11. ¿Qué clase de técnicas cree usted que serían más importantes para mejorar en el cuidado de los servicios ambientales del suelo?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 26 personas de la comunidad (81.25%) cree que la técnica más importante para mejorar el cuidado de los servicios ambientales del suelo son los incentivos para prácticas agrícolas sostenibles, 4 personas de la comunidad (12.50%) cree que la técnica más importante para mejorar el cuidado de los servicios ambientales del suelo son la promoción de proyectos de restauración del suelo y 2 personas de la comunidad (6.25%) cree que la técnica más importante para mejorar el cuidado de los servicios ambientales del suelo son las regulaciones estrictas sobre el mal uso del suelo.

Figura 33.

Valores de respuesta en Pregunta 11 de encuesta



Nota: Diagrama de columnas de las respuestas de la pregunta 11 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

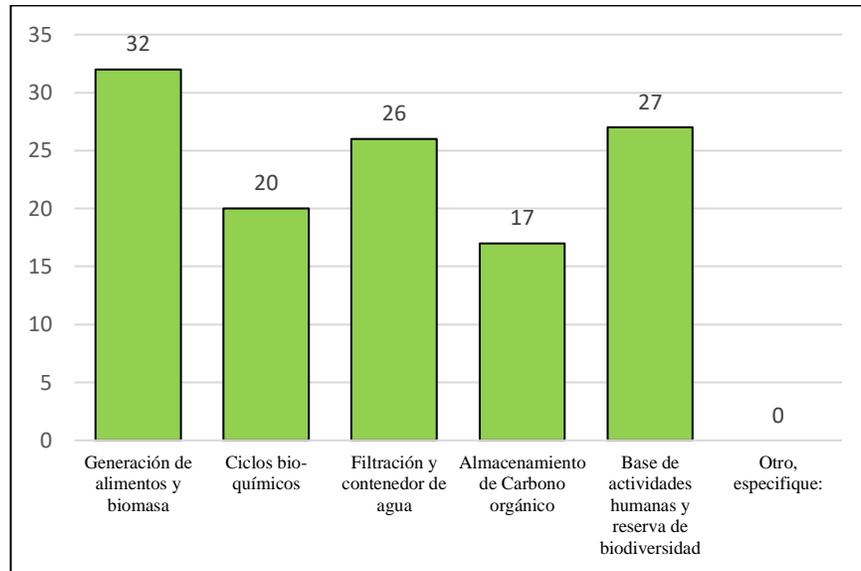
4.2.12 Pregunta 12. ¿Cuáles cree usted que son los servicios ambientales del suelo que existen en su comunidad?

En la comunidad de Pesillo se obtuvo que 32 personas de la comunidad (100%) cree que la generación de alimentos y biomasa es un servicio ambiental del suelo que existe en su comunidad, 20 personas de la comunidad (63%) cree que los ciclos bio-químicos es un servicio ambiental del suelo que existe en su comunidad, 26 personas de la comunidad (81%) cree que la filtración y contenedor de agua es un servicio ambiental del suelo que existe en su comunidad, 17 personas de la comunidad (53%) cree que almacenamiento de Carbono orgánico es un servicio ambiental del suelo que existe en su comunidad, 27 personas de la comunidad (84%)

cree que la base de actividades humanas y reserva de biodiversidad es un servicio ambiental del suelo que existe en su comunidad.

Figura 34.

Valores de respuesta Pregunta 12 de encuesta



Nota: Diagrama de columnas de las respuestas de la pregunta 12 de la muestra en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Al finalizar con el análisis físico-químico sobre la cantidad de concentración del Carbono Orgánico del Suelo en zona no intervenida (bosque nativo) y las dos zonas intervenidas (ganadería/sembrío de avena, sembrío de hortalizas) de la comunidad de Pesillo, podemos concluir que la diferencia de valores no es significativa, dándonos como resultado que los suelos, tanto intervenidos con actividades antrópicas y suelos no intervenidos tienen valores estadísticos significativamente similares, es decir, que la captación de carbono orgánico en el suelo no está definida por la técnica o actividad que se realice en el mismo.
- A partir de las propiedades analizadas, se puede identificar que los suelos intervenidos por actividades antrópicas como la ganadería, son suelos que están afectados y que desencadenan consecuencias como pérdida de la capa superficial del suelo, compactación, pérdida de retención de agua y nutrientes.
- Mediante las encuestas realizadas en la comunidad de Pesillo, se concluye que la valorización de los servicios ambientales del suelo, es baja, debido a la falta de conocimiento, a pesar de ser una comunidad que el 58% de la misma tiene como fuente principal de ingresos económicos el uso de suelo, la comunidad menciona que se debe agregar más presupuesto a los incentivos para prácticas agrícolas sostenibles en la comunidad, así como también la comunidad es consciente de la importancia que tiene el impacto de estas prácticas en el ambiente.

- A partir de la encuesta aplicada a la comunidad, se determinó que los principales servicios ambientales del suelo, más conocidos por la comunidad son; la generación de alimentos y biomasa, base de actividades humanas y reserva de biodiversidad, y la filtración y contención de agua. Con menos cantidad se encuentra que ciclos bioquímicos y almacenamiento de carbono orgánico son servicios ambientales que presta el suelo a la comunidad de Pesillo, sin embargo, no existe más conocimiento de parte de los moradores acerca de otros servicios ambientales que puede brindar el suelo.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda ampliar la cantidad de tratamientos a analizar, que existan en la comunidad de Pesillo, para obtener una mejor comparación en las concentraciones de carbono orgánico y sugerir cuál de los tratamientos es más eficiente en la captación de carbono orgánico.
- Socializar de mejor manera con la comunidad para la implementación de proyectos o cursos necesarios para cada una de los servicios ambientales que brinda el suelo de la comunidad, para su mejor aprovechamiento y valorización.
- Al ser una comunidad con grandes extensiones de suelo no intervenido, el muestreo en varios puntos de esta zona, pueden llegar a ser útiles, debido a la variación de la vegetación y altitud de los bosques que presentan en la comunidad de Pesillo.

6. Bibliografía

- Academia Lab. (2024). Suelo franco. *Enciclopedia*. AcademiaLab. <https://academia-lab.com/enciclopedia/suelo-franco/>.
- Agrocalidad. (2018). Instructivo muestreo para análisis de suelos, 4-11. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/agua8.pdf>.
- Arellano Pérez, K. &. (2022). Valoración de bienes y servicios ambientales del Bosque Protector Cerro Golondrinas en Carchi – Ecuador. *CEDAMAZ*, 12(2). <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v12i2.1391>.
- Barrezueta-Unda, S, Cervantes-Alava, A, Ullauri-Espinoza, M, Barrera Leon, J, & Condoy-Gorotiza, A. (2020). Evaluación del método de ignición para determinar materia orgánica en suelos de la provincia el oro-ecuador. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 19(2), 25-26. Recuperado en 20 de enero de 2024, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192020000200025&lng=es&tlng=es.
- Becerra, A. T., & Bravo, X. L. (2008). Los espacios naturales protegidos. Concepto, evolución y situación actual en España. *M+A. Revista Electrónica de Medioambiente*, 5, 1–25. <http://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/view/MARE0808330001A>.
- Burbano Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 82-96. <https://doi.org/10.22267/rcia.85>.
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas* (33(2)), 117-124. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Clara, L., Fatma, R., Viridiana, A., & Liesl, W. (2017). Carbono orgánico del Suelo: El potencial oculta. *ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN*. <https://www.fao.org./3/i6937s/i6937s.pdf>.
- Cremona, M. V., & Enriquez, A. S. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. *EEA Bariloche*. 1-4. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/7709>.
- De Gavilánez Luna, F. (2021). Diseños y análisis estadísticos para experimentos agrícolas (Díaz de Santos).
- Fernández, D., López, M. (2018). UN MÉTODO SENCILLO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POROSIDAD DE UN AGREGADO DE SUELO. Consejo Superior de Investigaciones científicas. 3-5. https://digital.csic.es/bitstream/10261/136762/1/LopezMV_CapLibZNS15_2015.pdf.
- GADIPMC. (2022). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CAYAMBE 2020-2023. <https://www.rpcayambe.gob.ec/site/wp->

content/uploads/2022/03/PLAN-DE-DESARROLLO-Y-ORDENAMIENTO-TERRITORIAL-DEL-CANTON-CAYAMBE-PDOT-2020-2030.pdf.

- Globe. (2005). Protocolo del pH del suelo. 4-6. <https://www.globe.gov/documents/352961/17976624/Soil+pH+Protocol+es.pdf/#:~:text=El%20alumnado%20debe%20mezclar%20muestras,tres%20veces%20para%20cada%20horizonte.Rubio>.
- Gutiérrez, A.,(2010). LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES. Csic.es., de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>.
- Llambí, L., Soto-W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). Ecología, Hidrología y Suelos de Páramos (L. Llambí, M. Almeida, & P. Borja, Eds.; El Antebra). Proyecto Páramo Andino.
- Loayza, N. V. (2020). Mapeo digital de carbono orgánico en suelos de Ecuador. *Ecosistemas* (29(2)), 1852. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1852>.
- Martínez, J. M., E Duval, M., M López, F., O Iglesias, J., & Galantini, J. (2017). Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de Calcinación en molisoles del sudoeste bonaerense. *Ciencia Del Suelo*, 35(1), 181–187. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v35n1/v35n1a16.pdf>.
- Ortega, S. A., Morillo, K., Jacome, A., Ibaza, D., & Nieto, D. (2017). Propuesta metodológica para evaluación del riesgo de erosión hídrica, utilizando sistemas de información geográfica y teledetección, Cantón Cayambe Methodological proposal for evaluation of the risk of water erosion, using geographic information system, Cantón Cayambe. *Cantón Cayambe Methodological proposal for evaluation of the risk of water erosion, using geographic information system*, 18(3), 274-282.
- Osorio, N. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, Vol.1 No.4. 1-4. <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>.
- Penna J., Cristeche E. (2008). La valoración de servicios ambientales: diferentes paradigmas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,2, 7. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12305/INTA_IES_Penna_J_Valoracion_servicios_ambientales_diferentes_paradigmas.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Rodolfo C. (n.d.). El Agua del Suelo. Retrieved June 10, 2023, from <https://www.profertil.com.ar/wpcontent/uploads/2020/08/agua-edafica.pdf>.
- Rodolfo, C. (2017). El agua del Suelo. Profertil. 1-3. <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/agua-edafica.pdf>.

- Rodríguez, M., Moliner, A., & Masaguer, A. (2015). Prácticas de edafología: Métodos didácticos para análisis de suelo. Universidad de la Rioja. 25-32. <https:// Dialnet.unirioja.es/20678>.
- Salazar, M. P. (2020). Soil organic carbon. Stratification and spatial variation of different fractions in an Ariudoll under no tillage. *Revista de La Facultad de Agronomía* (119(2)), 1-11. <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/10921/9809>.
- Shaxson, F., & Barber, R. (1995). Optimizacion de la Humedad Del Suelo Para la Produccion Vegetal: El Significado de la Porosidad Del Suelo (Boletines de Suelos de la Fao) (Vol. 79). Food & Agriculture Org.
- Vela Correa, G., López Blanco, J., & Rodríguez Gamiño, M. de L. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, 77, 18–30. <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n77/n77a3.pdf>.
- Velásquez, V. (2022). Valoración de servicios ecosistémicos de la captación de carbono orgánico y capacidad de retención de agua del suelo, en zonas intervenidas y no intervenidas del páramo de Pesillo en el cantón Cayambe. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23452>.
- Zapata, R. (2022). Los procesos químicos del suelo. Universidad Nacional de Colombia.

7. Anexos

Anexo 1.

Recolección de Muestras con Barreno



Nota: Recolección de muestras con barreno en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

Anexo 2.

Recolección de Muestras con Anillo



Nota: Recolección de muestras con anillos en la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

Anexo 3.

Zona no intervenida y zona intervenida de la comunidad de Pesillo



Nota: Bosque nativo (zona no intervenida), ganadería/sembrío de avena, sembrío de hortaliza, (zonas intervenidas). Elaborado por la Autora, 2024.

Anexo 4.

Materiales de laboratorio



Nota: Materiales ocupados en el laboratorio. Elaborado por la Autora, 2024.

Anexo 5.

Equipos de laboratorio



Nota: Equipos ocupados en laboratorio. Elaborado por la Autora, 2024.

Anexo 6.

Aplicación de Encuestas



Nota: Aplicación de encuestas a la muestra de la comunidad de Pesillo. Elaborado por la Autora, 2024.

