



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Ambiental

**Estimación de Carbono Orgánico del suelo destinado a la generación
de forrajes en la Quinta Experimental El Padmi, provincia Zamora**

Chinchipe

**Trabajo de Integración Curricular,
previa a la obtención del título de
Ingeniera Ambiental**

AUTORA:

Silvana Maribel Zumba Valarezo

DIRECTOR:

Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 24 de marzo de 2023

Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho, Mg.Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estimación de Carbono Orgánico del suelo destinado a la generación de forrajes en la Quinta Experimental El Pادمي, provincia Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Ambiental**, de autoría de la estudiante **Silvana Maribel Zumba Valarezo**, con cédula de identidad Nro. **0705740637**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



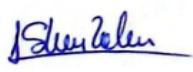
Firmado electrónicamente por:
**CARLOS GUILLERMO
CHUNCHO MOROCHO**

Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Silvana Maribel Zumba Valarezo**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 0705740637

Fecha: 21 de febrero de 2024

Correo electrónico: silvana272010@hotmail.com

Celular: 0990053690

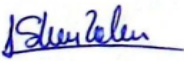
Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Silvana Maribel Zumba Valarezo**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estimación de Carbono Orgánico del suelo destinado a la generación de forrajes en la Quinta Experimental El Padmi, provincia Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Ambiental**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintiún días del mes de febrero de dos mil veinticuatro.

Firma: 

Autora: Silvana Maribel Zumba Valarezo

Cédula: 0705740637

Dirección: El Oro, ciudad de Piñas.

Correo electrónico: silvana272010@hotmail.com

Celular: 0990053690

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho,
Mg. Sc.

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado en primer lugar a Dios, quién ha sido mi guía y siempre ha colocado en mi camino seres maravillosos que me brindaron la orientación necesaria y ocuparon un papel importante en mi ámbito estudiantil, nunca faltó una palabra de inspiración, cariño y mucha fortaleza; cada lágrima y cada risa quedará guardado en vuestro corazón. Sé que falta mucho por recorrer, pero el poder escribir Ing. antes de mi nombre es un gran comienzo y demuestra el resultado de todo el esfuerzo por este título.

Silvana Maribel Zumba Valarezo

Agradecimiento

Quiero extender mi más sincero agradecimiento a quienes formaron parte de este trabajo. De manera especial a la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a la Carrera de Ingeniería Ambiental, incluyendo su planta docente y administrativa, en donde se forjaron las bases y conocimientos necesarios para mi formación profesional.

Al laboratorio de Suelos, Agua y Bromatología y a su personal técnico Dra. Narcisa Urgirles, Ing. Diana Iñiguez, Srta. Nohely Espinosa por su colaboración incondicional. Así mismo, quiero dejar constancia de mi más profundo agradecimiento al Ing. Carlos Chunchu director de tesis y al Ing. Cristian Mendoza por su supervisión y recomendaciones. Al Dr. Oreste La O y a cada uno de los docentes que forman parte de la Quinta El Padmi quienes me brindaron la oportunidad de desarrollar la fase de campo en mi investigación. Finalmente, al Ing. Kevin Zumba por su apoyo durante este proceso especialmente en la fase de campo, a todos mis familiares, amigos y compañeros quienes estuvieron con su apoyo moral.

¡Infinitas Gracias!

Silvana Maribel Zumba Valarezo

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	x
Índice de cuadros	xi
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivos	6
4. Marco Teórico	7
4.1. Características de las pasturas y suelos de la Amazonía Ecuatoriana	7
4.2. Carbono Orgánico del Suelo (COS)	8
4.2.1. Factores que intervienen en el contenido de carbono en el suelo	9
4.2.2. Carbono Orgánico y su relación con las propiedades del suelo	9
4.2.3. Especies forrajeras.....	9
4.3. Enmiendas importantes en el suelo.....	11
5. Metodología	12
5.1. Área de estudio	12

5.2.	Metodología para comparar las propiedades físico-químicas y el contenido de carbono orgánico del suelo tanto antes como después de la aplicación de los abonos.....	13
5.2.1.	Distribución de los puntos de muestreo	14
5.2.2.	Toma de muestras de Suelo	15
5.3.3.	Fase de Laboratorio.....	16
5.3.3.1.	Determinación de las Propiedades Físicas del suelo	16
5.3.3.2.	Determinación de las Propiedades Químicas del suelo.....	19
5.3.4.	Análisis Estadístico	22
5.4.	Metodología para proponer el plan de mejoramiento ambiental del suelo que permita mejorar el nivel de biomasa forrajera y carbono orgánico en la Quinta Experimental El Padmi.....	23
6.	Resultados	23
6.3.	Análisis descriptivo de las propiedades físico-químicas antes y después de la aplicación de los abonos.....	23
6.4.	Análisis comparativo de las propiedades físico-químicas del suelo antes de la aplicación de los abonos.....	26
6.5.	Análisis comparativo de las propiedades físico-químicas del suelo después de la aplicación de los abonos.....	26
6.6.	Análisis comparativo de las variables cuantitativas del suelo antes y después de la aplicación de los abonos.....	28
6.7.	Análisis de las variables cualitativas del suelo antes y después de la aplicación de los abonos.....	30
6.8.	Análisis descriptivo del contenido de carbono orgánico antes y después de la aplicación de los abonos.....	30
6.9.	Análisis comparativo del contenido de carbono orgánico entre especies forrajeras antes y después de la aplicación de los abonos.....	31
6.10.	Análisis antes y después de la colocación de los abonos	32
6.11.	Plan de mejoramiento ambiental del suelo que permita mejorar el nivel de biomasa forrajera y carbono orgánico en la Quinta Experimental El Padmi, provincia Zamora Chinchipe.....	33
7.	Discusión	48

8. Conclusiones	54
9. Recomendaciones	55
10. Bibliografía	56
11. Anexos	69

Índice de tablas

Tabla 1. Variables analizadas en la investigación.....	15
Tabla 2. Factores de corrección en base de la temperatura de la suspensión.....	17
Tabla 3. Interpretación del pH.....	19
Tabla 4. Resumen de los análisis de laboratorio utilizados.....	22
Tabla 5. Códigos utilizados en cada área del estudio tanto antes como después de la aplicación de los abonos.	23
Tabla 6. Resultados del análisis estadístico del contenido de carbono orgánico entre especies forrajeras.....	31
Tabla 7. Análisis de la varianza de captura de carbono antes y después de colocar los abonos...	32
Tabla 8. Test tukey para la comparación del COS entre áreas antes del abono.....	33
Tabla 9. Test tukey para la comparación del COS entre áreas después del abono.	33

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	13
Figura 2. Distribución del ensayo experimental del área de estudio.....	14
Figura 3. Triángulo de las clases texturales básicas del suelo a partir del análisis mecánico.	18
Figura 4. Resultados de las propiedades físico-químicas antes y después de la aplicación de los abonos. a= Densidad aparente. b= pH. c=conductividad eléctrica. d= Capacidad de intercambio catiónico. e=Materia orgánica.....	25
Figura 5. Comparación de propiedades analizadas del suelo antes de la aplicación de los abonos. a= Densidad aparente. b= pH. c=Conductividad eléctrica. d=Capacidad de intercambio catiónico. e= Materia orgánica.	25
Figura 6. Comparación de las propiedades analizadas del suelo después de la aplicación de los abonos. a= Densidad aparente. b= pH. c=Conductividad eléctrica. d=Capacidad de intercambio catiónico. e= Materia orgánica.....	27
Figura 7. Comparación de las propiedades del suelo antes y después de los abonos aplicados. a= Densidad aparente. b= pH. c= Conductividad eléctrica. d=Capacidad de intercambio catiónico. e= Materia orgánica.	29

Figura 8. Contenido de carbono orgánico en las áreas de estudio antes y después de aplicar el abono. a=área de control. b= área de T. gigantea. c= área de T. diversifolia. 32

Índice de cuadros

Cuadro 1. Programa de Capacitación Comunitaria.....	35
Cuadro 2. Presupuesto establecido para la capacitación del personal de la Quinta El Padmi.	36
Cuadro 3. Cronograma establecido para la capacitación del personal de la Quinta El Padmi.	37
Cuadro 4. Programa de capacitación al personal de la Quinta El Padmi.....	37
Cuadro 5. Cronograma de capacitación al personal de la Quinta El Padmi.	38
Cuadro 6. Presupuesto de la capacitación al personal de la Quinta El Padmi.	38
Cuadro 7. Desarrollo de prácticas agroecológicas sostenibles en la Quinta El Padmi.	39
Cuadro 8. Cronograma establecido para las prácticas agroecológicas en la Quinta el Padmi.	40
Cuadro 9. Presupuesto establecido para las prácticas agroecológicas en la Quinta el Padmi.	40
Cuadro 10. Programa de implementación de especies forrajeras.	41
Cuadro 11. Cronograma de la implementación de especies forrajeras.	43
Cuadro 12. Presupuesto de la implementación de especies forrajeras.....	44
Cuadro 13. Enmiendas orgánicas para mejorar el suelo.	45
Cuadro 14. Cronograma de la aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar el suelo.....	46
Cuadro 15. Presupuesto de la aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar el suelo.	47
Cuadro 16 . Costos del Plan de mejoramiento ambiental del suelo a implementar en la Quinta El Padmi.	47

Índice de anexos

Anexo 1. Usos del suelo identificados en el área de estudio a= Área de control. b=T. diversifolia. c= T. gigantea. d= Abonos aplicados.	69
Anexo 2. Recolección, procedimiento de secado y tamizado de muestras disturbadas antes y después de cada abono aplicado.	70
Anexo 3. Materiales utilizados para las muestras no disturbadas antes y después de cada abono aplicado.	70
Anexo 4. Determinación de las propiedades físicas del suelo. a= textura. b= densidad aparente.	71
Anexo 5. Identificación del color de la muestra de suelo seco con ayuda de la tabla Munsell.	71
Anexo 6. Determinación de propiedades químicas del suelo. a= pH. b= conductividad eléctrica. c= capacidad de intercambio catiónico.	71
Anexo 7. Resultados del análisis descriptivo de las propiedades físico-químicas del suelo por cada área de estudio.	72
Anexo 8. Resultados de la textura del suelo en cada uso del suelo antes de la aplicación de los abonos.	73
Anexo 9. Resultados de la textura del suelo en cada uso del suelo después de la aplicación de los abonos.	73
Anexo 10. Resultados obtenidos del color del suelo por cada área de estudio.	74
Anexo 11. Contenido de carbono en el suelo (t/ha) en cada uso del suelo antes de la aplicación de los abonos.	74
Anexo 12. Contenido de carbono en el suelo (t/ha) en cada uso del suelo después de la aplicación de los tratamientos.	74
Anexo 13. Certificación de traducción del Abstract.	75

1. Título

**Estimación de Carbono Orgánico del suelo destinado a la generación de forrajes
en la Quinta Experimental El Padmi, provincia Zamora Chichipe.**

2. Resumen

En la Amazonía Ecuatoriana, se ha observado un preocupante incremento en la deforestación y transformación permanente de tierras en pastizales y campos de cultivo. Esta tendencia ha generado un aumento significativo en la emisión de gases de efecto invernadero, provocando cambios profundos en los ecosistemas de la región. Además, ha tenido un impacto negativo en las propiedades físicas, químicas y bioquímicas del suelo, así como en su fertilidad natural y productividad. Como consecuencia de estos procesos, se ha acelerado la degradación y pérdida de su calidad (Tiria et al., 2018). En el marco de esta investigación experimental, se evaluó el impacto de las especies forrajeras de *Tithonia diversifolia* y *Thichanthera gigantea*, en combinación con dos tipos de abonos, pollinaza y nutrisano, sobre las propiedades físico-químicas y el almacenamiento del carbono orgánico del suelo de la Quinta Experimental El Padmi. El estudio se llevó a cabo en tres áreas, una de las cuales se consideró como control, con ambos tipos de forrajes, pero sin abono. Se realizaron dos muestreos, antes y después a la aplicación de los abonos, enfocándose en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Se emplearon muestras perturbadas para analizar el pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO) y textura del suelo, mientras que las muestras no perturbadas se usaron para determinar la densidad aparente (DA). Los resultados revelaron un mayor contenido de almacenamiento de carbono orgánico (CO) en el área de control ($77,62 \text{ tCha}^{-1}$), en comparación con las otras áreas. En *T. gigantea* con pollinaza se registró $69,05 \text{ tCha}^{-1}$ y con nutrisano $56,33 \text{ tCha}^{-1}$, mientras que en *T. diversifolia* con pollinaza se obtuvo $61,43 \text{ tCha}^{-1}$ y con nutrisano $46,43 \text{ tCha}^{-1}$. Estos resultados indican una asociación más efectiva de las especies forrajeras, aunque se destaca un aumento del CO en *T. diversifolia* en las áreas donde se aplicaron abonos. Por tanto, se puede concluir que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) tuvo un mayor impacto en el contenido de CO, mientras que la densidad aparente (DA), la materia orgánica (MO), el pH y la capacidad de intercambio catiónico (CE) no mostraron influencia significativa en este parámetro.

Palabras clave: suelo, pastos forrajeros, cambio climático, carbono orgánico, *Tithonia diversifolia*, *Thichanthera gigantea*.

Abstract

The Ecuadorian Amazon has experienced an alarming increase in deforestation and permanent conversion to pastures and crops. This trend has generated a significant increase in greenhouse gas emissions, causing profound changes to the region's ecosystems. Moreover, it has adversely affected the soil's physical, chemical, and biochemical properties, as well as its natural fertility and productivity. As a consequence of these processes, the degradation and loss of its quality has accelerated (Tiria et al., 2018). In the framework of this experimental research, the impact of *Tithonia diversifolia* and *Thichanthera gigantea* forage species, in combination with two types of fertilizers, pollinasse and nutrisane, on the physicochemical properties and organic carbon storage of the soil of Quinta Experimental El Padmi was evaluated. In the study, three areas were studied, one of which was treated as a control, with both types of forages, but without manure. Two samples were taken before and after the application of fertilizers, focusing on the first 20 cm of soil depth. Disturbed samples were used to analyze soil pH, electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC), organic matter (OM) and texture, while undisturbed samples were used to determine bulk density (DB). The results revealed a higher organic carbon (OC) storage content in the control area (77.62 tCha-1) compared to the other areas. In *T. gigantea* with pollinaza 69.05 tCha-1 and with nutrisane 56.33 tCha-1 were recorded, while in *T. diversifolia* with pollinaza 61.43 tCha-1 and with nutrisane 46.43 tCha-1 were obtained. These results indicate a more effective association between forage species, although there was an increase in CO in *T. diversifolia* in areas where fertilizers were applied. In conclusion, it can be concluded that cation exchange capacity (CEC) had a greater impact on CO content than bulk density (DA), organic matter (OM), pH, or cation exchange capacity (EC).

Key words: soil, forage grasses, climate change, organic carbon, *Tithonia diversifolia*, *Thichanthera gigantea*.

3. Introducción

El calentamiento global causado por las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero han seguido en aumento, principalmente el dióxido de carbono (CO₂), por contribuciones históricas y actuales que surgen del uso insostenible de la energía, cambios de patrones de precipitación y fenómenos climáticos extremos, aumentos del nivel del mar, el aumento de temperatura, cambio de uso de la tierra, estilos de vida y patrones de consumo y producción en general (IPCC, 2023). Acciones que están llevando al planeta a un calentamiento de alrededor de 3 grados centígrados para 2100, un nivel de temperatura que la Tierra no ha experimentado en los últimos 3 millones de años (Liu & Raftery, 2021).

Es ampliamente reconocido que el cambio climático junto con los cambios en el uso del suelo vinculados a diversas dinámicas tanto naturales como influenciadas por factores biofísicos y humanos, que a su vez están relacionados con aspectos de factores socioeconómicos, políticos, institucionales y demográficos, están generando efectos perjudiciales como la pérdida, fragmentación y degradación de los hábitat de especies animales y vegetales, la disminución de la biodiversidad, la alteración de los servicios ambientales y la perturbación de los ciclos biogeoquímicos y de los ecosistemas. Este impacto se extiende a todos los sistemas de producción, incluida la ganadería (Lorente, 2010).

Así mismo, la degradación de un tercio de los suelos a nivel mundial ha inducido a una enorme liberación de carbono en la atmósfera y restaurarlo puede eliminar hasta 63 000 toneladas de carbono, contribuyendo significativamente a luchar contra el cambio climático (FAO, 2017). La deforestación y cambios de uso del suelo han contribuido con alrededor de 180 gigatoneladas de carbono (GtC) en emisiones desde 1750 hasta 2011, esto simboliza que por causas antropogénicas se han emitido aproximadamente 555 GtC en total a la atmósfera desde la era preindustrial; y una manera de mitigar dicho efecto es almacenar el carbono en la biomasa de los árboles, mediante el proceso de la fotosíntesis y en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (Pierre et al., 2022).

Ante esta problemática, se vuelve imperativo en el contexto de la Amazonia realizar una transición en la práctica ganadera hacia enfoques más respetuosos con el medio ambiente. Esto implica reemplazar los monocultivos de gramíneas por pastizales naturales que demanden menos agua, así como la incorporación de especies vegetales perennes y la

implementación de sistemas silvopastoriles que amplíen la oferta de forraje de manera sostenible (Riascos et al., 2020).

Por lo tanto, se hace imperativo explorar medidas de adaptación, y entre estas destaca el uso de pastos forrajeros, que desempeñan un papel crucial en la mitigación de los efectos del cambio climático (Ramírez et al., 2017). Estos pastos desempeñan un papel fundamental al absorber el dióxido de carbono (CO₂) durante su crecimiento, acumulándolo y transportándolo a través de un proceso de difusión hacia las estomas de sus hojas, donde se utiliza en el proceso de fotosíntesis (Arroyo y Ramírez, 2020).

Adicionalmente, es esencial destacar que el carbono orgánico en el suelo (COS) se considera un indicador universal de la salud y la calidad de los suelos, y está estrechamente vinculado a sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Sorprendentemente, en el suelo, la cantidad de CO₂ supera en tres veces a la presente en los vegetales (Eswaran et al., 1993). Además, anualmente, como parte de su proceso natural de respiración, el COS libera entre 75 y 80 gigatoneladas (Gt) de CO₂ a la atmósfera (Santacruz, 2010). Esto subraya la importancia de comprender y gestionar eficazmente el CO en el suelo en nuestros esfuerzos por abordar el cambio climático.

Entre los factores que influyen sobre la capacidad de absorción de COS están la vegetación, tipo de suelo, clima y prácticas de gestión (Lefevre et al., 2017). Las diversas técnicas de gestión que se le brinda al suelo como la aplicación de abonos, manejo controlable del mismo al realizar prácticas agrícolas, pueden conservar o aumentar el COS, mejorar la productividad alimentaria, los recursos hídricos y la biodiversidad, a su vez sirven para mitigar y adaptarse al cambio climático (Laban et al., 2018).

El contenido de carbono en los suelos utilizados para cultivos de pasturas suele ser más elevado en comparación con otros tipos de cultivos, ya que los pastizales tienen mayor capacidad de almacenamiento de carbono. No obstante, es alarmante que aproximadamente el 70% de las tierras destinadas al pastoreo se encuentren en estado de degradación, y esta actividad desempeña un papel significativo como una de las principales causas de dicha degradación (Robert, 2002). Por otra parte, debemos tener en cuenta que los impactos del cambio climático están aumentando en intensidad y frecuencia, generando efectos más extremos y destructivos en nuestras áreas de pastoreo (Hernández, 2020). Aunque en climas más cálidos es posible que se promueva el crecimiento de pastos y forrajes, sin embargo,

existe un punto crítico en el que un aumento excesivo de la temperatura, la escasez de agua o la falta de nutrientes pueden dar lugar a una disminución del rendimiento (Nair et al., 2010).

Además de los desafíos que plantea el cambio climático, tanto la agricultura como la producción de pastos tienen un impacto directo o indirecto en las emisiones de gases hacia la atmósfera. En resumen, queda claro que el cambio climático y las transformaciones en el uso del suelo influyen significativamente en la producción de pastos y forrajes, lo que a su vez afecta la producción y la salud del ganado (Ramírez et al., 2017).

Con base en la información citada, nuestro objetivo es estimar el contenido de carbono orgánico en áreas con cultivos de especies forrajeras. Específicamente, buscamos determinar si factores como el tipo de vegetación, la aplicación de abonos orgánicos como pollinaza y nutrisano, las propiedades físico-químicas del suelo influyen en el almacenamiento de carbono en el mismo. Este análisis nos permitirá generar nuevos conocimientos que pueden desempeñar un papel fundamental en la prevención de la degradación del suelo. Nuestro propósito es desarrollar un plan que contribuya a mejorar el estado ambiental del área de estudio. Es importante tener en cuenta que la alimentación de animales con forraje es una de las prácticas más económicas para su crianza y, al mismo tiempo, representa un servicio ambiental valioso para la humanidad. Además, los suelos con un alto contenido de carbono orgánico tienden a ser más productivos, mejoran la calidad del agua y proporcionan condiciones óptimas de humedad para las plantas. Dentro de este contexto, nos planteamos la siguiente pregunta de investigación a realizarse en la Quinta Experimental El Padmi, es una zona destinada a la producción de germoplasmas forrajeros: **¿Cuál de las especies forrajeras en estudio tienen mayor capacidad de captura de carbono orgánico?**

3.1. Objetivos

Objetivo general

- Analizar la influencia de especies forrajeras, la aplicación de pollinaza y nutrisano y las propiedades físico-químicas del suelo, en el almacenamiento del carbono orgánico en la Quinta Experimental El Padmi, provincia Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos

- Establecer una comparación de las propiedades físico-químicas del suelo entre especies forrajeras antes y después de la aplicación de pollinaza y nutrisano, en la Quinta Experimental El Padmi.
- Comparar el contenido de carbono orgánico del suelo entre especies forrajeras antes y después de la aplicación de pollinaza y nutrisano, en la Quinta Experimental El Padmi.
- Proponer un plan de mejoramiento ambiental del suelo que permita mejorar el nivel de biomasa forrajera y carbono orgánico en la Quinta Experimental El Padmi, provincia Zamora Chinchipe.

4. Marco Teórico

4.1. Características de las pasturas y suelos de la Amazonía Ecuatoriana

En Ecuador, nos enfrentamos a diversos desafíos relacionados con los pastizales y las explotaciones ganaderas, siendo uno de los más significativos la calidad genética de las pasturas, lo que puede resultar en la producción de forraje con un contenido proteico bajo (Benitez et al., 2017). Por otro lado, las amenazas que se ciernen sobre la Amazonía han adquirido una dimensión global preocupante. La deforestación tropical y la continua conversión de tierras en pastizales y campos de cultivo ejercen una presión constante sobre los ecosistemas de esta región, poniendo en peligro su sostenibilidad. Esta transformación también conlleva efectos dañinos en el suelo, que incluyen la compactación, la escasez de agua debida a alteraciones en la infiltración y una reducción en la capacidad de retención de la humedad (Tiria et al., 2018).

En la Amazonía Ecuatoriana, diversas prácticas agrícolas son responsables del deterioro de los suelos. Estas prácticas incluyen la quema de vegetación, la implementación de monocultivos, el uso extensivo de plaguicidas, la gestión inadecuada del suelo, la falta de control en la erosión y la expansión de áreas destinadas a la ganadería (Sánchez et al., 2020). Adicionalmente, la producción agrícola y ganadera se ve confrontada con desafíos significativos, en gran parte debido a las particularidades inherentes de los ecosistemas de la región. Estos ecosistemas, caracterizados por su fragilidad, presentan suelos empobrecidos en nutrientes debido a la constante lixiviación provocada por las elevadas precipitaciones. Por lo tanto, producen pastos tropicales con un limitado valor nutritivo (Vargas et al., 2018). Es

relevante destacar que la mayoría de los suelos en la región oriental del Ecuador se clasifican como *inceptisoles*, lo que significa que presentan horizontes poco definidos, por ende, son menos adecuados para actividades agrícolas. Estas características hacen que estos suelos sean particularmente frágiles y con limitaciones significativas para su uso en la agricultura y la ganadería (Nieto & Caicedo, 2012).

En lo que respecta a la retención de nutrientes, es importante destacar que los suelos amazónicos exhiben una capacidad muy limitada en este aspecto. Esta característica se atribuye, en parte, a la alta concentración de aluminio e hidrógeno, que ocupan los espacios que normalmente deberían retener los nutrientes esenciales. A pesar de esta capacidad reducida del suelo para mantener nutrientes, la supervivencia del bosque no se ve amenazada, dado que la vegetación amazónica ha desarrollado adaptaciones a estos suelos altamente meteorizados y sometidos a un lavado constante (Torres & Cuartas, 2013).

4.2. Carbono Orgánico del Suelo (COS)

El carbono orgánico mejora la fertilidad, la estructura e indica la calidad del suelo, ya que influye en propiedades químicas, físicas y biológicas. Ante ello, manejar adecuadamente estos contenidos es importante en la agricultura y gestión de suelos (Virdee et al, 2018). En la actualidad, el almacenamiento de carbono en el suelo ha obtenido reconocimiento a nivel global como un medio para mitigar la contaminación ambiental. Esto ha impulsado a numerosos países a promover la conservación de sus tierras y la sostenibilidad de la producción, con el objetivo de fomentar un entorno de bienestar más equilibrado. En términos generales, las prácticas de manejo que aumentan el contenido de carbono orgánico en el suelo también desempeñan un papel clave en la reducción de la erosión, el incremento de la producción agrícola y la mejora de los recursos naturales (Martínez et al., 2008). El carbono orgánico desempeña un papel de suma importancia, ya que refleja el estado y la fertilidad del suelo, representando aproximadamente el 69.8% del carbono presente en la biósfera (Cantú y Yáñez, 2017).

La capacidad del suelo para funcionar como fuente o reservorio está directamente relacionada con su uso y manejo. No obstante, es crucial reconocer que diversas prácticas agrícolas continúan provocando una constante disminución en las propiedades físico-químicas del suelo. Esta disminución tiene un impacto directo en la capacidad productiva del suelo y plantea un riesgo considerable para la sostenibilidad de los ecosistemas (Caicedo, 2021).

4.2.1. Factores que intervienen en el contenido de carbono en el suelo

Según diversos estudios, el contenido de carbono en el suelo está influenciado en mayor medida por factores como el clima, la vegetación, la topografía, las propiedades del suelo y su uso (Hontoria et al., 2004). Descuidar la consideración de estos factores puede conducir a errores significativos al llevar a cabo mediciones o realizar seguimientos del carbono en el suelo (González et al., 2008).

4.2.2. Carbono Orgánico y su relación con las propiedades del suelo

El carbono orgánico ejerce una notable influencia en una amplia gama de propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que están intrínsecamente relacionadas con su calidad, sostenibilidad y capacidad productiva. Por lo tanto, en el marco de un enfoque de manejo sustentable, es esencial mantener o incluso aumentar el contenido de carbono orgánico en el suelo. La afectación de estas propiedades suele surgir como resultado de las prácticas continuas de labranza del suelo, lo que, a su vez, amenaza la sostenibilidad de los sistemas agrarios (Martínez et al., 2008). En este sentido, es imperativo comprender y analizar minuciosamente el almacenamiento y la distribución del carbono orgánico del suelo (Mloza-Banda et al., 2016).

El impacto del carbono orgánico en las propiedades físicas del suelo se manifiesta a través de alteraciones en la estructura y la disposición del espacio poroso del mismo. Cabe destacar que la cantidad de carbono orgánico presente no solo está influenciada por las condiciones ambientales locales, sino que también se ve significativamente afectada por las prácticas de manejo que se aplican al suelo (Laban et al., 2018).

4.2.3. Especies forrajeras

Los forrajes representan una opción alimentaria predominante en diversos sistemas de producción ganadera en regiones tropicales. Sin embargo, es importante reconocer que estos términos de cantidad como de calidad (Portillo et al., 2019). Además, se ha observado que la producción en un potrero se optimiza cuando este está compuesto por una combinación adecuada de gramíneas, leguminosas y plantas adventicias beneficiosas. Esta mezcla diversificada permite alcanzar niveles de autosuficiencia alimentaria en las explotaciones ganaderas (Jiménez & Martínez, 2019).

Los pastos y forrajes desempeñan un papel fundamental en la dieta de los animales herbívoros, ya que proporcionan nutrientes esenciales como proteínas, carbohidratos y otros elementos vitales para el desarrollo y crecimiento de los animales (García, 2021). La incorporación de plantas forrajeras en la alimentación de diversos animales representa una opción eficaz y rentable en el contexto de los sistemas agropecuarios (Vázquez et al., 2021).

- ***Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A.Gray**

Tithonia diversifolia, es una especie arbustiva con un alto potencial forrajero, perteneciente a la familia Asteraceae, puede producir hasta 19,5 toneladas de materia seca (MS) por hectárea al año, y este rendimiento puede aumentar del 11,7 a 30% proteína seca (PC) con la aplicación de fertilizantes (Gallego et al, 2017). Esta versátil planta no solo contribuye a la producción forrajera, sino que también mejora el reciclaje de nutrientes, previene la erosión del suelo y se utiliza eficazmente en bancos de forraje y sistemas silvopastoriles (Vargas et al., 2022).

Comúnmente conocida como “Botón de Oro”, esta especie tiene un amplio rango de adaptación y de distribución en la zona tropical de América, que se extiende desde el sur de México hasta Colombia y en el mundo. Es caracterizada por su rápido crecimiento, su baja demanda de insumos y su sencillo manejo en el cultivo. Además, se destaca por su capacidad para tolerar condiciones de acidez y baja fertilidad del suelo (León et al, 2018).

Un aspecto importante es que esta planta se considera una herramienta efectiva en la mitigación de las emisiones de metano producidas por la fermentación de los rumiantes, contribuyendo así a la reducción de este gas de efecto invernadero. Es relevante mencionar que el “Botón de Oro” es una de 68 especies más utilizadas en la rehabilitación de suelos, y sus hojas contienen niveles significativamente más altos de fósforo y potasio (N 3,5%, P 0,3% y K 3,8%) en comparación con la mayoría de las leguminosas empleadas en agroforestería (Contreras y Ruge, 2021).

- ***Trichanthera gigantea* (Humboldt & Bonpland.)**

La planta conocida comúnmente como “nacedero” o *Trichanthera gigantea* ofrece una serie de ventajas significativas para su utilización como fuente de forraje en la alimentación del ganado. Esta planta se destaca por su capacidad de adaptación a diversos agroecosistemas y se caracteriza por su alto contenido de proteína, excelente digestibilidad y

alta aceptabilidad entre el ganado (Ruiz y Fonseca, 1970). La proteína juega un papel crucial en la formación de bancos forrajeros, y en este contexto, *Thichantera gigantea*, también conocida como “quiebra barriga” ha sido identificada como una fuente importante de proteína (Congo et al., 2019).

Estudios han demostrado que las plantas leñosas forrajeras arbustivas, como *Trichanthera gigantea*, poseen niveles elevados de proteína que oscilan entre el 18% y 30%, lo que las convierte en una valiosa opción como alimento para el ganado (Rojas et al., 2021). Además de su perfil nutricional destacado, esta planta exhibe la capacidad de producir cantidades significativas de forraje verde a lo largo del año. También es importante destacar su resistencia a plagas y enfermedades, así como su habilidad para tolerar suelos ácidos y con bajos niveles de fertilización (Espinosa et al., 2013).

4.3. Enmiendas importantes en el suelo

Conforme a la investigación realizada por Vázquez y Loli (2018), la incorporación de enmiendas orgánicas en el suelo, elaborados a partir de una variedad de materiales orgánicos, tiene un impacto beneficioso en la restauración del suelo. Esta práctica es considerada como una tecnología sostenible que puede aprovechar la considerable cantidad de residuos de las cosechas, contribuyendo así a la mejora de la fertilidad del suelo y a la reducción de su degradación.

• Pollinaza

Este abono orgánico que produce a través de un proceso de fermentación, en su mayoría aeróbica, que involucra los excrementos de pollos de engorde junto con un material orgánico de naturaleza ligno – celulósica de las camas donde se cría las aves (Torres et al, 2016). Además, este abono orgánico está enriquecido con todos los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento de las plantas. Su aplicación en el suelo puede mejorar significativamente la estabilidad estructural del mismo, aumentar la infiltración del agua y aumentar la capacidad de retención de la humedad en el suelo (López et al, 2012).

• Nutrisano

Es un tipo de abono orgánico se caracteriza por requerir un control riguroso, que abarca desde la adquisición hasta el almacenamiento de la materia orgánica de origen vegetal y animal. Durante su proceso de elaboración, se presta especial atención a los niveles de

humedad y temperatura, manteniendo estas condiciones controladas durante un período de 60 a 70 días. Este abono no solo enriquece el suelo con nutrientes, sino que también promueve el desarrollo de microorganismos benéficos que habitan en este entorno (Prefectura de Loja, 2015).

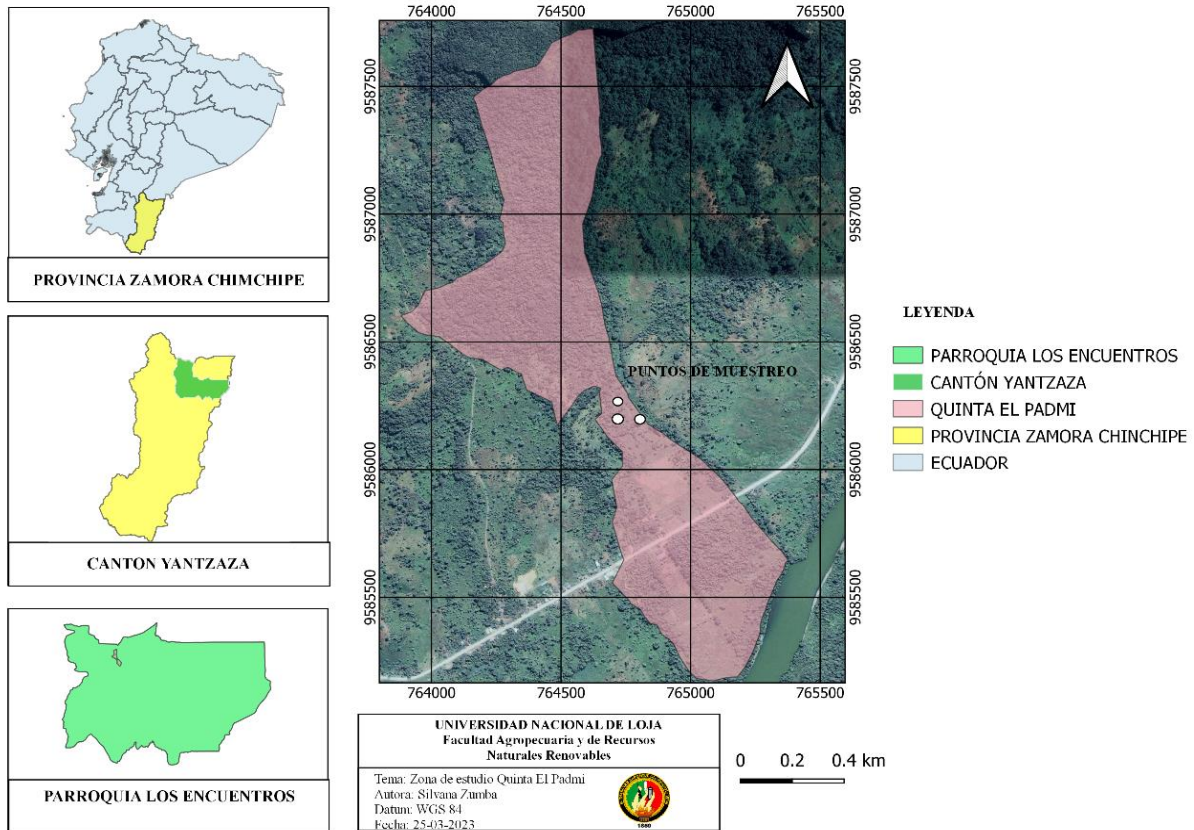
5. Metodología

La investigación actual se llevó a cabo bajo un enfoque experimental de naturaleza cuantitativa, en el que se incorporó un estudio correlacional. Durante el estudio, se exploraron las relaciones entre la concentración del carbono orgánico del suelo (COS), la vegetación presente, la aplicación de abonos orgánicos como la pollinaza y el nutrisano, así como las propiedades físico- químicas del suelo. Esta investigación se desarrolló en las instalaciones de la Quinta Experimental El Padmi.

5.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja, la cual se encuentra ubicada en el corredor fluvial del río Zamora, a 5 km al norte de su confluencia con el río Nangaritza (ver Figura 1). Esta estación está situada en la parroquia Los Encuentros del cantón Yantzaza, perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe, y abarca una extensión de 102,95 hectáreas (Morocho, 2013). Las coordenadas geográficas de la estación son las siguientes: latitud 9 586 042 y longitud 765 113. El rango de altitud de la estación varía desde 775 metros sobre el nivel del mar en la margen izquierda del río Zamora hasta 1150 metros sobre el nivel del mar en la cima norte, lo que supone una diferencia de elevación de 400 metros. Según la clasificación de Sierra, el tipo de vegetación predominante en esta área corresponde al bosque siempre verde de tierras bajas (Valarezo, 2003).

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

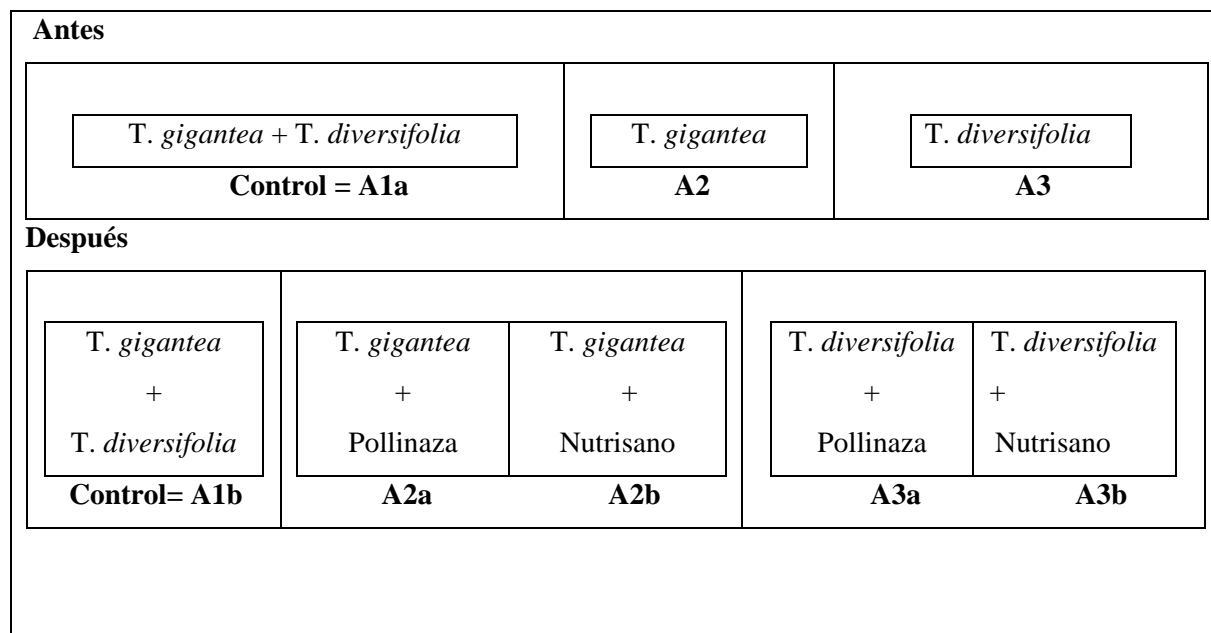
5.2. Metodología para comparar las propiedades físico-químicas y el contenido de carbono orgánico del suelo tanto antes como después de la aplicación de los abonos.

Para el plan de muestreo se aplicó un diseño de tipo experimental evaluando el impacto de las especies forrajeras *Tithonia diversifolia* y *Thichanthera gigantea*, en combinación con dos tipos de abonos, pollinaza y nutrisano, sobre las propiedades físico-químicas y el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo de la Quinta Experimental El Padmi. El estudio se llevó a cabo en tres áreas, una de las cuales se consideró como control, con ambos tipos de forrajes, pero sin abono. Se realizaron dos muestreos, tanto antes como después de la aplicación de los abonos, enfocándose en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Se emplearon muestras perturbadas para analizar el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico, la materia orgánica y la textura del suelo, mientras que las muestras no perturbadas se utilizaron para determinar la densidad aparente; cada análisis se llevó a cabo con tres repeticiones por cada muestra recolectada.

5.2.1. Distribución de los puntos de muestreo

Antes de llevar a cabo el primer muestreo, se procedió a la aplicación de abonos en áreas dedicadas al cultivo de especies forrajeras, especialmente *T. diversifolia* y *T. gigantea*. Cada una de estas áreas tenía una extensión de 700 m². Se utilizó una cantidad de 7, 24 toneladas por hectárea en nutrisano y 3,58 toneladas por hectárea de pollinaza como abono. A continuación, se realizaron las muestras correspondientes para la primera fase del muestreo. Pasados los tres meses desde el inicio del proceso de descomposición, se llevaron a cabo nuevas muestras de suelo en las mismas unidades experimentales utilizadas en el primer muestreo. Estos procedimientos están detallados en la Figura 2 (consultar Anexo 1) y en la Tabla 1 se puede apreciar las propiedades analizadas en el presente estudio.

Figura 2. Distribución del ensayo experimental del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Variables analizadas en la investigación

Variables	Unidad
Propiedades físicas del suelo	
Textura	-
Densidad aparente	g cm ³
Color	-
Propiedades químicas del suelo	
pH	-
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	meq/100g
Conductividad eléctrica (CE)	mmho/cm
Materia orgánica (MO)	%
Carbono orgánico (CO)	%
Vegetación (spp. Forrajeras mejoradas)	
<i>Tithonia diversifolia</i>	-
<i>Trichanthera gigantea</i>	-
Abonos	
Pollinaza	ton/ha
Nutrisano	ton/ha

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Toma de muestras de Suelo

Las muestras de suelo se recolectaron siguiendo la metodología propuesta por Duval et al., (2014). El proceso se decidió en varias etapas:

1. Para las muestras disturbadas en las unidades experimentales seleccionadas, se empleó un barreno en forma de zig-zag, recolectando 20 submuestras de suelo en cada punto. Estas submuestras fueron adecuadamente homogeneizadas, tomando tres muestras antes de la aplicación del abono y cinco muestras después (una por cada área).
2. Luego, las muestras de suelo obtenidas se etiquetaron de manera apropiada y se trasladaron al laboratorio de suelos, aguas y bromatología de la UNL. Allí, las muestras se secaron al ambiente y pasaron por el proceso de tamizado (consultar Anexo 2). Cada análisis se llevó a cabo con tres repeticiones por cada muestra recolectada.
3. Las muestras no disturbadas (ver Anexo 3) se obtuvieron utilizando un equipo especializado para determinar densidad aparente. Este equipo incluyó un muestreador,

combo de goma, una espátula, una caja metálica y cilindros con tapa. Se consideró una profundidad de 0-20 cm correspondiente a la capa orgánica del suelo. Esta elección se basó en un estudio previo realizado por R. Cruz en 2022 en bancos de forraje, donde se proponen tres estratos de profundidad (0-10, 10-20 y 20-30 cm).

Según Anaya et al. (2003), a esta profundidad del suelo (0-30 cm) se concentra la mayor concentración de carbono orgánico. Además, se considera la recomendación de Carvajal y Andrade (2021), quienes sugieren que las unidades experimentales deben establecerse en áreas con condiciones de relieve y topografía similares para evitar sesgos en las áreas a estudio.

5.3.3. Fase de Laboratorio

Para la fase de laboratorio las muestras disturbadas fueron previamente secadas al ambiente y tamizadas, posterior a ello se empleó cada uno de los siguientes procesos con sus respectivos anexos.

5.3.3.1. Determinación de las Propiedades Físicas del suelo

Para la determinación de las propiedades físicas del suelo se tomó en consideración los siguientes pasos:

a) Textura

La textura del suelo se determinó mediante el método de Bouyoucos o método del hidrómetro, tal como se describe en CIAT (1993). El proceso de identificación se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se pesaron 50 g de la muestra de suelo y se colocaron en un vaso de plástico de 250 ml.
2. Luego, se agregaron 100 ml de agua destilada, 5 ml de hidróxido de sodio 1 N y 5 ml de oxalato de sodio saturado al mismo vaso que contenía la muestra de suelo previamente pesada. Esta mezcla se dejó reposar durante 30 minutos y se agitó con una varilla de vidrio.
3. La mezcla obtenida en el paso anterior se transfirió cuidadosamente al vaso de dispersión y se colocó en un agitador durante 5 minutos para suelos arenosos y 15 minutos para suelos arcillosos.

4. A continuación, se vertió la suspensión dispersa en la probeta de vidrio Bouyoucos, se completó el volumen a 1000 ml utilizando agua destilada. Se insertó un agitador manual en la probeta y se agitó la mezcla de sólidos de arriba abajo hasta que estuvo uniforme.
5. Finalmente, se registró la lectura del hidrómetro a los 40 segundos, corrigiendo la lectura en función de la temperatura de la suspensión. Después de 2 horas, se realizó una segunda lectura según la temperatura indicada en la Tabla 2 (ver Anexo 4a).

Tabla 2. Factores de corrección en base de la temperatura de la suspensión.

Temperatura (°C)	Factor de corrección
14	-2,16
15	-1,80
16	-1,44
17	-0,108
18	-0,72
19	-0,36
20°C Calibración	0,0
21	2,16
22	1,80
23	1,44
24	0,108
25	0,72
26	0,36

La textura del suelo por el presente método se calculó con las ecuaciones del 1 al 4 (Mckean, 1993). Para el cálculo del % de arena en suspensión se utilizó la Ecuación 1 y 2.

$$\% \text{ Arena } (A_o) = 100 - (\% \text{ Limo} + \% \text{ Arcilla}) \text{ [Ec. 1]}$$

$$\% \text{ Arena } (A_o) = 100 - (1ra \text{ lectura corregida} * 2) \text{ [Ec. 2]}$$

Con la Ecuación 3 y la segunda lectura corregida se obtuvo el % de Arcilla.

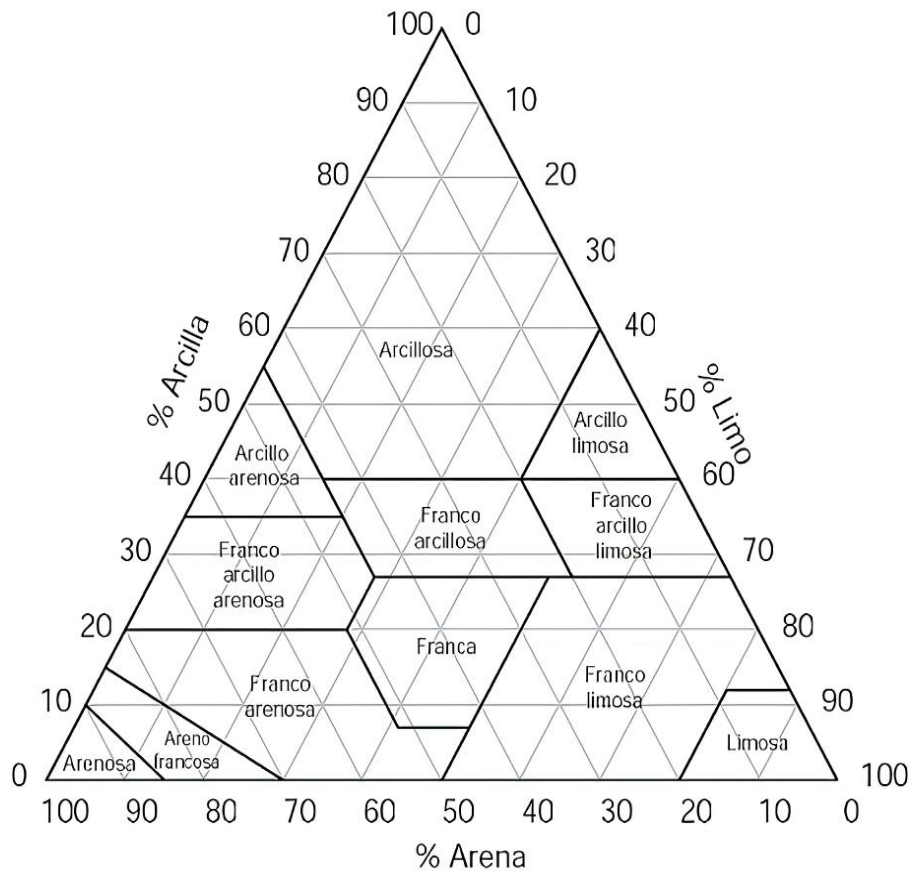
$$\% \text{ Arcilla } (A_c) = 2da \text{ lectura corregida} * 2 \text{ [Ec. 3]}$$

Para obtener el % de Limo, se aplicó la Ecuación 4.

$$\% \text{ Limo } (L_o) = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla}) \text{ [Ec. 4]}$$

Una vez obtenidos los respectivos porcentajes de Arena (A_o), Limo (L_o) y Arcilla (A_c), se utilizó el triángulo textural para realizar la clasificación del suelo que está dada por el nombre del área en la cual se interceptan las 3 líneas (Figura 3).

Figura 3. Triángulo de las clases texturales básicas del suelo a partir del análisis mecánico.



Fuente: USDA (1999)

b) Densidad Aparente (DA)

Para calcular la DA de las muestras de suelo se utilizó el método del cilindro de volumen conocido sugerido por Torres et al., (2021) donde inicialmente las muestras se pesaron en húmedo, posteriormente se secaron en el horno a 105°C por 24 horas, la diferencia entre los valores de las muestras pesadas permitió obtener la DA (Anexo 4b). La Ecuación 5 se utilizó para el respectivo cálculo:

$$DA (g\ cm^{-3}) = \frac{SS - PC}{VC} [Ec. 5]$$

Donde:

SS: Peso seco del suelo

PC: Peso del cilindro

VC: Volumen conocido del cilindro

c) **Color**

La determinación del color del suelo se llevó a cabo mediante la comparación con los diversos patrones de color establecidos en la tabla Munsell. Esta tabla proporciona una serie de parámetros que permiten obtener una variación de colores en función de la matriz, el brillo y el croma, como se describe en Domínguez et al. (2012) (ver Anexo 5).

1. Nos dirigimos a un lugar iluminado para facilitar la observación y percepción.
2. Colocamos una pequeña muestra de suelo seco en los orificios de la tabla Munsell y seleccionamos el color que mejor se asemeja a la muestra.
3. Luego, identificamos el matiz, el croma y el valor, y registramos el código correspondiente.

5.3.3.2. **Determinación de las Propiedades Químicas del suelo**

Para determinar el pH, materia orgánica y el carbono orgánico del suelo, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

a) **pH**

1. Se tomaron 20 g de suelo y se mezclaron con 50 ml de agua destilada. La mezcla se agitó durante 5 minutos a 400 rpm y luego se dejó reposar durante 30 minutos.
2. Posteriormente, se procedió a medir el pH utilizando un potenciómetro previamente estandarizado. Durante la medición, se agitó la mezcla y se interpretaron los resultados con referencia a la Tabla 3 (ver Anexo 6a).

Tabla 3. Interpretación del pH.

pH	Interpretación
5,5	Ácido
5,6 a 6,4	Ligeramente ácido
6,5 a 7,5	Prácticamente neutro
7,6 a 8,0	Ligeramente alcalino
8,1	Alcalino

Nota: Estos niveles son válidos cuando el pH se ha determinado en una suspensión de relación (suelo: agua) (1:2:5).

b) Materia orgánica (MO) y Carbono orgánico (CO)

Para determinar la concentración de CO (carbono orgánico), se llevó a cabo la medición de la materia orgánica (MO) utilizando el método de Walkley y Black (1947), tal como se describe en el procedimiento explicado por Andrades et al., (2015).

1. A partir de las muestras de suelo, previamente secadas al ambiente y tamizadas con un tamiz de 0,5 mm, se pesaron 0,1 g o 0,5 g de suelo, dependiendo de la coloración en matraces Erlenmeyer de 250 ml.
2. Se agregaron 5 ml de $K_2Cr_2O_7$ con una concentración de 1 N y se añadieron 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado al 97%. La muestra se agitó suavemente durante un minuto para homogeneizar y evitar que el suelo se adhiriera a las paredes del matraz. Luego, se las dejó reposar durante 30 minutos.
3. En el siguiente orden, se adicionaron 100 ml de agua destilada y 5 ml de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) al 85 %. Los matraces se colocaron sobre un agitador, y a cada muestra se le añadieron 10 gotas de difenilamina ($C_{12}H_{11}N$).
4. Posteriormente, se tituló el exceso de dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$) utilizando una solución de sal de Morh con una concentración de 0,5 N.
5. Finalmente, se registró el volumen consumido, observando el cambio de color de la muestra de azul a verde intenso, y se anotó el volumen gastado durante la titulación.

Se determinó en contenido de CO y la MO por medio de la Ecuación 7 y 8 respectivamente.

$$CO (\%) = \frac{(V_0 - V) * N * 0,39}{(PM)} \text{ [Ec. 7]}$$

Donde

V_0 = Volumen gastado en la titulación del blanco

V = Volumen gastado en la titulación de la muestra

N = Normalidad exacta de sulfato de hierro

0,39 = Peso químico equivalente del carbono

$$MO (\%) = \%C * 1,72 * 1,1 \text{ [Ec. 8]}$$

Donde

$\%C$ = Contenido de carbono en porcentaje

1,72 = Constante de conversión de CO a MO sobre la hipótesis de que la MO contiene 58 % de CO en la generalidad de los suelos encontrados en el Ecuador.

1,1 = Error de conversión de CO a MO (10 %)

Se obtuvo el contenido total de COS por cada hectárea con la Ecuación 9 (Andrades et al., 2015).

$$COS = \%C * da * ps * 100 \text{ [Ec. 9]}$$

Donde

COS = Carbono orgánico en el suelo, en toneladas por hectárea (t ha-1)

$\%C$ = Porcentaje de carbono en el suelo

DA = Densidad aparente del suelo

ps = Profundidad del suelo en metros (m)

c) Conductividad eléctrica (CE)

1. Inicialmente, se recolectaron las muestras de suelo, las cuales posteriormente fueron sometidas a un tamizado con un tamiz de 2 mm. De la cantidad de suelo que pasó a través del tamiz de 2 mm. De la cantidad de suelo que pasó a través del tamiz, se extrajeron 100g, y esta cantidad se mezcló cuidadosamente con agua destilada hasta lograr una pasta que refleje la luz de manera brillante (como se aprecia en el Anexo 6b).
2. Después de la mezcla, la muestra se dejó reposar durante un periodo de 14 horas antes de proceder con el proceso de filtración, utilizando un embudo Buchner y aplicando vacío. Es importante destacar que en esta etapa se llevó a cabo la medición de la resistencia eléctrica de la suspensión, utilizando las escalas proporcionadas por el equipo, con el objetivo de obtener datos precisos.

d) Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

1. En primera instancia, se procedió a pesar 5 g de suelo, a los cuales se les adicionaron 25 ml de acetato ($OAcNH_4$) 1N con un pH 7,0, seguido de una agitación constante durante 30 minutos.

2. Luego de esta etapa, se permitió un reposo 15 minutos, tras el cual se realizó un proceso de filtración utilizando embudos, completamente con más reactivo (OAcNH_4) hasta alcanzar un volumen total de 100 ml. El líquido filtrado se recolectó en botellas de polietileno, con el propósito de determinar la concentración de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ .
3. Se procedió a efectuar un lavado del suelo con 100 ml de alcohol etílico, filtrando 20 ml en cinco ocasiones. Asimismo, se llevó a cabo un lavado del suelo con una solución de NaCl al 10% en proporciones de 10 ml por cinco veces. Estas soluciones se recogieron en un Erlenmeyer destinado para el análisis del CIC (como se muestra en el Anexo 6c).
4. Una vez finalizado el proceso de filtración del NaCl , se adicionaron 10 ml de formol al 40 %, los cuales fueron previamente neutralizados. A continuación, se introdujeron de 3 a 4 gotas de fenolftaleína al 1%.
5. Para concluir, se procedió a la titulación con NaOH 0,1 N hasta que se alcanzara un color rosado en la solución. Se efectuó un blanco utilizando agua destilada, NaCl y formol. Para el cálculo de CIC, se aplicó la Ecuación 6 correspondiente.

$$\text{CIC (meq/100 g)} = (\text{Gasto de NaOH 0.1 N de a muestra} - \text{gasto de NaOH del blanco}) * 2 \text{ [Ec. 6]}$$

En la Tabla 4 se resumen los análisis de laboratorio utilizados.

Tabla 4. Resumen de los análisis de laboratorio utilizados.

Variables	Método utilizado
Variables Físicas	
DA (g/cm^3)	Cilindro de Volumen conocido
Textura	Hidrómetro Bouyoucos
Color	Tabla Munsell
Variables Químicas	
pH	Potenciómetro
MO (%)	Walkey y Black. Espectrometría
CE (dS/m)	Conductividad Eléctrica NTC 5596
CIC (meq/100 g)	Extracción con Acetato de Amonio

5.3.4. Análisis Estadístico

En el primer y segundo objetivo con las propiedades físicas y químicas del suelo se aplicó estadística descriptiva; y, para determinar las diferencias entre dichas propiedades se aplicó la prueba de *Kruskal-Wallis* (KW) con un alfa =0,05. Esta prueba es un método estadístico no paramétrico utilizado para comparar dos o más grupos en relación a una variable cuantitativa en el mismo nivel ordinal, compara la medianas de los grupos basándose en las posiciones de las observaciones y es aplicable para tres o más grupos (Yu et al., 2019).

Esta prueba se aplicó debido a que las asunciones del análisis de varianza (ANOVA) no se cumplieron. El análisis estadístico se realizó en R 3,6 (R Project for Statistical Computing, Viena, Austria) (R Core Team, 2020), utilizándose un alfa=0,05.

5.4. Metodología para proponer el plan de mejoramiento ambiental del suelo que permita mejorar el nivel de biomasa forrajera y carbono orgánico en la Quinta Experimental El Padmi.

El desarrollo de este plan se basó en una exhaustiva revisión bibliográfica que abarcó bases de datos científicos, libros, artículos científicos y estudios relacionados con las especies forrajeras presentes en la Quinta. El plan de mejoramiento ambiental del suelo abarca una serie de estrategias que se centran en la educación, capacitación, conservación y contaminación ambiental. Su objetivo principal radica en la implementación de sistemas ambientalmente sostenibles que fomenten el incremento de la biomasa forrajera en la Quinta Experimental El Padmi, al mismo tiempo que se preserva o aumenta el contenido de carbono orgánico del suelo.

6. Resultados

a. Comparación de las propiedades físico-químicas del suelo entre especies forrajeras antes y después de la aplicación de pollinaza y nutrisano en la Quinta Experimental El Padmi.

6.3. Análisis descriptivo de las propiedades físico-químicas antes y después de la aplicación de los abonos

Para una mejor apreciación de los resultados obtenidos en la Tabla 5 se resumen los códigos utilizados en cada área de estudio.

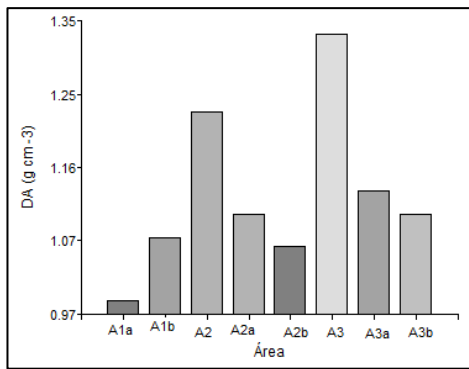
Tabla 5. Códigos utilizados en cada área del estudio tanto antes como después de la aplicación de los abonos.

Antes		Después	
Área	Código	Área	Código
Control	A1a	Control	A1b
T. gigantea	A2	T. gigantea + Pollinaza	A2a
		T. gigantea + Nutrisano	A2b
T. diversifolia	A3	T. diversifolia + Pollinaza	A3a
		T. diversifolia+ Nutrisano	A3b

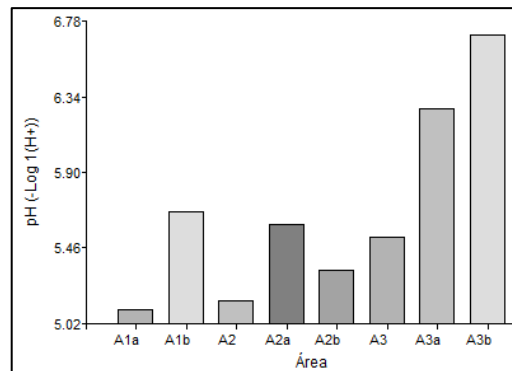
En cuanto a las propiedades físico-químicas previas a la aplicación de los abonos, se observó que la densidad aparente fue más elevada en el A3 ($1,33 \text{ g cm}^{-3}$), mientras que la más baja se registró en el A1a ($0,99 \text{ g cm}^{-3}$). En lo que respecta al pH, se identificó un promedio más alto en el A3 ($5,52\text{-Log } 1(\text{H}^+)$), siendo el más bajo en el A1a ($5,10\text{-Log } 1(\text{H}^+)$). En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), se observó un valor más alto en el A2 ($0,24 \text{ uScm}^{-1}$), mientras que fue más bajo en el A3 ($0,13 \text{ uScm}^{-1}$). Respecto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), se encontró el promedio más alto en el A2 ($19 \text{ meq}/100\text{g}$), mientras que el valor más bajo se registró para el A3 ($16,6 \text{ meq}/100\text{g}$). En relación a la materia orgánica (MO), se obtuvo un promedio más alto en el A1a ($7,18\%$), mientras que el más bajo se encontró en el A3 ($3,64\%$).

En cuanto a la segunda toma de muestras posterior a la aplicación de los abonos, se observó una densidad aparente (DA) más elevada en el A3a ($1,13 \text{ g cm}^{-3}$), mientras que la más baja se encontró en el A2b ($1,06 \text{ g cm}^{-3}$). En relación al pH, se identificó un valor más alto en el A3b ($6,7\text{-Log } 1(\text{H}^+)$), mientras que el más bajo se registró en el A2b ($5,33\text{-Log } 1(\text{H}^+)$). Respecto a la conductividad eléctrica (CE), se observó un valor más alto en A3b ($0,69 \text{ uScm}^{-1}$), mientras que el valor más bajo se encontró en el A2b ($0,26 \text{ uScm}^{-1}$). En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), se registró el valor más alto en el A2a ($19,20 \text{ meq}/100\text{g}$), mientras que el más bajo fue en el A3a ($14,4 \text{ meq}/100\text{g}$). Por último, en relación a la materia orgánica (MO), se mantuvo un promedio más alto en el A1b ($6,85\%$), mientras que el valor más bajo se encontró en el A3b ($4,01\%$). Los detalles de cada propiedad se pueden apreciar en la Figura 4, Anexo 7.

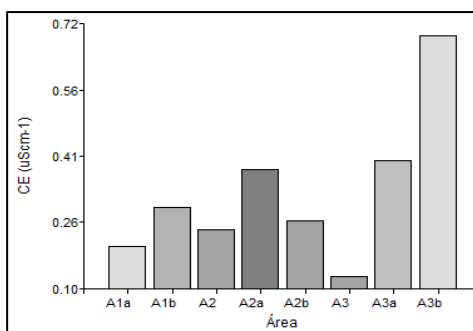
Figura 4. Resultados de las propiedades físico-químicas antes y después de la aplicación de los abonos. a= Densidad aparente. b= pH. c=conductividad eléctrica. d= Capacidad de intercambio catiónico. e=Materia orgánica.



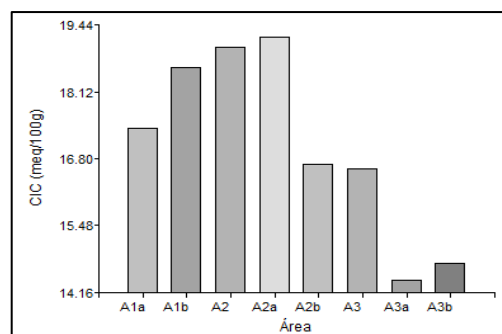
a)



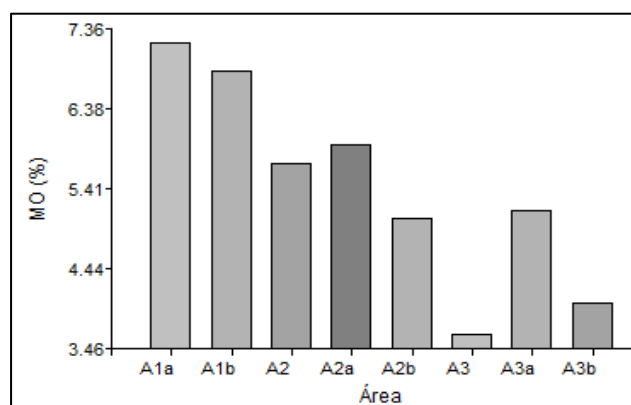
b)



c)



d)



e)

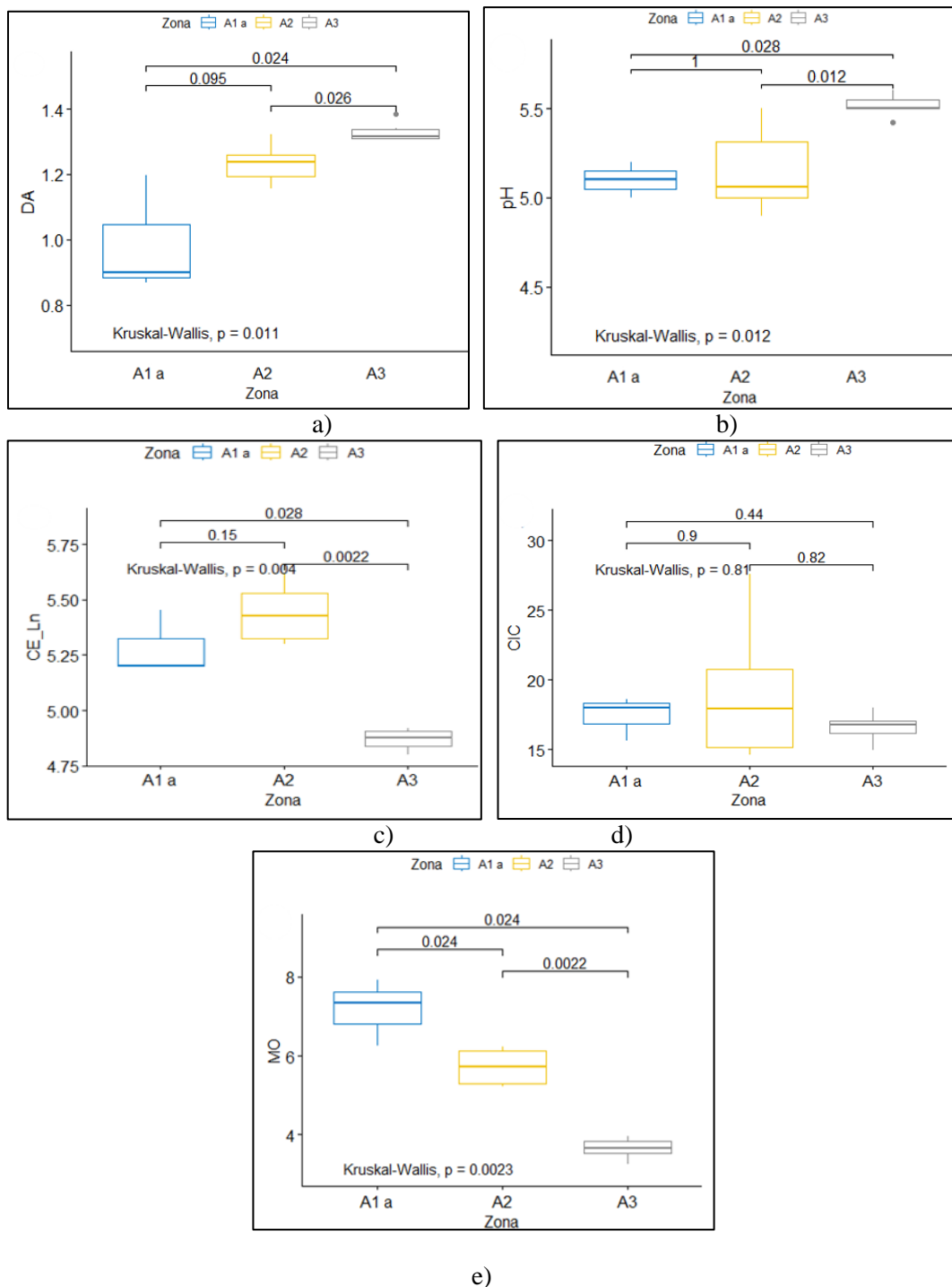
6.4. Análisis comparativo de las propiedades físico-químicas del suelo antes de la aplicación de los abonos

El análisis comparativo de las propiedades físico-químicas del suelo previo a la aplicación de los abonos se presentan en la Figura 5. En cuanto a la densidad aparente (DA) en las diferentes áreas estudiadas, se observó una diferencia significativa ($p=0,011$), clasificando esta DA como baja, con valores superiores a 1,5, según la clasificación de Murillo et al. (2014) (Figura 5 a). Sin embargo, no se encontró una diferencia significativa entre las áreas A1a y A2 ($P=0,095$).

En relación al pH, se evidenciaron diferencias significativas entre las tres zonas estudiadas ($p=0,012$), con un pH fuertemente ácido únicamente (5,1 – 5,5) en todas las áreas, de acuerdo con los parámetros establecidos por Cremona y Enríquez (2020) (Figura 5b). Por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) también mostró una diferencia significativa ($p=0,004$), indicando valores bajos ($<15-20$) según los estándares definidos por Bosch et al, (2012). No obstante, no se encontró diferencia significativa entre las áreas A1a y A2($p=0,15$) en cuanto a la CE (Figura 5c).

En lo que respecta a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), no se evidenció una diferencia significativa entre las áreas ($p=0,81$), lo que sugiere que el suelo mantiene un nivel de CIC bajo, dentro del rango de 10-20, de acuerdo con la investigación realizada por Garrido (1971) (Figura 5d). Por último, en cuanto a la materia orgánica (MO), se encontraron diferencias significativas entre las áreas ($p=0,0023$), señalando que el suelo presenta valores en el rango de medio (2-5) a óptimos (5-10), según lo definido por Pérez et al, (2017) (Figura 5e).

Figura 5. Comparación de propiedades analizadas del suelo antes de la aplicación de los abonos. a= Densidad aparente. b= pH. c=Conductividad eléctrica. d=Capacidad de intercambio catiónico. e= Materia orgánica.

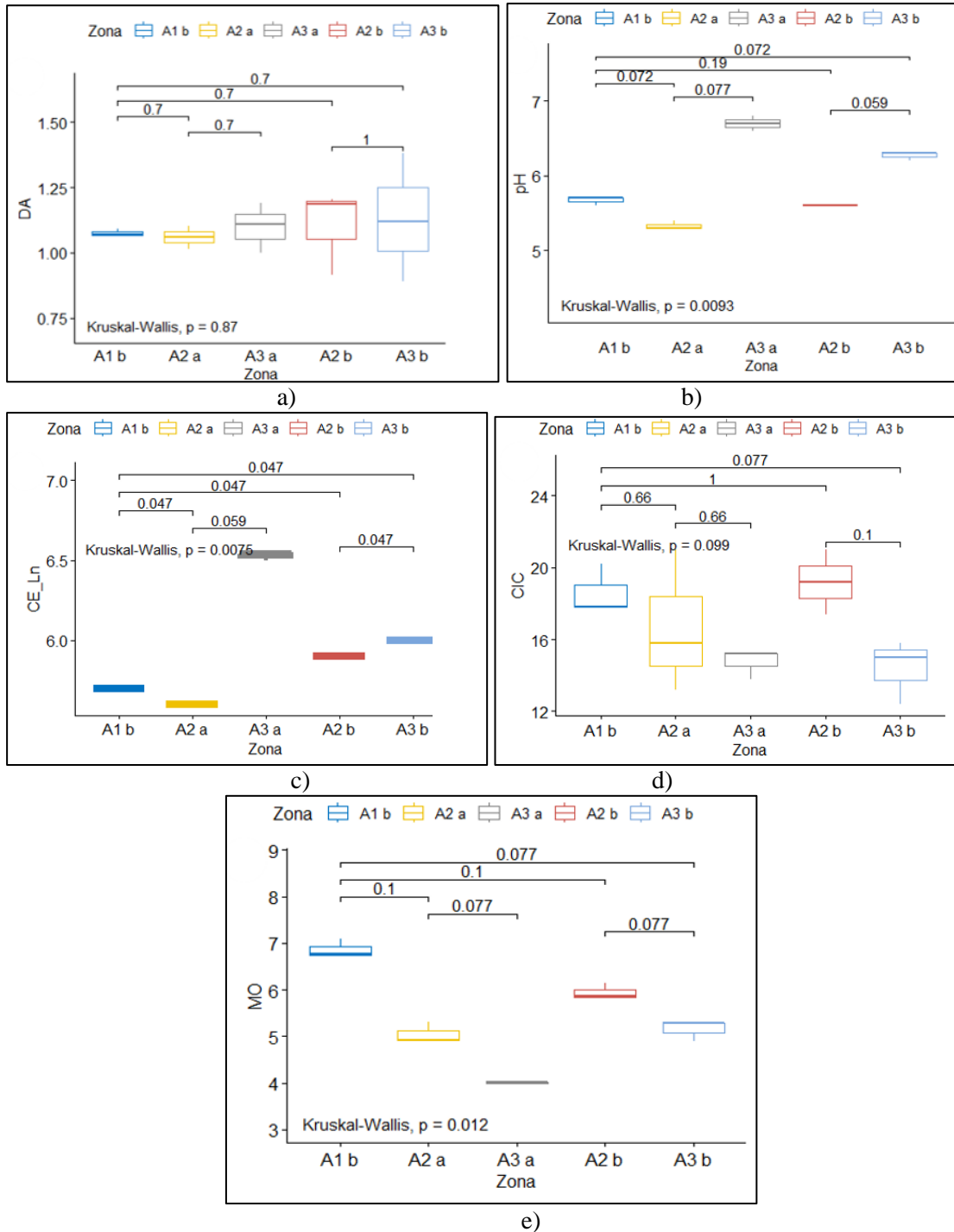


6.5. Análisis comparativo de las propiedades físico-químicas del suelo después de la aplicación de los abonos

La Figura 6 presenta un análisis comparativo de las propiedades físico-químicas del suelo después de la aplicación de los abonos. Tras la aplicación de estos, se observó un cambio en la densidad aparente (DA) en las tres áreas, aunque no se encontraron diferencias significativas ($p=0,87$), como se muestra en la Figura 6 a. Además, los resultados de las medias indican que el suelo en las tres zonas mantiene una densidad aparente baja (>1.5), según lo reportado previamente por Murillo et al. en 2014. En cuanto al pH, se observó una diferencia significativa ($p=0,0093$) entre las tres zonas estudiadas. Sin embargo, al comparar A1b con A2a y A3b ($p=0,072$), así como A1b con A2b ($p=0,19$), no se encontraron diferencias significativas. Las mediciones promedio revelan que el pH oscila desde fuertemente ácido hasta muy levemente ácido, en el rango de 5,3 – 6,7, como se ilustra en la Figura 6b (Cremona y Enríquez, 2020).

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), se registró una diferencia significativa ($p=0,0075$) entre las tres zonas, con la excepción de A2a con A3b ($p=0,059$), como se muestra en la Figura 6c. Los valores de CE se mantienen en niveles bajos, por debajo de 15-20, según lo informado por Bosch et al. en 2012. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) no mostró diferencias significativas ($p=0,099$) entre las tres áreas, como se representan en la Figura 6d. Los resultados del CIC indican que el suelo se sitúa en un nivel bajo a medio, con valores que oscilan entre 10 y 35, siguiendo la clasificación de Garrido en 1971. En relación a la materia orgánica (MO), las áreas estudiadas no presentaron diferencias significativas ($p=0,012$), como se aprecia en la Figura 6e. Los valores promedio de MO se encuentran en el rango de medio a óptimo, que va desde 2 hasta 10, según lo establecido por Pérez et al. en 2017.

Figura 6. Comparación de las propiedades analizadas del suelo después de la aplicación de los abonos. a= Densidad aparente. b= pH. c=Conductividad eléctrica. d=Capacidad de intercambio catiónico. e= Materia orgánica.

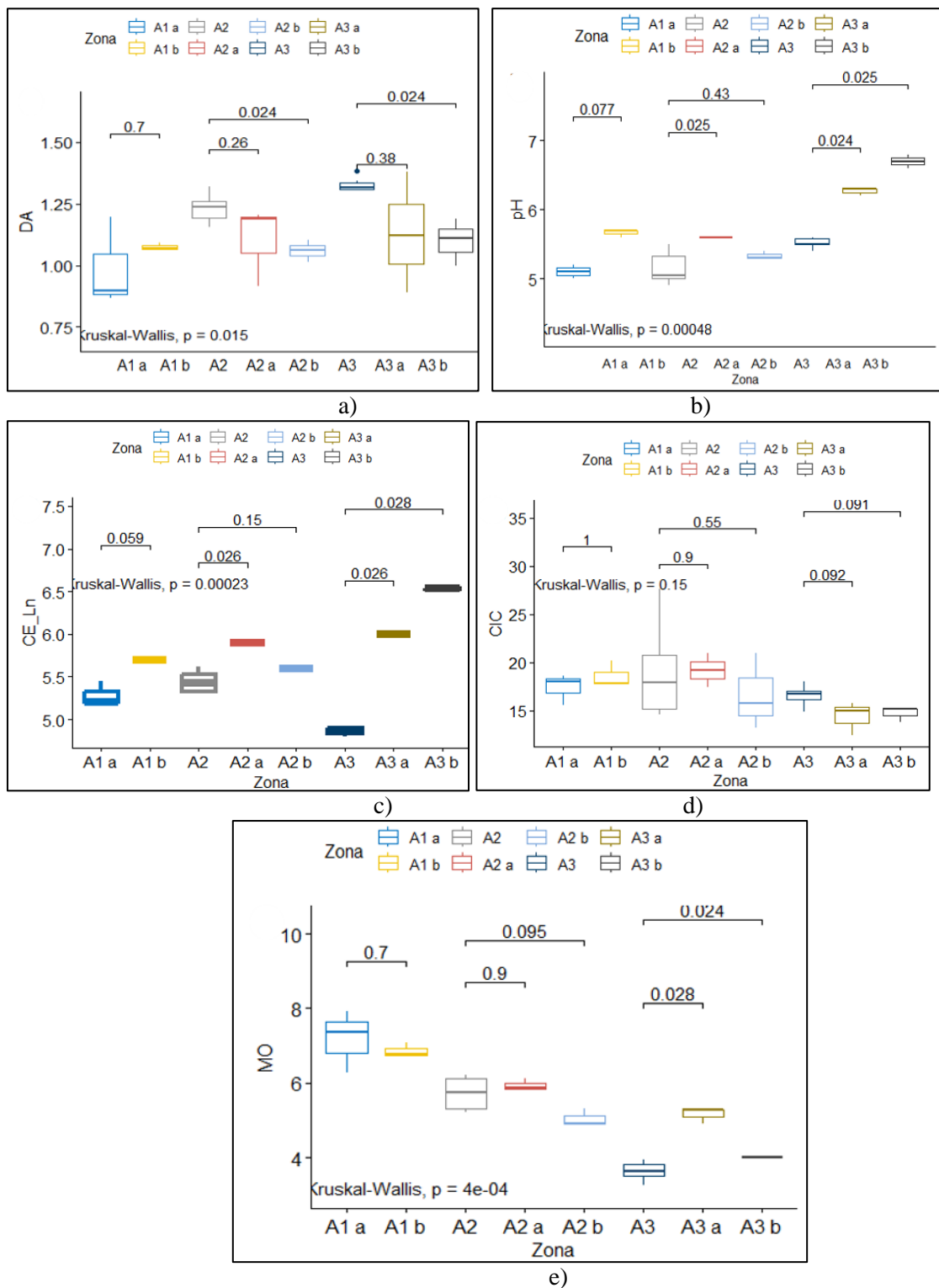


6.6. Análisis comparativo de las variables cuantitativas del suelo antes y después de la aplicación de los abonos

El análisis comparativo de las propiedades físico-químicas del suelo, tanto antes como después de la aplicación de los abonos, se presentan en la Figura 7. En cuanto a la densidad aparente (DA), se observó una diferencia significativa ($p=0,015$), lo que sugiere que esta variable no incide en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo debido a su baja DA. Sin embargo, en los casos de A1a y A1b ($p=0,7$), A2b ($p=0,26$) y A3b ($p=0,38$) (Figura 7a), no se obtuvo el mismo resultado. En lo que respecta al pH, se encontraron diferencias significativas ($p=0,00048$), pero no se relacionaron con el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. Además, no se hallaron diferencias significativas entre A1a y A1b ($p=0,077$), ni entre A2 y A2b ($p=0,43$) (Figura 7b).

Después de la aplicación de los abonos, la conductividad eléctrica (CE) mostró una diferencia significativa ($p=0,00023$), a excepción del grupo de control ($p=0,059$) y la comparación entre A2 y A2b ($p=0,15$) (Figura 7c). En relación a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), no se encontraron diferencias significativas ($p=0,15$), lo que sugiere que esta variable puede influir en el contenido de carbono orgánico del suelo, posiblemente debido a la descomposición experimentada por la materia orgánica (Figura 7d). Finalmente, al analizar la relación entre la materia orgánica (MO) y las tres áreas de estudio, se evidenció una diferencia significativa ($p<0,0004$), lo que sugiere que la MO no influye en el contenido de carbono orgánico del suelo (Figura 7e).

Figura 7. Comparación de las propiedades del suelo antes y después de los abonos aplicados. a= Densidad aparente. b= pH. c= Conductividad eléctrica. d=Capacidad de intercambio catiónico. e= Materia orgánica.



6.7. Análisis de las variables cualitativas del suelo antes y después de la aplicación de los abonos

En cuanto a la textura del suelo, se observó que tanto antes como después de la aplicación de los abonos, el área de control mantuvo una textura de franco arenoso, mientras que las áreas A2 y A3 presentaron una textura franca (ver Anexo 8 y 9). En lo que respecta al color del suelo, en el caso de A1a se apreció un tono marrón amarillento oscuro antes de la aplicación de los abonos, que posteriormente cambió a un tono gris oscuro. En contraste, en las áreas A2 y A3, el suelo exhibió un color marrón grisáceo oscuro (consultar Anexo 10).

a) Comparar el contenido de carbono orgánico del suelo entre especies forrajeras antes y después de la aplicación de pollinaza y nutrisano, en la Quinta Experimental El Padmi.

6.8. Análisis descriptivo del contenido de carbono orgánico antes y después de la aplicación de los abonos.

La Tabla 6 presenta los promedios del contenido de carbono orgánico (CO) en las tres áreas del estudio. En la primera fase de muestreo, se observó que el área A1a tenía un promedio de carbono del 3,78%, mientras que el área A3 mostraba un promedio inferior de 1,82%. En la segunda fase de muestreo, el área A1b exhibió un promedio superior de 3,61% en carbono, en contraste con el área A2a, que registró un promedio inferior de 2,11%. En resumen, se pudo observar una tendencia en el contenido de carbono orgánico en las áreas estudiadas, que seguía el orden de control (alto contenido) > *T. gigantea* (alto contenido) > *T. diversifolia* (medio contenido).

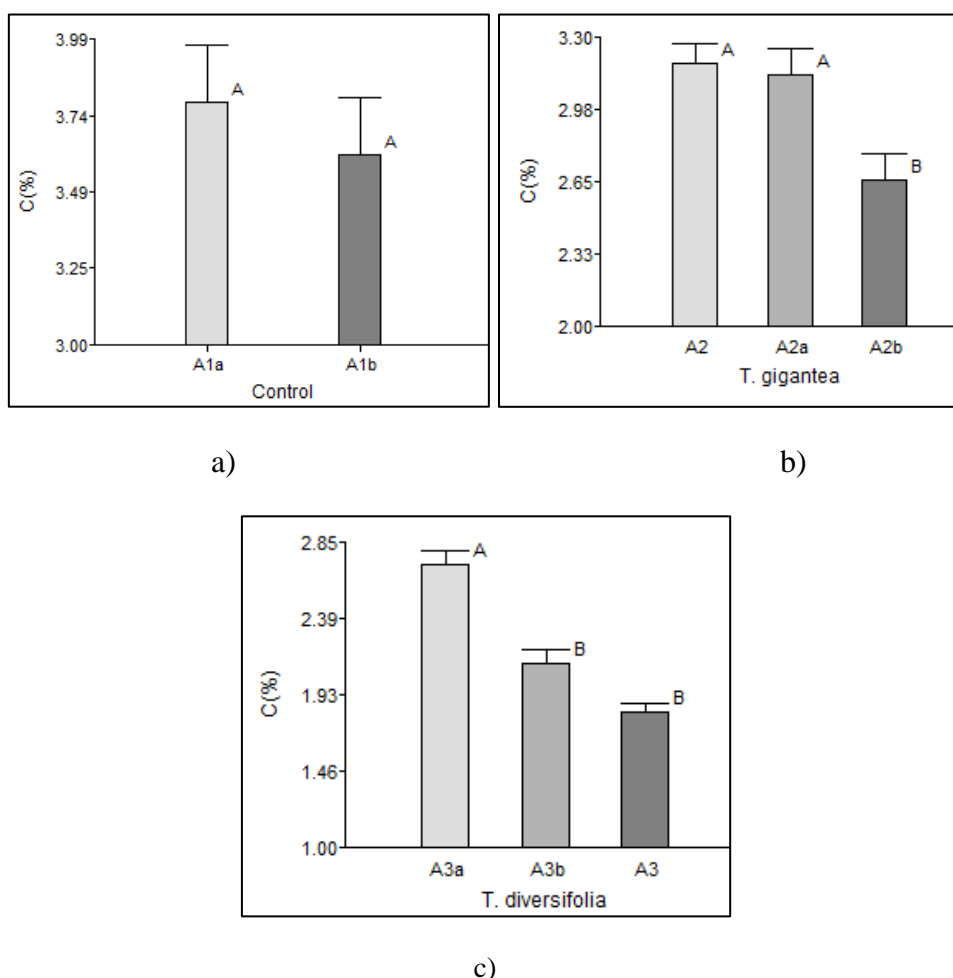
Tabla 6. Resultados del análisis estadístico del contenido de carbono orgánico entre especies forrajeras.

Área	Tiempo de evaluación	Variable (%)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
A1a	Antes		3,31	4,17	3,78	0,44
A2	Antes		2,77	3,5	3,19	0,26
A3	Antes		1,57	2,08	1,82	0,18
A1b	Después	C	3,54	3,74	3,61	0,11
A2b	Después		3,07	3,23	3,13	0,09
A3b	Después		2,58	2,79	2,72	0,12
A2a	Después		2,58	2,8	2,66	0,12
A3a	Después		2,11	2,12	2,11	0,01

6.9. Análisis comparativo del contenido de carbono orgánico entre especies forrajeras antes y después de la aplicación de los abonos

En el análisis comparativo del contenido de carbono orgánico (CO) antes y después de la aplicación de los abonos, se observó que, en el área de control, así como en la comparación entre el A2 con A2a ($p=0,0147$), y entre el A3 y A3b ($p<0,0001$), no se detectaron diferencias significativas. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en los casos de A2b y A3a, como se ilustra en la Figura 8.

Figura 8. Contenido de carbono orgánico en las áreas de estudio antes y después de aplicar el abono. a=área de control. b= área de *T. gigantea*. c= área de *T. diversifolia*.



6.10. Análisis antes y después de la colocación de los abonos

El análisis de varianza (ANOVA) realizado y el Test Tukey ($p > 0,05$) en la fase previa a la aplicación de los abonos revelaron diferencias estadísticamente significativas entre las tres áreas de estudio, como se refleja en la Tabla 7 y Tabla 8. No obstante, estos resultados indican que no se observa una variación significativa en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo en relación con el uso de suelo en cada una de las áreas estudiadas.

Tabla 7. Análisis de la varianza de captura de carbono antes y después de colocar los abonos.

F.V.	SC	gl	M	F	p-valor
Modelo	8,35	5	1,67	18,91	<0,0001
Área	8,35	5	1,67	18,91	<0,0001
Error	1,59	18	0,09		
Total	9,94	23			

CV= 10,34% **Altamente significativo

Tabla 8. Test tukey para la comparación del COS entre áreas antes del abono.

Área	Tiempo	Medias	E.E.	Diferencias
A1a	Antes	3,78	0,16	A
A2		3,19	0,11	B
A3		1,82	0,11	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

El análisis estadístico indica que después de la aplicación de los abonos, no se observaron diferencias significativas entre las áreas A2b y A3a, lo que sugiere que hubo variación notable en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo en estas áreas. En contraste, las áreas A1b, A2a y A3b si mostraron diferencias significativas, como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9. Test tukey para la comparación del COS entre áreas después del abono.

Área	Tiempo de evaluación	Medias	N	Diferencias
A1b	Después	3,61	3	A
A2a		3,13	3	B
A3a		2,72	3	C
A2b		2,66	3	C
A3b		2,11	3	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

En última instancia, los resultados indican que el grupo de control exhibe el contenido más elevado de carbono orgánico (CO) en comparación con las otras áreas estudiadas, tanto antes como después de la aplicación de los abonos. Estos hallazgos sugieren una asociación más favorable de las especies forrajeras en el grupo de control. Además, es importante resaltar que, entre las áreas donde se aplicaron los abonos, se observó un incremento en el contenido de carbono orgánico en *T. diversifolia*. Los datos específicos por hectárea se detallan en los Anexos 10 y 11.

6.11. Plan de mejoramiento ambiental del suelo que permita mejorar el nivel de biomasa forrajera y carbono orgánico en la Quinta Experimental El Padmi, provincia Zamora Chinchipe.

Siendo identificado el estado actual del suelo de las áreas estudiadas dentro de la Quinta El Padmi, se procede a elaborar el siguiente plan de mejoramiento ambiental.

Visión

La Quinta Experimental El Padmi tiene como objetivo convertirse en un espacio dedicado a la protección de la biodiversidad y la preservación del suelo a través de la implementación de un Plan de Mejoramiento Ambiental del Suelo. Reconocemos que el suelo es una fuente fundamental para el almacenamiento de carbono orgánico y, por lo tanto, nos comprometemos a estudiar su manejo en una variedad de sistemas de producción. Buscamos elevar los niveles de carbono en el suelo mediante la promoción de nuevas estrategias de capacitación, la aplicación de enmiendas y la reforestación con especies nativas.

Misión

Nuestra misión es fomentar el desarrollo integral de la Quinta El Padmi mediante la promoción de la conservación del recurso suelo. Esto se llevará a cabo mediante la implementación de un plan de mejora ambiental, impulsado por la colaboración coordinada de los actores locales. Nuestro objetivo principal es garantizar un aprovechamiento sostenible del suelo. Además, la Quinta servirá como un modelo ejemplar de desarrollo y producción sostenible para nuestro personal, compuesto por docentes y estudiantes, basado en los principios de respeto, igualdad y equidad. Este plan tiene prevista su ejecución a partir del año 2025.

Objetivo

Llevar a cabo actividades ambientales, agrícolas y forestales que promuevan la gestión adecuada y sostenible de los suelos, con el propósito de preservar la biodiversidad y permitir un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de la Quinta.

Estructura del plan de manejo

El presente plan de mejoramiento ambiental del suelo consta de los siguientes programas:

- ❖ **Programa 1.** Capacitación al personal de la Quinta El Padmi.
- ❖ **Programa 2.** Desarrollo de prácticas agroecológicas sostenibles en la Quinta El Padmi.
- ❖ **Programa 3.** Implementación de especies forrajeras en la Quinta El Padmi.

❖ **Programa 4.** Aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar el suelo en la Quinta El Padmi.

Programa 1. Capacitación al personal de la Quinta.

a. Proyecto 1: Capacitar en la gestión adecuada de residuos sólidos generados como resultado de las actividades agrícolas y ganaderas.

b. Objetivo Específico. Fomentar la implementación de medidas preventivas y correctivas para la gestión adecuada de residuos sólidos.

Cuadro 1. Programa de Capacitación Comunitaria.

Actividades	Participantes	Indicador	Medios de verificación
Diseño de material didáctico como apoyo para los talleres de educación ambiental en temas de manejo adecuado de residuos sólidos peligrosos como resultado de la actividad agrícola y ganadera.	Docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al quinto mes de ejecución del proyecto se distribuyen 30 folletos en cada tema de capacitación.	Fotografías, folletos
Taller de educación ambiental relacionados con la elaboración de abonos con residuos de vegetales, mismos que pueden ser aplicados en los cultivos de la Quinta.	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al quinto mes de ejecución del proyecto el 100% del personal de la Quinta se capacita en 4 talleres con temas de educación ambiental.	Archivo fotográfico, lista de participantes, informe capacitación.
Taller de reciclaje con recipientes de la actividad agrícola y ganadera	Docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al quinto mes de ejecución del proyecto el 100% del personal de la Quinta se capacita en 3 talleres en temas de reciclaje.	Archivo fotográfico, lista de participantes, informe capacitación.
Taller de los beneficios del triple lavado* de los envases de plaguicidas.	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al quinto mes de ejecución del proyecto el 100% del personal de la Quinta se capacita en 3 talleres en temas de los beneficios del triple lavado de los envases.	Archivo fotográfico, lista de participantes, informe capacitación.
Talleres en la elaboración de centros de acopio para envases	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica;	Al quinto mes de ejecución del proyecto el 100% del personal de la	Archivo fotográfico, lista de participantes,

vacíos de agroquímicos.	docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Quinta se capacita en 3 talleres en temas de la elaboración de centros de acopio para envases vacíos.	informe capacitación.
Evaluación y seguimiento de las capacitaciones.	Ejecutor del proyecto.	La evaluación se realizará al término de cada tema tratado en los talleres, mediante preguntas abiertas.	Informe de evaluación y seguimiento.

Cuadro 2. Presupuesto establecido para la capacitación del personal de la Quinta El Padmi.

Actividad	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario UDS	Valor total UDS
Diseño de material didáctico como apoyo para los talleres de educación ambiental en temas de manejo adecuado de residuos sólidos peligrosos como resultado de la actividad agrícola y ganadera.	Folletos	30	3,5	105
Taller de educación ambiental relacionados con la elaboración de abonos con residuos de vegetales, mismos que pueden ser aplicados en los cultivos de la Quinta.	Taller	4	75	300
Taller de reciclaje con recipientes de la actividad agrícola y ganadera	Taller	3	75	225
Taller de los beneficios del triple lavado de los envases de plaguicidas.	Taller	3	75	225
Talleres en la elaboración de centros de acopio para envases vacíos de agroquímicos.	Taller	3	75	225
Evaluación y seguimiento de las capacitaciones.	Seguimiento	1	30	30
TOTAL.				\$ 1110

Cuadro 3. Cronograma establecido para la capacitación del personal de la Quinta El Padmi.

Actividad	Meses				
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Diseño de material didáctico como apoyo para los talleres de educación ambiental en temas de manejo adecuado de residuos sólidos peligrosos como resultado de la actividad agrícola y ganadera.	X	X	X	X	X
Taller de educación ambiental relacionados con la elaboración de abonos con residuos de vegetales, mismos que pueden ser aplicados en los cultivos de la Quinta.	X	X	X	X	X
Taller de reciclaje con recipientes de la actividad agrícola y ganadera	X	X	X	X	X
Taller de los beneficios del triple lavado de los envases de plaguicidas.	X	X	X	X	X
Talleres en la elaboración de centros de acopio para envases vacíos de agroquímicos.	X	X	X	X	X
Evaluación y seguimiento de las capacitaciones.	X	X	X	X	X

- a. **Proyecto 2.** Capacitación sobre la gestión del agua en la Quinta El Padmi.
- b. **Objetivo específico:** Brindar orientación al personal de la Quinta El Padmi en temas de educación sanitaria y prácticas de conservación del agua.

Cuadro 4. Programa de capacitación al personal de la Quinta El Padmi.

Actividades	Participantes	Indicador	Medios de verificación
Taller de reforestación, conservación de suelos y protección del agua.	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al cuarto mes de ejecución del proyecto el 100% del personal de la Quinta se capacita en 3 talleres en temas sobre la protección del suelo y agua y técnicas de reforestación con especies nativas.	Archivo fotográfico, lista de participantes, informe capacitación.
Taller de la importancia de un adecuado uso del agua para nuestra salud.	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al cuarto mes de ejecución del proyecto el 100% del personal de la Quinta se capacita en 3 talleres en temas sobre la protección del suelo y agua y técnicas de reforestación con	Archivo fotográfico, lista de participantes, informe capacitación.

		especies.	
Evaluación y seguimiento de las capacitaciones.	Ejecutor del proyecto.	La evaluación se realizará al término de cada tema tratado en los talleres, mediante preguntas abiertas.	Informe de evaluación y seguimiento.

Cuadro 5. Cronograma de capacitación al personal de la Quinta El Padmi.

Actividades	Meses			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Taller de reforestación, conservación de suelos y protección del agua.	X	X	X	X
Taller de la importancia de un adecuado uso del agua para nuestra salud.	X	X	X	X
Evaluación y seguimiento de las capacitaciones.	X	X	X	X

Cuadro 6. Presupuesto de la capacitación al personal de la Quinta El Padmi.

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario UDS	Valor Total UDS
Taller de reforestación, conservación de suelos y protección del agua.	Taller	3	75	225
Taller de la importancia de un adecuado uso del agua para nuestra salud.	Taller	3	75	225
Evaluación y seguimiento de las capacitaciones.	Seguimiento	1	30	30
TOTAL.				\$480

Programa 2. Desarrollo de prácticas agroecológicas sostenibles en la Quinta El Padmi.

- a. **Proyecto 2.** Promoción de prácticas agroecológicas en la Quinta el Padmi.
- b. **Objetivo Específico:** Mejorar la calidad del suelo a largo plazo mediante la adopción de sistemas agroforestales y silvopastoriles en los sistemas de producción de la Quinta El Padmi.

Cuadro 7. Desarrollo de prácticas agroecológicas sostenibles en la Quinta El Padmi.

Actividades	Participantes	Indicador	Medios de verificación
Taller de concientización a docentes y estudiantes de la importancia de conservar el suelo y su manejo sustentable, para incentivar la disminución de actividades degradadoras como monocultivos, sobrepastoreo, entre otros.	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP), docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al séptimo mes del primer año de ejecución del proyecto, el 100% del personal de la Quinta se capacita en 4 talleres con temas sobre concientización en la importancia de la conservación del suelo y su manejo sustentable.	Fotografías, registro de asistencia, certificados.
Taller de manejo de sistemas agroforestales como la implementación de cercas vivas en la Quinta para evitar la pérdida de nutrientes del suelo y evitar los deslizamientos de tierra.	INIAP, MAGAP, docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al primer mes del segundo año de ejecución del proyecto, el 100% del personal de la Quinta se capacita en 4 talleres con temas sobre de sistemas agroforestales.	Registro fotográfico, lista de participantes, informe de capacitación, visitas de campo.
Diseño de implementación de bancos forrajeros con especies arbóreas para corte y acarreo.	INIAP, MAGAP, docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	2 áreas demostrativas, en un espacio de 1 ha, al terminar el tercer año del proyecto.	1 ha del área demostrativa, fotografías, facturas de compra de insumos y materiales.
c. Objetivo Específico: Proveer a los animales mayor producción de forraje durante todo año, mejorar la calidad de suelo y reducir los procesos de erosión.			
Diseño de sistemas silvopastoriles intensivos.	INIAP, MAGAP, docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Al cuarto año del proyecto, se establecerá sistemas silvopastoriles intensivos en 1 ha.	1 ha instalada del área demostrativa, fotografías, facturas de compra de insumos y materiales. Visitas a campo.
Diseño de sistema silvopasturas en	INIAP, MAGAP, docentes y	Al cuarto año del proyecto, se establecerán callejones	1 ha instalado del área demostrativa,

callejones	estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	en 2 áreas demostrativas de 1 ha. Se considera 3 m entre hileras simples o de 6 m en hileras dobles de leñosas (el distanciamiento de la doble hilera es de 0.7 a 1 m).	fotografías, facturas de compra de insumos y materiales. Visitas a campo.
Seguimiento de los sistemas instalados dentro de la Quinta.	Personal Técnico de la Quinta.	Registro de seguimiento trimestral del crecimiento y rendimiento de la producción en los cinco años del plan.	Informe trimestral Informe final, fotografías.

Cuadro 8. Cronograma establecido para las prácticas agroecológicas en la Quinta el Padmi.

Actividad	Años				
	2025	2026	2027	2028	2029
Taller de concientización a docentes y estudiantes de la importancia de conservar el suelo y su manejo sustentable, para incentivar la disminución de actividades degradadoras como monocultivos, sobrepastoreo, entre otros.	X				
Taller de manejo de sistemas agroforestales como la implementación de cercas vivas en la Quinta para evitar la pérdida de nutrientes del suelo y evitar los deslizamientos de tierra.		X			
Diseño de implementación de bancos forrajeros con especies arbóreas para corte y acarreo.			X		
Diseño de sistemas silvopastoriles intensivos.				X	
Diseño de sistema silvopasturas en callejones				X	
Seguimiento de los sistemas instalados dentro de la Quinta.	X	X	X	X	X

Cuadro 9. Presupuesto establecido para las prácticas agroecológicas en la Quinta el Padmi.

Actividad	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario UDS	Valor Total UDS
Taller de concientización a docentes y estudiantes de la importancia de conservar el suelo y su manejo sustentable, para incentivar la disminución de actividades degradadoras como monocultivos, sobrepastoreo, entre otros.	Taller	4	150	600

Taller de manejo de sistemas agroforestales como la implementación de cercas vivas en la Quinta para evitar la pérdida de nutrientes del suelo y evitar los deslizamientos de tierra.	Taller	4	150	600
Diseño de implementación de bancos forrajeros con especies arbóreas para corte y acarreo.	Banco forrajero (ha)	2	4 000	8 000
Diseño de sistemas silvopastoriles intensivos.	Sistema (ha)	1	1 500	1 500
Diseño de sistema silvopasturas en callejones	Sistema (ha)	2	8 000	16 000
Seguimiento de los sistemas instalados dentro de la Quinta.	Salidas/ seguimiento	20	30	600
TOTAL.,				\$27 300

Programa 3. Implementación de especies forrajeras.

a. Proyecto 3. Cultivar especies forrajeras con un mayor potencial de almacenamiento de carbono orgánico y de producción de biomasa en la Quinta El Padmi.

b. Objetivo específico: Implementar programas de reforestación a largo plazo que se centren en la utilización de especies nativas con un alto potencial de almacenamiento de carbono orgánico y producción de biomasa forrajera. Estos programas tienen como objetivo principal la conservación de los recursos edáficos, hídricos y bióticos.

Cuadro 10. Programa de implementación de especies forrajeras.

Actividades	Participantes	Indicador	Medios de verificación
Crear barreras de pasturas mejoradas con la reforestación de especies vegetales como: <i>brachiaria Brizantha</i> , <i>chrysopogon zizanioides</i> , pasto gigante, <i>pennisetum purpureum</i> , <i>Saccharum officinarum</i> .	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	1 ha de la Quinta, al primer mes del segundo año.	Plantación, archivo fotográfico, visitas a campo.
Crear barreras con leguminosas arbustivas que ayuden a la conservación de los suelos con la reforestación de especies como: <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Gliricidia sepium</i> .	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Obras demostrativas, en 1 ha de la Quinta. Al primer mes del segundo año.	Plantación, archivo fotográfico, visitas a campo.
Crear barreras con la reforestación de especies vegetales que prestan	Ministerio de Ambiente, Agua y	Obras demostrativas, en 1	Plantación, archivo

servicio de control de erosión por el viento y el agua como: <i>Rumex acetocella</i> .	Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	ha de la Quinta. Al primer mes del segundo año.	fotográfico, visitas a campo.
Crear cercas vivas con la reforestación de especies arbóreas o arbustales como: <i>Cassia siamea</i> (<i>casia amarilla</i>), <i>Cajanus cajan</i> (<i>Guandul</i>), <i>Leucaena leucocephala</i> (<i>Leucaena</i>).	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Obras demostrativas, en 1 ha de la Quinta. Al primer mes del segundo año.	Plantación, archivo fotográfico, visitas a campo.
Crear barreras con la reforestación de plantas alimenticias de gran aceptación por parte del personal de la Quinta como: <i>Saccharum officinarum</i> (<i>caña de azúcar</i>), <i>Guandul</i> (<i>fríjol chicharro, fríjol de palo, arveja y lenteja</i>), <i>maracuyá</i> (<i>Passiflora edulis</i>).	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Obras demostrativas, en 1 ha de la Quinta. Al primer mes del segundo año.	Plantación, archivo fotográfico, visitas a campo.
Reforestación con especies nativas que pueden capturar considerables cantidades de carbono como <i>Prosopis juliflora</i> .	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Obras demostrativas, en 1 ha de la Quinta. Al primer mes del segundo año.	Plantación, archivo fotográfico, visitas a campo.
Reforestación mixta entre leguminosas y gramíneas con alto contenido de nitrógeno, con pastos conocidos como: <i>brachiaria brizantha</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Lolium multiflorum</i> y <i>Lolium hybridum</i> , <i>Brachiaria decumbens</i> con <i>Pueraria phaseoloides</i> .	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Obras demostrativas, en 1 ha de la Quinta. Al primer mes del segundo año.	Plantación, archivo fotográfico, visitas a campo.
Reforestación con especies de leguminosas que sirvan de cobertura vegetal y abono verde a la Quinta como: <i>Pueraria phaseoloides</i> , <i>Crotalaria sp</i> , <i>Arachis pintoi</i> . Otras especies arbóreas a considerar son: café, <i>inga edulis</i> .	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Obras demostrativas, en 1 ha de la Quinta. Al primer mes del segundo año.	Plantación, archivo fotográfico, visitas a campo.
Reforestación con pastos como: <i>Brachiaria humidicola</i> y <i>Brachiaria dictyoneura</i> , <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Cynodon nlemfuensis</i> .	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Obras demostrativas, en 1 ha de la Quinta. Al primer mes del segundo año.	Plantación, archivo fotográfico, visitas a campo.

Seguimiento de las especies forrajeras reforestadas.	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica; docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Seguimiento trimestral del crecimiento de las especies forrajeras cada tres meses.	Informe trimestral, informe final, fotografías.
--	--	--	---

Nota: Al establecerse árboles y pasturas se contribuye a la captura de carbono y a incrementar la productividad ganadera en forma sostenible. Además, colabora con el propósito de mitigar el cambio climático.

Cuadro 11. Cronograma de la implementación de especies forrajeras.

Actividades	Años				
	2025	2026	2027	2028	2029
Crear barreras de pasturas mejoradas con la reforestación de especies vegetales como: <i>brachiaria Brizantha</i> , <i>chrysopogon zizanioides</i> , pasto gigante, <i>pennisetum purpureum</i> , <i>Saccharum officinarum</i>		X			
Crear barreras con leguminosas arbustivas que ayuden a la conservación de los suelos con la reforestación de especies como: <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Gliricidia sepium</i> .		X			
Crear barreras con la reforestación de especies vegetales que prestan servicio de control de erosión por el viento y el agua como: <i>Rumex acetocella</i> .		X			
Crear cercas vivas con la reforestación de especies arbóreas o arbustales como: <i>Cassia siamea</i> (<i>casia amarilla</i>), <i>Cajanus cajan</i> (<i>Guandul</i>), <i>Leucaena leucocephala</i> (<i>Leucaena</i>).		X			
Crear barreras con la reforestación de plantas alimenticias de gran aceptación por parte del personal de la Quinta como: <i>Saccharum officinarum</i> (<i>caña de azúcar</i>), <i>Guandul</i> (<i>fríjol chicharro</i> , <i>fríjol de palo</i> , <i>arveja</i> y <i>lenteja</i>), <i>maracuyá</i> (<i>Passiflora edulis</i>).		X			
Reforestación con especies nativas que pueden capturar considerables cantidades de carbono como <i>Prosopis juliflora</i> .		X			
Reforestación mixta entre leguminosas y gramíneas con alto contenido de nitrógeno, con pastos conocidos como: <i>brachiaria brizantha</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Lolium multiflorum</i> y <i>Lolium hybridum</i> , <i>Brachiaria decumbens</i> con <i>Pueraria phaseoloides</i> .		X			
Reforestación con especies de leguminosas que sirvan de cobertura vegetal y abono verde a la Quinta como: <i>Pueraria phaseoloides</i> , <i>Crotalaria sp</i> , <i>Arachis pintoii</i> . Otras especies arbóreas a considerar son: <i>café</i> , <i>inga edulis</i> .		X			
Reforestación con pastos como: <i>Brachiaria humidicola</i> y <i>Brachiaria dictyoneura</i> , <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Cynodon nlemfuensis</i> .		X			

Seguimiento de las especies forrajeras reforestadas.		X	X	X	X
--	--	---	---	---	---

Cuadro 12. Presupuesto de la implementación de especies forrajeras.

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario UDS	Valor Total UDS
Crear barreras de pasturas mejoradas con la reforestación de especies vegetales como: <i>brachiaria Brizantha</i> , <i>chrysopogon zizanioides</i> , pasto gigante, <i>pennisetum purpureum</i> , <i>Saccharum officinarum</i>	1 ha	1	1 200	1 200
Crear barreras de pasturas mejoradas con la reforestación de especies vegetales como: <i>brachiaria Brizantha</i> , <i>chrysopogon zizanioides</i> , pasto gigante, <i>pennisetum purpureum</i> , <i>Saccharum officinarum</i>	1 ha	1	1 200	1 200
Crear barreras con leguminosas arbustivas que ayuden a la conservación de los suelos con la reforestación de especies como: <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Gliricidia sepium</i> .	1 ha	1	1 200	1 200
Crear barreras con la reforestación de especies vegetales que prestan servicio de control de erosión por el viento y el agua como: <i>Rumex acetocella</i> .	1 ha	1	1200	1200
Crear cercas vivas con la reforestación de especies arbóreas o arbustales como: <i>Cassia siamea</i> (<i>casia amarilla</i>), <i>Cajanus cajan</i> (<i>Guandul</i>), <i>Leucaena leucocephala</i> (<i>Leucaena</i>).	1 ha	1	1 200	1 200
Crear barreras con la reforestación de plantas alimenticias de gran aceptación por parte del personal de la Quinta como: <i>Saccharum officinarum</i> (<i>caña de azúcar</i>), <i>Guandul</i> (<i>fríjol chicharro</i> , <i>fríjol de palo</i> , <i>arveja</i> y <i>lenteja</i>), <i>maracuyá</i> (<i>Passiflora edulis</i>).	1 ha	1	1 200	1 200
Reforestación con especies nativas que pueden capturar considerables cantidades de carbono como <i>Prosopis juliflora</i> .	1 ha	1	1 200	1 200
Reforestación mixta entre leguminosas y gramíneas con alto contenido de nitrógeno, con pastos conocidos como: <i>brachiaria brizantha</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Lolium multiflorum</i> y <i>Lolium hybridum</i> , <i>Brachiaria decumbens</i> con <i>Pueraria phaseoloides</i> .	1ha	1	1 200	1 200

Reforestación con especies de leguminosas que sirvan de cobertura vegetal y abono verde a la Quinta como: <i>Pueraria phaseoloides</i> , <i>Crotalaria sp</i> , <i>Arachis pintoi</i> . Otras especies arbóreas a considerar son: café, <i>inga edulis</i> .	1 ha	1	1 200	1 200
Reforestación con pastos como: <i>Brachiaria humidicola</i> y <i>Brachiaria dictyoneura</i> , <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Cynodon nlemfuensis</i> .	Salidas/seguimiento	8	30	240
TOTAL,				\$11 040

Programa 4. Aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar el suelo.

- a. Proyecto 4.** Introducción de abonos orgánicos sólidos en el suelo de la Quinta El Padmi.
- b. Objetivo específico:** Integrar enmiendas orgánicas para contribuir a la preservación y conservación del suelo de la Quinta El Padmi.

Cuadro 13. Enmiendas orgánicas para mejorar el suelo.

Actividades	Participantes	Indicador	Medios de verificación
Colocar compostaje a base de estiércol de ganado vacuno, ovino, gallinaza en una parcela demostrativa.	Docentes, trabajadores y estudiantes que desarrollan sus prácticas en la Quinta	Al cabo de 6 meses se logra la descomposición completa del compostaje aplicado, en una parcela demostrativa de 1 ha.	Registro fotográfico, visitas de campo, parcela instalada.
Incorporar lombricompost con lombrices rojas californianas (<i>Eisenia fetida</i>), en una parcela demostrativa.	Docentes, trabajadores y estudiantes que desarrollan sus prácticas en la Quinta.	A cabo de 6 meses se percibe una descomposición completa de residuos orgánicos incorporados en el suelo, en una parcela demostrativa de 1 ha.	Registro fotográfico, visitas de campo, parcela instalada.
Implementar el uso de Bioestimulantes (hongos, extractos de algas y plantas) o enraizadores, en una parcela demostrativa.	Docentes, trabajadores y estudiantes que desarrollan sus prácticas en la Quinta.	A cabo del primer año se logra implementar el uso de bioestimulantes, en una parcela demostrativa de 1 ha.	Registro fotográfico, visitas de campo, parcela instalada.
Seguimiento de enmiendas aplicadas.	Docentes y estudiantes que se encuentren dentro de la Quinta.	Seguimiento cada 6 meses a las parcelas demostrativas.	Informe cada 6 meses, informe final, fotografías.

Cuadro 14. Cronograma de la aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar el suelo.

Actividades	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Colocar compostaje a base de estiércol de ganado vacuno, ovino, gallinaza en una parcela demostrativa.	X	x	x	x	x	x						
Incorporar lombricomposteo con lombrices rojas californianas (<i>Eisenia fetida</i>), en una parcela demostrativa.	X	x	x	x	x	x						
Implementar el uso de Bioestimulantes (hongos, extractos de algas y plantas) o enraizadores, en una parcela demostrativa.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Seguimiento de enmiendas aplicadas.	x					x						x

Cuadro 15. Presupuesto de la aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar el suelo.

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario UDS	Valor Total UDS
Colocar compostaje a base de estiércol de ganado vacuno, ovino, gallinaza en una parcela demostrativa.	Parcela (ha)	1	500	500
Incorporar lombricompost con lombrices rojas californianas (<i>Eisenia fetida</i>), en una parcela demostrativa.	Parcela (ha)	1	100	100
Implementar el uso de Bioestimulantes (hongos, extractos de algas y plantas) o enraizadores, en una parcela demostrativa.	Parcela (ha)	1	200	200
Seguimiento de enmiendas aplicadas.	Salidas/seguimiento	6	30	180
TOTAL,				\$980

Cuadro 16 . Costos del Plan de mejoramiento ambiental del suelo a implementar en la Quinta El Padmi.

Proyectos	Presupuesto (\$)
Proyecto 1. Capacitar en el manejo adecuado de residuos sólidos como resultado de la actividad agrícola y ganadera.	\$ 27 300
Proyecto 2. Capacitar en el manejo del recurso hídrico	\$480
Proyecto 3. Fomento de prácticas agroecológicas en la Quinta el Padmi.	\$11 300
Proyecto 4. Cultivo de especies nativas de mayor almacenamiento de carbono orgánico y biomasa forrajera en la Quinta El Padmi.	\$11 040
Proyecto 5. Incorporar abonos orgánicos sólidos al suelo de la Quinta El Padmi.	\$980
TOTAL.,	\$13 870

7. Discusión

Dentro de las propiedades analizadas, la densidad aparente (DA) en las áreas de *T. diversifolia* y *T. gigantea* mostró un valor bajo tanto antes y después de la aplicación de los abonos. Estos resultados indican que, en las áreas, el suelo se mantiene poroso, bien aireado, con buen drenaje y una adecuada penetración de raíces, el suelo lo que favorece su desarrollo saludable (Cid et al., 2021). En contraste, investigaciones realizadas por Murillo et al. (2014), revelaron valores promedio de DA por encima de $1,5 \text{ g/cm}^3$ en los horizontes evaluados del suelo, lo que sugiere un estado crítico de compactación. En otras palabras, las pasturas estudiadas requieren una DA baja para prosperar adecuadamente. (Cremona & Enríquez, 2020).

De acuerdo con los datos obtenidos el suelo de la Quinta se caracteriza por su acidez, lo que puede influir en el crecimiento de las plantas, especialmente en la disponibilidad de nutrientes esenciales como calcio, potasio, magnesio y fósforo (Rivera et al., 2018). Además, la acidez del suelo puede dar lugar al acortamiento y engrosamiento de las raíces, lo que afecta posteriormente la capacidad de absorción de agua y nutrientes, particularmente fosfatos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el pH generalmente se considera en relación con el grado de saturación del suelo (Margarita, 2005) y no tiene un efecto directo en el desarrollo de las pasturas (Gonzales y Romero, 2011).

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), se mantuvo en niveles bajos (<1) tanto antes como después de la aplicación de los abonos en las tres áreas. Estos valores indican que, en la Quinta, el suelo se caracteriza por su ausencia de sales, lo cual crea condiciones ideales para el cultivo de diversas plantas, incluyendo especies forrajeras (Castellanos, 2008). Además, en entornos de cultivo con condiciones húmedas y frescas, se tolera mejor la salinidad, y si el suelo mantiene niveles óptimos de CE, las raíces pueden absorber de manera eficaz tanto los nutrientes naturales como los aportados por los fertilizantes orgánicos (Barbaro et al., 2014).

El pH y la conductividad eléctrica (CE) del suelo proporcionan información crucial sobre la dinámica y la disponibilidad de nutrientes y agua, procesos esenciales para el desarrollo de las plantas y la vida en el suelo, incluyendo microorganismos. Aunque estas propiedades pueden experimentar cambios variables dependiendo del sistema de producción,

se recomienda su monitoreo a mediano plazo en suelos de diversos sistemas productivos (Cremona y Enriquez, 2020).

La materia orgánica (MO) desempeña un papel crucial en la mejora de las condiciones del suelo. En primer lugar, facilita la aireación del suelo, la percolación y el movimiento descendente del agua, y también solubiliza el fósforo y otros nutrientes, haciéndolos más accesibles para las plantas (FAO, 1986). Durante el estudio, se observó un aumento en los niveles de MO en el área de *T. diversifolia*, lo que clasificó el contenido como medio. Además, se registraron valores óptimos en el área de *T. gigantea* y en el área de control, tanto antes y después de la aplicación de los abonos, lo que favoreció el crecimiento de las plantas.

El incremento de MO en *T. diversifolia*, una especie arbustiva resistente, tiene un efecto positivo en suelos utilizados en ganadería. La presencia de componentes leñosos contribuye al aumento de MO, carbono orgánico (CO) y minerales, al tiempo que ayuda a retener agua en el suelo, lo que mejora la producción de forraje (Seddaiua et al., 2013; Rodríguez, 2011). Además, la incorporación periódica de MO mediante restos vegetales, estiércol, abonos verdes, y compost mejora las propiedades físicas del suelo, lo que a su vez reduce los problemas de erosión, compactación y encostramiento (Docampo, 2018). Esta práctica también estimula la actividad biológica y el aumento de poblaciones de micro-fauna y meso-fauna, principalmente lombrices, lo que contribuye a la porosidad del suelo y su adecuada aireación. Es relevante destacar que las especies arbustivas estudiadas han demostrado una sólida adaptación y desarrollo en suelos con bajo contenido de MO y en climas moderadamente severos, como los del Oriente Ecuatoriano. Estas especies aportan una cantidad significativa de biomasa con alto contenido de proteína, lo que beneficia a los animales que es aprovechada por los animales (González et al, 2017). Es importante tener en cuenta que ciertas propiedades químicas como el pH, el contenido de MO y la conductividad eléctrica (CE) están estrechamente relacionadas con la fertilidad del suelo, ya que influyen en la asimilación, disponibilidad y retención de los nutrientes (Estrada et al., 2017).

En relación a la CIC, se encontró valores medios de 14,57 a 19 meq/100g, que se consideran condiciones óptimas para el cultivo de especies forrajeras; indicándonos que dentro de la presente investigación se mantiene un suelo con potencial para retener e intercambiar nutrientes (Fassbender, 1982). La CIC es una propiedad química responsable en gran medida de la fertilidad de los suelos, que indica la disponibilidad y cantidad de nutrientes

necesarios para el desarrollo de las plantas como potasio, magnesio, calcio, nitrógeno (Buelvas y Fernández, 2019). Dentro del presente estudio estos resultados son importantes, porque ayudan a conocer el porcentaje de saturación de bases en el suelo lo cual determina su fertilidad y se ha demostrado que en los suelos con menos de 25% de arcilla y mayor contenido de MO, la CIC también es influenciada por el pH del suelo (W. Cruz et al., 2020).

En lo que respecta a la textura, en las tres áreas de estudio se observa que los suelos muestran una firmeza cuando están húmedos y una ligera dureza cuando están secos, tendiendo a formar agregados de tamaño pequeño a medio (Castellanos, 2008). Estos suelos también exhiben una capacidad moderada a alta para retener agua y nutrientes, lo que los convierte en suelos ideales para la producción agrícola debido a su amplia capacidad productiva y disponibilidad de nutrientes. En contraste, en el área de control, el color indica la presencia de materia orgánica completamente descompuesta y denota un alto contenido de humus. Por otro lado, las áreas con especies forrajeras presentan características óptimas en términos de nutrientes y humus para el desarrollo de las plantaciones (Moreno et al., 2010).

En cuanto, al almacenamiento del carbono orgánico del suelo (COS) depende de una compleja interacción de factores, que abarcan tanto elementos bióticos como abióticos, además de influencias antrópicas. La captura y retención de carbono en el suelo se ve influenciada por diversos aspectos, como el material parental, el clima, el paisaje, la presencia de especies forrajeras, la aplicación de abonos y las propiedades físico-químicas del suelo (Galicia et al., 2016). Además, es bien sabido que el carbono orgánico mejora los nutrientes del suelo, promueve un mejor desarrollo de las raíces, y contribuye a un mayor equilibrio a un mejor desarrollo de las raíces, y contribuye a un mayor equilibrio de oxígeno y agua en la tierra. Esto, a su vez, se traduce a un forraje de mayor calidad (Mejías et al, 2017). En el marco del presente estudio, se observó que antes de la aplicación de los abonos, el almacenamiento de COS fue superior en el área de *T. gigantea*, alcanzando 75,9 toneladas de carbono por hectárea (tC/ha), seguida por el área de control con 74,72 tC, mientras que el área de *T. diversifolia* registró un valor menor de 51,10 tC/ha. Sin embargo, después de la aplicación de los abonos, se evidenció un aumento significativo y un mayor almacenamiento de carbono orgánico en el área de control, llegando a 77,62 tCha.

Los resultados obtenidos sugieren que en los pastizales mixtos se acumulan una mayor cantidad de carbono en comparación con pastizales compuestos por una sola especie, ya que

estas pasturas contribuyen a mantener niveles más altos de carbono orgánico en el suelo (Soto et al., 2017). Esto está respaldado por investigaciones como la de Murgueitio e Ibrahim (2008), quienes evaluaron la producción de forraje en Colombia mediante la comparación de un cultivo mixto de *L. leucocephala* con el pasto *C. plectostachyus* frente a un monocultivo de la planta de pastoreo. En esta comparativa, se observó que el sistema silvopastoril logró una mayor producción en materia seca (27%), proteína cruda (64%) y energía metabolizable (23%).

Por lo tanto, en el contexto de la gestión sostenible de pastizales, es fundamental considerar aspectos como la presencia de leguminosas, y sea en cultivos solos o en asociadas con otras especies, la promoción de la regeneración de especies leñosas y la mejora de pastizales naturales (Benitez et al., 2017). Estos enfoques pueden contribuir significativamente a la eficiencia y sostenibilidad de la producción ganadera y agrícola.

Estos resultados pueden relacionarse con la profundidad a la que se tomaron las muestras del suelo, que fue de 0.20 metros. Investigaciones previas han demostrado que la cantidad total de carbono orgánico del suelo (COS) almacenada puede variar según la profundidad de muestreo. Por ejemplo, en la Comuna Cune, se registró una cantidad total de con 99,79 Mg de carbono por hectárea (Mg C/ha), cuando se muestreó a una profundidad entre 0.10 cm (31,41%) y 0.30 cm (38,08%). Estos hallazgos concuerdan con otras investigaciones en suelos de alta pendiente, donde más del 60% del COS almacenado se encuentra en los primeros 0,20 metros del suelo (Barrezueta et al., 2020).

Por otro lado, en Santa Inés, se registró un total de 38,34 Mg C/ha, con el 80,53 % de esta cantidad distribuida en las dos primeras capas del suelo. Estos resultados son similares a los obtenidos en pastizales de la región amazónica del Ecuador (Bravo et al., 2017). En Colombia, se ha observado una transición desde la investigación participativa hacia la implementación de bancos de forraje mixtos como una estrategia de adaptación a los cambios climáticos extremos, que incluyen desde períodos de sequía intensa hasta lluvias torrenciales e inundaciones (Giraldo et al., 2011). Esta tendencia puede explicarse por varios factores. En primer lugar, la asociación de especies forrajeras en los bancos mixtos contribuye significativamente a la protección del suelo.

Desde una perspectiva ambiental, estos sistemas de forraje mixto ofrecen una serie de beneficios, como la generación de sombra, la mejora de la salud del suelo, el reciclaje de

nutrientes, la promoción de la captura de carbono y la preservación de las fuentes de agua (Ibrahim y Holguin, 2005). Además, esta práctica conlleva mejoras económicas, ya que los ganaderos experimentan una reducción en los costos de producción gracias a la disminución de la necesidad de insumos externos usados en la finca (Castillo, 2015).

Esta transición hacia sistemas de forraje mixto no solo aborda cuestiones de adaptación climática, sino que también presenta ventajas ambientales y económicas significativas para el sector ganadero en Colombia. Asimismo, se observa un incremento en el área plantada con *T. diversifolia* y la aplicación de pollinaza (61,43 tCha⁻¹) y nutrisano (46,43 tCha⁻¹). A pesar de que inicialmente esta área almacenaba una menor cantidad de carbono, se registró un aumento significativo después de la aplicación de los abonos, este fenómeno podría explicarse por la menor lignificación en los tallos de *T. diversifolia*, lo que facilita su corte, procesamiento, descomposición de los abonos y consumo por parte del ganado. *T. diversifolia*, es conocida por ser una especie rústica y ampliamente utilizada en la región (Ontivero, 2021).

Por otro lado, en el caso del área de *T. gigantea* con la pollinaza (69,05 tCha⁻¹) y nutrisano (56,33 tCha⁻¹), se observa una disminución en el almacenamiento de carbono después de la segunda toma de muestras. Esta reducción podría atribuirse a una menor compatibilidad entre *T. gigantea* y los abonos utilizados. Sin embargo, es importante destacar que inicialmente esta área mostraba un mayor almacenamiento de carbono en comparación con *T. diversifolia*, debido a que *T. gigantea* es especialmente adecuada para áreas con precipitaciones abundantes, lo cual se asemeja a las condiciones climáticas similar de la Quinta El Padmi.

Es importante destacar que estas plantaciones son resistentes al ramoneo, lo que las hace adecuadas para su incorporación en sistemas silvopastoriles (Santos et al., 2019). Es perfectamente viable combinar plantas arbustivas y arbóreas con gramíneas tropicales en los cultivos, ya que esta mezcla mejora la calidad del forraje y aumenta los niveles de proteína cruda. Se ha observado que tener *T. diversifolia* sin asociación con otras especies resulta en una menor producción (Conrado et al., 2022). Además, una estrategia eficaz para aprovechar la diversidad de especies arbóreas como proveedores de forraje para el ganado es utilizar mezclas de forrajes (Rosales, 2001). En términos de requisitos agronómicos, propagación y rendimiento de estos cultivos proteicos, es esencial contar con un suministro de agua

constante para el desarrollo foliar, además del uso de fertilizantes y abonos para fomentar su crecimiento (González y Crespo, 2016).

Otro aspecto importante a considerar en relación a los resultados obtenidos es el corto periodo de evaluación en el segundo muestreo, que se realizó después de la aplicación de los abonos de pollinaza y nutrisano. Estos abonos orgánicos, cuando se descomponen por completo, enriquecen el suelo con carbono orgánico, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, sin causar daño al medio ambiente (Reyes et al., 2016). Es relevante mencionar que estos abonos fueron evaluados previamente por la Prefectura de Loja (2016), donde se utilizó nutrisano en cultivos de hierbas aromáticas durante un periodo de 6 meses. Esta experiencia demostró un aumento en la productividad y la cantidad de hojas en los cultivos, resultados que concuerdan con los cambios observados en las especies forrajeras en la Quinta El Pادمي y la descomposición de gran parte del abono, a pesar de que el segundo muestreo se realizó al tercer mes después de su aplicación.

En resumen, es fundamental reconocer que todas las propiedades físicas del suelo pueden deteriorarse si no se implementan prácticas adecuadas de conservación del suelo. El pastoreo por rotación, combinado con la implementación de sistemas silvopastoriles y agroforestales, puede contribuir a la preservación de la biodiversidad del suelo. Además, la adición de fertilizantes orgánicos mejora la capacidad de intercambio catiónico y las condiciones físicas del suelo, como la retención de agua y la estabilidad estructural (Mora et al., 2017).

Es importante destacar que *T. diversifolia* muestra un gran potencial para la recuperación de suelos degradados, su adaptación a diversas condiciones climáticas y su contribución a la producción de alimentos de alta calidad, lo que podría permitir la implementación de programas de suplementación estratégica en sistemas ganaderos. Por su parte, *T. gigantea* es una especie con amplio potencial para la producción de forrajes y la conservación de cuencas hidrográficas (Navas y Montaña, 2019).

Finalmente, en función de los resultados obtenidos con respecto al estado de suelo y su productividad, se hace prioritario y esencial desarrollar un plan integral de mejoramiento y conservación del suelo, ya que nos permite diseñar estrategias destinadas a prevenir, mitigar, controlar, y corregir posibles impactos ambientales negativos causados por los cambios en el uso de la tierra (Ibader et al., 2004).

Este plan se centrará en la implementación de diversos programas, que incluyen la capacitación, la adopción de prácticas agroecológicas, la introducción de especies forrajeras y la aplicación de enmiendas orgánicas dentro de la Quinta El Padmi. Estas acciones contribuirán significativamente a proporcionar una gama de servicios ambientales. Entre ellos, destaca la conservación y preservación del suelo, que es esencial para la seguridad alimentaria y garantiza el uso sostenible de los recursos naturales, asegurando que no se degraden ni agoten, y así satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Tobasura et al., 2015).

Además, el plan abordará la regulación hídrica, ya que esta está sujeta a cambios constantes debido al uso del suelo y la cobertura vegetal, que se han convertido en factores principales que alteran los servicios hidrológicos del ecosistema (Cervantes et al., 2022). La conservación de la biodiversidad también estará en el centro de nuestras acciones, dado su papel crucial en el bienestar del planeta, ya que contribuye a que las especies sobrevivan y se adapten a los cambios en el entorno natural (Jullian et al., 2018). Estos procesos desempeñan un papel significativo en el secuestro de carbono y en la belleza escénica del área estudiada. Por lo tanto, la implementación de este plan de mejoramiento ambiental no solo beneficiará al suelo y al entorno natural, sino que también contribuirá a la sostenibilidad y la preservación de la Quinta El Padmi en su conjunto.

8. Conclusiones

En cuanto a las conclusiones obtenidas:

- ❖ El área de control mostró los valores promedio más altos en las propiedades físico-químicas del suelo en comparación con las áreas plantadas con *T. gigantea* y *T. diversifolia*. De las variables analizadas, la capacidad de intercambio catiónico no demostró un efecto significativo sobre el contenido de carbono orgánico del suelo, mientras que la densidad aparente, la materia orgánica, el pH y la conductividad eléctrica fueron las variables que mostraron una mayor influencia tanto antes como después de aplicación de los abonos.
- ❖ Respecto a la captura de carbono orgánico en el suelo, se observó que el área *T. gigantea* presentó la mayor acumulación antes de la aplicación de los abonos, con un valor de 75,9 toneladas de carbono por hectárea. Posteriormente, después de la aplicación de los abonos, el área de control mostró un aumento significativo en el almacenamiento de carbono

orgánico, alcanzando un valor 77,62 toneladas de carbono por hectárea, en comparación con el área plantada con *T. diversifolia*.

❖ El Plan de Mejoramiento Ambiental del Suelo implementado en la Quinta Experimental El Padmi tenía como objetivo principal aumentar la biomasa forrajera y el contenido de carbono orgánico en el suelo. Para lograr este propósito, se desarrollaron diversos programas que se centraron en la capacitación, el desarrollo de prácticas agroecológicas, la introducción de especies forrajeras y la aplicación de enmiendas orgánicas.

Estas conclusiones resaltan la importancia de considerar las propiedades físico-químicas del suelo y la elección de especies forrajeras en los esfuerzos de mejoramiento ambiental y la gestión sostenible de los recursos naturales en la Quinta Experimental El Padmi. Además, demuestran cómo la implementación de prácticas específicas puede influir en el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo y, en última instancia, en la salud y la productividad del ecosistema.

9. Recomendaciones

❖ Realizar investigaciones complementarias y exhaustivas sobre las especies forrajeras identificadas con potencial de captura de carbono presentes en la Quinta El Padmi. Estos estudios permitirán desarrollar alternativas productivas sostenibles que contribuirán a la mitigación del cambio de uso de suelo y a la reducción de los efectos del cambio climático.

❖ En las futuras investigaciones similares, se sugiere la inclusión de factores externos adicionales, como la temperatura y la precipitación, que pueden tener un impacto significativo en almacenamiento de carbono orgánico (COS). Esta ampliación de variables proporcionará una base más sólida de información y servirá como apoyo para investigaciones posteriores.

10. Bibliografía

- Barrezueta, S., Velepucha, K., Solano, M., & Hurtado, L. (2020). Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador. *CIENCIA UNEMI*, 13(32), 14–26. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol13iss32.2020pp14-26p>
- Soto, J., Oviedo, R., Torres, P., Marmolejo, L. F., & Manyoma, P. C. (2017). Composting of biowaste : Research trends and relevance in developing countries. *Dyna*, 84(203), 334–342. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v84n203/0012-7353-dyna-84-203-00334.pdf>
- Murgueitio E y Ibrahim M 2008 Ganadería y medio ambiente en América Latina. In Ganadería del Futuro (eds E Murgueitio, C Cuartas, J Naranjo), Cali, Colombia: Fundación CIPAV. pp. 19–3
- Benitez, E., Chamba, H., Sánchez, E., Parra, S., Ochoa, D., Sanchez, J., & Guerrero, R. (2017). Caracterización de pastos naturalizados de la Región Sur Amazónica Ecuatoriana: potenciales para la alimentación animal. *Bosques Latitud Cero*, 7, 83–97. <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/323/296>
- Bosch, M., Costa, J. L., Cabria, F. N., & Aparicio, V. C. (2012). Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo. *Ciencia Del Suelo*, 30(2), 95–105.
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *Redvet*, 18, 1–16. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/636/63653574014.pdf>
- Cervantes, R., Sánchez, J. M., Alegre, J., Rendón, E., Baiker, J. R., Locatelli, B., & Bonnesoeur, V. (2022). CONTRIBUTION OF HIGH-ANDEAN ECOSYSTEMS IN PROVIDING THE WATER REGULATION ECOSYSTEM SERVICE. *Ecología Aplicada*, 20(2), 137–146. <https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1804>
- Cremona, M., & Enríquez, A. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. *CORE*, 73, 5–8. <https://core.ac.uk/download/pdf/335290789.pdf>
- Cruz, W., Rodríguez, L., Salas, M., Hernández, V., Campos, R., Chávez, M., & Gordillo, A.

- (2020). Effect of organic matter and cation exchange capacity on the acidity of soils cultured with corn in two regions of Chiapas, Mexico. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475–480. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>
- Domínguez, J. M., Román, A. D., Prieto, F., & Acevedo, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 141–155. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1489>
- Hernández, Y. (2020). Cambio Climático : Causas y consecuencias. *Renovat*, 4(1), 38–53.
- Ibader, L., Merino, A., & Omil, B. (2004). Merino, A. & Omil, B. (Coord.). (2004). Xestión de Solos Forestais: produción sostible e calidade ambiental. Recursos Rurais. Serie Cursos - 1. Universidade de Santiago. Instituto... *Recursos Rurais*, 1(January 2020).
- IPCC. (2007). Orientación sobre las buenas prácticas en el sector de CUTS. *Orientación Del IPCC Sobre Las Buenas Prácticas Para UTCUTS*, 325. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf/spanish/ch3.pdf>
- Jiménez, D., & Martínez, G. (2019). Plants to raise livestock: Peasant knowledge associated to fodder species in Sierra de Ancasti (Catamarca, Argentina) . *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 54(4), 15–37. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7_2
- Jullian, C., Nahuelhual, L., Mazzorana, B., & Aguayo, M. (2018). Assessment of the ecosystem service of water regulation under scenarios of conservation of native vegetation and expansion of forest plantations in south-central Chile. *Bosque*, 39(2), 277–289. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000200277>
- Liu, P., & Raftery, A. (2021). Country-based rate of emissions reductions should increase by 80% beyond nationally determined contributions to meet the 2 °C target. *Communications Earth and Environment*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00097-8>
- Lorente, A. (2010). Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. *GeoGraphos. Revista Digital Para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*, 1, 1–22. <https://doi.org/10.14198/geogra2010.1.03>
- Martínez, H., Juan Pablo Fuentes, E., & Acevedo, H. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y

PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

- Mloza-Banda, H. R., Makwiza, C. N., & Mloza-Banda, M. L. (2016). Soil properties after conversion to conservation agriculture from ridge tillage in Southern Malawi. *Journal of Arid Environments*, 127, 7–16. <https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2015.11.001>
- Barrezueta, S., Velepucha, K., Solano, M., & Hurtado, L. (2020). Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador. *CIENCIA UNEMI*, 13(32), 14–26. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol13iss32.2020pp14-26p>
- Soto, J., Oviedo, R., Torres, P., Marmolejo, L. F., & Manyoma, P. C. (2017). Composting of biowaste : Research trends and relevance in developing countries. *Dyna*, 84(203), 334–342. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v84n203/0012-7353-dyna-84-203-00334.pdf>
- Murgueitio E y Ibrahim M 2008 Ganadería y medio ambiente en América Latina. In Ganadería del Futuro (eds E Murgueitio, C Cuartas, J Naranjo), Cali, Colombia: Fundación CIPAV. pp. 19–3
- Benitez, E., Chamba, H., Sánchez, E., Parra, S., Ochoa, D., Sanchez, J., & Guerrero, R. (2017). Caracterización de pastos naturalizados de la Región Sur Amazónica Ecuatoriana: potenciales para la alimentación animal. *Bosques Latitud Cero*, 7, 83–97. <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/323/296>
- Bosch, M., Costa, J. L., Cabria, F. N., & Aparicio, V. C. (2012). Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo. *Ciencia Del Suelo*, 30(2), 95–105.
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *Redvet*, 18, 1–16. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/636/63653574014.pdf>
- Cervantes, R., Sánchez, J. M., Alegre, J., Rendón, E., Baiker, J. R., Locatelli, B., & Bonnesoeur, V. (2022). CONTRIBUTION OF HIGH-ANDEAN ECOSYSTEMS IN PROVIDING THE WATER REGULATION ECOSYSTEM SERVICE. *Ecología Aplicada*, 20(2), 137–146. <https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1804>

- Cremona, M., & Enríquez, A. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. *CORE*, 73, 5–8. <https://core.ac.uk/download/pdf/335290789.pdf>
- Cruz, R. (2022). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO ORGÁNICO DE PAISAJES GANADEROS DEL DISTRITO NUEVO PROGRESO*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Cruz, W., Rodríguez, L., Salas, M., Hernández, V., Campos, R., Chávez, M., & Gordillo, A. (2020). Effect of organic matter and cation exchange capacity on the acidity of soils cultured with corn in two regions of Chiapas, Mexico. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475–480. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>
- Domínguez, J. M., Román, A. D., Prieto, F., & Acevedo, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 141–155. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1489>
- Hernández, Y. (2020). Cambio Climático : Causas y consecuencias. *Renovat*, 4(1), 38–53.
- Ibader, L., Merino, A., & Omil, B. (2004). Merino, A. & Omil, B. (Coord.). (2004). Xestión de Solos Forestais: producción sostible e calidade ambiental. Recursos Rurais. Serie Cursos - 1. Universidade de Santiago. Instituto... *Recursos Rurais*, 1(January 2020).
- IPCC. (2023). Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115. 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- Jiménez, D., & Martínez, G. (2019). Plants to raise livestock: Peasant knowledge associated to fodder species in Sierra de Ancasti (Catamarca, Argentina) . *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 54(4), 15–37. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7_2
- Jullian, C., Nahuelhual, L., Mazzorana, B., & Aguayo, M. (2018). Assessment of the ecosystem service of water regulation under scenarios of conservation of native vegetation and expansion of forest plantations in south-central Chile. *Bosque*, 39(2), 277–289. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000200277>

- Liu, P., & Raftery, A. (2021). Country-based rate of emissions reductions should increase by 80% beyond nationally determined contributions to meet the 2 °C target. *Communications Earth and Environment*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00097-8>
- Lorente, A. (2010). Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. *GeoGraphos. Revista Digital Para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*, 1, 1–22. <https://doi.org/10.14198/geogra2010.1.03>
- Martínez, H., Juan Pablo Fuentes, E., & Acevedo, H. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Mloza-Banda, H. R., Makwiza, C. N., & Mloza-Banda, M. L. (2016). Soil properties after conversion to conservation agriculture from ridge tillage in Southern Malawi. *Journal of Arid Environments*, 127, 7–16. <https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2015.11.001>
- Morocho, H. (2013). “COLECCIÓN Y SELECCIÓN DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS NATIVAS Y NATURALIZADAS EN CUATRO CANTONES DE LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE PARA FORMAR UN BANCO DE GERMOPLASMA PROMISORIO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL EL PADMI.” Universidad Nacional de Loja.
- Nair, P. K., Nair, V. D., Mohan Kumar, B., & Showalter, J. M. (2010). Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. *Advances in Agronomy*, 108(C), 237–307. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3)
- Nieto, C., & Caicedo, C. (2012). Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, INIAP – EECA. *Iniap*, 24–50, 102. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3791>
- Pérez, A., Galvis, A., Bugarín, R., Hernández, T., Vázquez, M., & Rodríguez, A. (2017). Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (AgTU+n). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(1), 171–177. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.80>
- Piñero, M., Castro Bisso, V., Lempereur, C., Scheggia, S., Mediavilla, M. C., Génova, F., &

- Kemelmajer, Y. (2012). Manual de horticultura periurbana. In *Manual de horticultura periurbana*.
- Portillo, P., Meneses, D., Morales, S., Cadena, M., & Castro, E. (2019). Evaluation and selection of forage grass and legume species in Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 42(2), 44–52. <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>
- Ramírez, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecia, D., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J., & Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6), 1–12. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060617/061701.pdf>
- Riascos, A., Reyes, J., & Aguirre, L. (2020). Nutritional characterization of trees from the Amazonian piedmont, Putumayo department, Colombia. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(2), 1–9. <http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/951/1032>
- Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. In *Fao*. http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OKZt9agfRksC&oi=fnd&pg=PR3&dq=CAPTURA+DE+CARBONO+EN+LOS+SUELOS+PARA+UN+MEJOR+MANEJO+DE+LA+TIERRA&ots=5xOjDqvtWf&sig=c9-6h5Q4W_qU0xBHudD4IqchYyc
- Sánchez, M., Mestanza, C., & Sánchez, I. (2020). Perspectiva de conservación del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Green World Journal*, 3(2), 009. <https://www.greenworldjournal.com/doi-022-wgj-2020>
- Santos, R., Muñoz, M., & Franco, G. (2019). Efecto de la latencia sobre la germinación de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) Dormancy and germination success in *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). *PLoS ONE*, 10(10). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0141567>
- Tiria, L., Bonilla, J., & Bonilla, C. (2018). Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguizamo, Putumayo (Colombia). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(2), 286–300. <https://doi.org/10.15446/rcdg>.
- Tobasura, I., Obando, F., Moreno, F., Morales, C., & Henao, A. (2015). De la conservación del suelo al cuidado de la tierra una propuesta ético-afectiva del uso del suelo. *Ambiente &*

Sociedade, 18(3), 121–136. <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n3/1809-4422-asoc-18-03-00121.pdf>

Torres, C., & Cuartas, J. (2013). Use of amazonian anthropogenic soils: Comparison between Caboclos communities and Tikunas indigenous group. *Revista Gestión y Ambiente*, 16(2), 5–17.

Vargas, Y., Nicolalde, J., Calero, A., & Vizúete, O. (2018). Fragilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana y potenciales alternativas agroforestales para el manejo sostenible. *Agroforestería Sostenible Agroforestería Sostenible En La Amazonía Ecuatoriana*, N ° 2, 61–68.

Yu, H., Zha, T., Zhang, X., & Ma, L. (2019). Vertical distribution and influencing factors of soil organic carbon in the Loess Plateau, China. *Science of the Total Environment*, 693, 133632. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133632>

Rosales, M. (2001). *Mezclas de forrajes: uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. Agroforestería para la producción animal en América Latina.* <https://www.fao.org/3/x1213s/x1213s05.pdf>

Ramírez, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecia, D., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J., Uvidia, C. (2017). *El clima y su influencia en la producción de los pastos. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria.* 8(6). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63651420007>

Andrades, M., Moliner, A., y Masaguer, A. (2015). *Prácticas de edafología: métodos didácticos para análisis de suelos.* <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/580696.pdf>

Arroyo, M., Ramírez, A. (2020). *Dióxido de carbono, sus dos caras. Anales de Química*, 116(2). <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1316>

Barbaro, L., Karlanian, M., Mata, A. (2014). *Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.* <https://inta.gob.ar/documentos/importancia-del-ph-y-la-conductividad-electrica-ce-en-los-sustratos-para-plantas>

Eswaran, H., Van Den Berg, E., Reich, P. (1993). *Organic carbon in soils of the world. Soil Sci. Soc. Am. J.* 57(1). <https://doi.org/10.2136/sssaj1993.03615995005700010034x>

- Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Rojas, L. A., & Bonilla, R. R. (2014). Effect of the application of sustainable practices on the physical, chemical and microbiological characteristics of degraded soils. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 270–278.
- Santacruz, A. (2010). *Diseño de Redes de Muestreo Óptimas para el Monitoreo del Carbono Orgánico del Suelo en el C.I. La Libertad mediante la Aplicación de Algoritmos Genéticos*. 162.
- Lefevre, C., Rekik, F., Viridiana, A., Liesl, W. (2017). *Carbono orgánico del suelo. El potencial oculto*. <https://www.fao.org/3/i6937s/i6937s.pdf>
- León, R., Bonifaz, N., Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- Cantú, I., Yañez, M. (2017). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.138>
- Carvajal, B., y Andrade, H. (2021). Carbono orgánico en suelos con diferentes sistemas de uso en Tacarimena Yopal, Colombia. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1921>
- Castellanos, J. 2008. Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. INTAGR. <https://docplayer.es/23535958-Guia-para-la-interpretacion-del-analisis-de-suelo-y-agua.html>
- Caicedo, C. (2021). *Cuantificación Del Depósito De Carbono, En Un Sistema Silvopastoril, Finca El Encanto, Vereda Cucharal, Fusagasugá (Doctoral dissertation)*. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/3443>
- González, L., Etchevers, J., Hidalgo, M. (2008). Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo. *Agrociencia*, 42(7). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000700001
- Hontoria, C., Rodríguez, J. C., y Saa, A. (2004). Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular. *Edafología*, 11(2). <http://edafologia.ugr.es/revista/tomo11b/articulo149.pdf>

- Espinosa, A., Silva, J., González, O., Dunet, O. (2013). Influencia del número de nudos de los propágulos y el marco de plantación en el desarrollo *Trichanthera gigantea*. *Pastos y Forrajes*, 36(3). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269129328005>
- Mora, M., Ríos, L., Almario, J. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Ingeniería y Región* 17. <https://doi.org/10.25054/issn.2216-1325>
- Torres, D., Sandoval, E., Peña, J., Vera, J. (2016). Aporte de nitrógeno proveniente de pollinaza al cultivo de brócoli (*Brassica oleracea L.*). 49(2). https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/9637/20172-cp08-vera-nuez.pdf
- López, M., Pauta, D. (2012). *Efectos en la calidad del agua y del suelo por el uso de la pollinaza como fertilizante en los pastos de la zona de Cruzpamba-Cajas*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2411/15/UPS-CT002419.pdf>
- Laban, P., Metternicht, G., Davies, J. (2018). Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: como mantener vivas las tierras áridas. *UICN* 3. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.03.es>
- Galicia, L., Gamboa, A., Gram, S., Chávez, B., Peña, V., Saynes, V., Siebe, C. (2016). *Stoks and dynamics of soil organic carbon in temperate forests of Mexico*. *Terra Latinoamericana*. 34(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100001
- Gallego, L., Mahecha, L., Angulo, J. (2017). *Nutritional quality of Tithonia diversifolia Hemsl. A Gray under three planting systems in the high tropic*. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1). <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
- García, L. (2021). *Análisis del Manejo de las principales especies forrajeras gramíneas para uso en pastoreo en el trópico ecuatoriano*. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9285>
- Torres, E., Maza, J., y Barrezueta, S. (2021). Impacto de dos usos de suelo en el almacenamiento carbono orgánico en el Litoral Ecuatoriano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9 (2).
- USDA. (1999). *Soil Quality Test Kit Guide*. https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil_Quality_Test_Kit_Guide.pdf

- Valarezo, C. (2003). Planificación Integral de la Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja.
- Vargas, V., Pérez, P., López, S., Castillo, E., Cruz, C., Jarillo, J. (2022). Producción y calidad nutritiva de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Grey en tres épocas del año y su efecto en la preferencia por ovinos Pelibuey. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(1). <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5906>
- Vázquez, J., Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1). <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>
- Vázquez, Y., Rodríguez, B., Savón, L., Ruiz, T. (2021). *Effect of Tithonia diversifolia forage meal on replacement productive indicators of White Leghorn L-33 layers*. *Energía*, 14(14.5). <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd33/9/33110ysnag.html>
- Contreras, M., Ruge, M. (2021). *Evaluación de la especie Tithonia diversifolia como abono verde y promisorio en la recuperación de indicadores del suelo, susceptibles a la compactación en la Finca Ganadera “Santa Isabel”, Departamento de Sucre*. https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/7081/Contreras_Mejia_Margarita_Liliana_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Prefectura de Loja, (2015). *Más productores aplican abono orgánico Nutrisano*.
- Duval, M., De Sa Pereira, E., Iglesias, J., y Galantini, J. (2014). Efecto de uso y manejo del suelo sobre las fracciones de carbono orgánico en un argiudol. *Ciencia Del Suelo*, 32(1). http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672014000100011
- Navas, A., Montaña, V. (2019). Comportamiento de *Tithonia T. diversifolia* condiciones de bosque húmedo tropical. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172019000200021
- Ontivero, Y. (2021). Characterization of five promising protein shrubs for the Cuban animal husbandry. *Pastos y Forrajes*. 44. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942021000100010&script=sci_arttext&tlng=pt

- Mejías, S., Crespo, G., Torres, V. (2017). Influencia de las leguminosas forrajeras en el sistema suelo-pasto. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802017000200012
- Giraldo, J., Sinisteria, J., Murgueitio, E. (2011). Árboles y arbustos forrajeros en policultivos para la producción campesina: Bancos Forrajeros Mixtos. *Revista de agroecología LEISA* 27(2). <https://issuu.com/leisa-al/docs/vol27n2/15>
- González, C., y Crespo, G. (2016). Respuesta de *Moringa oleifera* Lam a estrategias de fertilización en suelo Ferralítico rojo lixiviado. *Pastos y Forrajes*, 39 (3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942016000300004&script=sci_arttext&tlng=en
- Reyes, J., Martínez, D., Rosa, A., Rodríguez, T. (2016). The use of broiler manure in growing green bean. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*. 7(15). <https://rlac.buap.mx/sites/default/files/7%2815%29-1.pdf>
- Rivera, E., Sánchez, M., Domínguez, H. (2018). pH as a growth factor in plants. 4. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1829/2639>
- Ibrahim, M., Holguin, V. (2005). *Bancos forrajeros de especies leñosas*. http://repositorio.uca.edu.ni/2086/1/bancos_forrajeros_de_especies_le%C3%B1osas.pdf
- Conrado, D., Meza, G., Meza, C., Vivas, W. (2022). Effect of INIAP 811 *Tithonia T. diversifolia* on in vitro nutritional value. *Revista Ciencia y Tecnología* 15(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8537299>
- Pierre, F Jones, M., Bates, N. (2022). Datos científicos del sistema terrestre. Presupuesto global de carbono 2022. 11(11). <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>
- Prefectura de Loja (2016). Abono orgánico Nutrisano genera mayor productividad en plantas aromáticas.
- Margarita, C. (2005). *Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma – la Dalia Matagalpa*. <https://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>

- González, A., Romero, E. (2011). *pH del suelo y producción de CT 115 (Pennisetum purpureum) en dos localidades de la huasteca mexicana. Memorias 23° Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México*. ISBN: 978-607-95201-2-0
- FAO. (1986). *Guía de Fertilizantes y Nutrición Vegetal*. Tipo-lito SAGRAF - Napoli. Vía delle Terme di Caracalla, 00100 roma, Italia. 198p.
- Seddaiua, G., Porcua, G., Leddaa, L., Roggeroa, P., Agnellib, A., Cortic, G. (2013). Soil organic matter content and composition as influenced by soil management in a semi-arid Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 167(1). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.01.002>
- Rodríguez, F. (2011). *Efecto de los árboles aislados sobre características del suelo en sistemas silvopastoriles en Rivas, Nicaragua. Tesis de Maestría. San José, Costa Rica: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4879>
- Moreno, H., Blanquer, J., Ibáñez, S. (2010). El color del suelo. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8008/Color%20del%20suelo.pdf>
- Docampo, R. (2018). *La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola. INIA Las Brujas*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11480/1/sad-687-p.81-88.pdf>
- González, E. Dlujnewsky, J., Guerrero, R., Gualán, B., y Sánchez, J. (2017). Evaluación de *Trichanthera T. gigantea* y *Tithonia T. diversifolia* en el engorde de toretes. *Revista del Colegio de Médicos Veterinarios del Estado Lara*, 7(13). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7782015>
- Estrada, H., Hidalgo, M., Guzman, R., Almaraz, J., Navarro, H., Etchevers, J. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800813

- Buelvas, R., Fernández, J. (2019). La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Revista Ámbito Investigativo*,4(2). <https://ciencia.lasalle.edu.co/ai>
- Fassbender, H. (1982). Química de Suelos con énfasis en Suelos de América Latina. Tercera reimpresión. San José de Costa Rica. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6801>
- Castillo, M. (2015). Análisis de la Productividad y Competitividad de la Ganadería de Carne en el Litoral Ecuatoriano. (Resultados de Consultoría para RIMISP – Parte I). Serie Documentos de Trabajo N° 144. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa: Impactos a Gran Escala. Rimisp, Santiago, Chile.
- Virdee, B., Limiti, E., Khalily, M. (2018). Antenna Mutual Coupling Suppression over wideband using embedded periphery slot for antenna arrays. *Electronics* (7). <http://dx.doi.org/10.3390/electronics7090198>

11. Anexos

Anexo 1. Usos del suelo identificados en el área de estudio a= Área de control. b=T. diversifolia. c= T. gigantea. d= Abonos aplicados.



a)



b)



c)



d)

Anexo 2. Recolección, procedimiento de secado y tamizado de muestras disturbadas antes y después de cada abono aplicado.



Anexo 3. Materiales utilizados para las muestras no disturbadas antes y después de cada abono aplicado.



Anexo 4. Determinación de las propiedades físicas del suelo. a= textura. b= densidad aparente.



a)

b)

Anexo 5. Identificación del color de la muestra de suelo seco con ayuda de la tabla Munsell.



Anexo 6. Determinación de propiedades químicas del suelo. a= pH. b= conductividad eléctrica. c= capacidad de intercambio catiónico.



a)

b)

c)

Anexo 7. Resultados del análisis descriptivo de las propiedades físico-químicas del suelo por cada área de estudio.

Área	Variable	Unidad	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
A1a	Da	g cm ⁻³	0,87	1,2	0,99	0,18
	pH	-Log 1(H ⁺)	5	5,2	5,10	0,1
	CE	uScm ⁻¹	0,18	0,23	0,20	0,03
	CIC	meq/100g	15,6	18,6	7,4	1,59
	MO	%	6,27	7,91	7,18	0,84
A1	Da	g cm ⁻³	1,06	1,09	1,07	0,01
	pH	-Log 1(H ⁺)	5,6	5,7	5,67	0,06
	CE	uScm ⁻¹	0,29	0,29	0,29	0
	CIC	meq/100g	17,8	20,2	18,6	1,39
	MO	%	6,71	7,09	6,85	0,21
A2	Da	g cm ⁻³	1,16	1,32	1,23	0,06
	pH	-Log 1(H ⁺)	4,9	5,5	5,15	0,24
	CE	uScm ⁻¹	0,2	0,28	0,24	0,04
	CIC	meq/100g	14,6	27,6	19,00	4,97
	MO	%	5,23	6,22	5,72	0,46
A2a	Da	g cm ⁻³	0,92	1,2	1,10	0,16
	pH	-Log 1(H ⁺)	5,6	5,6	5,60	0
	CE	uScm ⁻¹	0,38	0,38	0,38	0
	CIC	meq/100g	17,4	21	19,2	1,8
	MO	%	5,83	6,13	5,94	0,17
A2b	Da	g cm ⁻³	1,01	1,1	1,06	0,04
	pH	-Log 1(H ⁺)	5,3	5,4	5,33	0,06
	CE	uScm ⁻¹	0,26	0,26	0,26	0
	CIC	meq/100g	13,2	21	16,7	3,97
	MO	%	4,89	5,31	5,04	0,23
A3	Da	g cm ⁻³	1,31	1,38	1,33	0,03
	pH	-Log 1(H ⁺)	5,4	5,6	5,52	0,08
	CE	uScm ⁻¹	0,11	0,15	0,13	0,01
	CIC	meq/100g	14,9	18	16,6	1,05
	MO	%	3,26	3,95	3,64	0,25
A3a	Da	g cm ⁻³	0,89	1,38	1,13	0,25
	pH	-Log 1(H ⁺)	6,2	6,3	6,27	0,06
	CE	uScm ⁻¹	0,4	0,4	0,40	0
	CIC	meq/100g	12,4	15,8	14,4	1,78
	MO	%	4,89	5,28	5,15	0,22
A3b	Da	g cm ⁻³	1	1,19	1,10	0,1
	pH	-Log 1(H ⁺)	6,6	6,8	6,70	0,1
	CE	uScm ⁻¹	0,69	0,69	0,69	0
	CIC	meq/100g	13,8	15,2	14,73	0,81
	MO	%	3,99	4,01	4,01	0,01

Anexo 8. Resultados de la textura del suelo en cada uso del suelo antes de la aplicación de los abonos.

COD. LAB.	USO DEL SUELO	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
3423		58	27,64	14,36	Franco arenoso
3677	A1a	60	27,64	12,36	Franco arenoso
3678		66	21,64	12,36	Franco arenoso
3424		50	33,64	16,36	Franco
3679	A2	47,28	31,28	21,44	Franco
3680		47,28	31,28	21,44	Franco
3425		46	31,64	22,36	Franco
3681	A3	47,28	30,28	22,44	Franco
3682		47,28	30,28	22,44	Franco

Anexo 9. Resultados de la textura del suelo en cada uso del suelo después de la aplicación de los abonos.

OD. LAB.	USO DEL SUELO	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
3804		27,64	15,08		Franco arenoso
3805	A1b	23,64	13,08		Franco arenoso
3806		23,64	13,08		Franco arenoso
3807		25,64	21,08		Franco arcillo arenoso
3808	A2a	25,64	19,08		Franco arcillo arenoso
3809		29,64	21,08		Franco arcillo arenoso
3810		27,64	21,08		Franco arcillo arenoso
3811	A2b	23,64	21,08		Franco arcillo arenoso
3812		23,64	21,08		Franco arcillo arenoso
3813		27,64	21,08		Franco
3814	A3a	31,28	21,08		Franco
3815		29,28	21,08		Franco
3816		27,28	23,08		Franco arcillo arenoso
3817	A3b	27,28	23,08		Franco arcillo arenoso
3818		27,28	21,08		Franco arcillo arenoso

Anexo 10. Resultados obtenidos del color del suelo por cada área de estudio.

Área	Tiempo de evaluación	Color
A1a	Antes	Marrón amarillento oscuro
	Después	Gris oscuro
A2	Antes	Marrón
	Después	Marrón grisáceo oscuro
A3	Antes	Marrón
	Después	Maroon grisáceo oscuro

Anexo 11. Contenido de carbono en el suelo (t/ha) en cada uso del suelo antes de la aplicación de los abonos.

CÓDIGO LAB.	USO DEL SUELO	%C	COS (t ha-1)
3423	A1a	3,30	74,72
3677		4,17	
3678		3,87	
3424	A2	2,77	75,88
3679		3,28	
3680		3,18	
3425	A3	1,72	51,10
3681		1,89	
3682		2,08	

Anexo 12. Contenido de carbono en el suelo (t/ha) en cada uso del suelo después de la aplicación de los tratamientos.

COD. LAB.	USO DEL SUELO	%C	COS (t ha-1)
3804	A1b	3,56	77,62
3805		3,74	
3806		3,54	
3807	A2a	3,23	69,05
3808		3,09	
3809		3,07	
3810	A2b	2,59	56,33
3811		2,80	
3812		2,58	
3813	A3a	2,79	61,43
3814		2,58	
3815		2,79	
3816	A3b	2,11	46,43
3817		2,12	
3818		2,11	

Anexo 13. Certificación de traducción del Abstract.



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza
Licenciada en Ciencias de Educación mención Inglés
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087
Email: yaniges@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 19 de enero de 2024

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen del Trabajo de Integración Curricular titulado **Estimación de Carbono Orgánico del suelo destinado a la generación de forrajes en la Quinta Experimental El Pادمي, provincia Zamora Chinchipe**, cuya autoría de la estudiante Silvana Maribel Zumba Valarezo, con cédula 0705740637, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA
BELEN
QUIZHPE
ESPINOZ
A
Firmado
digitalmente
por YANINA
BELEN QUIZHPE
ESPINOZA
Fecha:
2024.01.19
14:57:08 -05'00'

Mg. Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora freelance

Full text translator: servicios de traducción