



Universidad  
Nacional  
Francisco Luis  
Espinoza Pineda

**Tesis para optar al título de  
Ingeniero Agropecuario**

**Efectos de práctica de conservación sobre  
actividad biológica del suelo en cultivo de tabaco  
(*Nicotiana Tabacum*) municipio Estelí 2025**

**Autor(a)**

Jairo Antonio Rizo Zamora

**Tutor(es)**

M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba

**Estelí, Nicaragua  
Noviembre, 2025**



Universidad  
Nacional  
Francisco Luis  
Espinoza Pineda

**Tesis para optar al título de  
Ingeniero Agropecuario**

**Efectos de práctica de conservación sobre actividad  
biológica del suelo en cultivo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*)  
municipio Estelí 2025**

**Autor:**

Jairo Antonio Rizo Zamora

**Tutor:**

M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba

Presentado a la consideración del Honorable Comité  
Evaluador como requisito de culminación de estudio

**Estelí, Nicaragua**

**Noviembre 2025**

## Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agropecuarias como requisito final para optar al título profesional de:

### Ingeniero Agropecuario

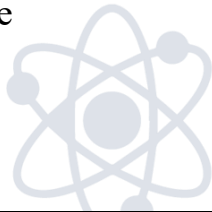
Miembros del Comité Evaluador



Ph.D. Oscar Enrique Bustamante  
Morales  
Presidente



Ing. Richard Ali Valenzuela  
Betanco  
Secretario



M.Sc. Ligia Leonor Muñoz Flores  
Vocal



Lugar y Fecha:

04 de diciembre de 2025, Estelí, Nicaragua

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y terminar mi tesis, por la salud, por ser el manantial de vida, darme fuerzas y sabiduría para seguir luchando día a día y lograr mis objetivos, por su infinita bondad y amor.

A mis padres por ser un pilar fundamental en este camino por amarme y apoyarme a pesar de las circunstancias, estando a mi lado a cada etapa de mi vida, por confiar en mí y ayudarme a llegar hasta donde estoy, porque sin ellos que fueron mi fuerza no hubiese podido, son una inspiración para mí.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a la Virgen por prestarme vida y seguir bendiciéndome y permitirme llegar a culminar los estudios universitarios.

A mis padres por luchar y sacarme adelante siempre. A los maestros por su apoyo incondicional y enseñanzas diarias para poder ser los profesionales deseados.

A M.Sc. Juan Octavio Meneses por siempre ser un constante apoyo en el área universitaria impartiendo conocimientos que son de utilidad para futuros trabajos, por llenar con sus experiencias de vida indicando lo mejor y brindar consejos, por haberme permitido desarrollar mis habilidades en los años de estudio impartidos.

A los colaboradores de Finca San Benito y todo el equipo que en ella labora que permitieron poder adquirir información y conocimientos para culminar con el informe final de investigación, sin ellos no hubiese sido posible.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	4
1.3. Objetivos (General y específicos).....	5
1.4. Justificación .....	5
1.5. Limitaciones.....	6
1.6. Hipótesis.....	6
1.7. Variables .....	7
1.8. Supuestos básicos .....	7
1.9. Contexto de la investigación.....	7
<b>II. MARCO TEORICO.....</b>	<b>8</b>
2.1. Suelo .....	8
2.2. Textura del suelo .....	8
2.3. Propiedades del suelo.....	8
2.4. Características biológicas del suelo .....	10
2.5. Prácticas de conservación de suelo .....	11
2.6. Cultivo de tabaco (Nicotiana tabacum).....	13

<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Ubicación geográfica.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2. Tipo de paradigma .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3. Enfoque de la investigación.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4. Finalidad y profundidad de la investigación (Alcance).....</b>	<b>19</b>
<b>3.5. Según su nivel de amplitud .....</b>	<b>20</b>
<b>3.6. Descripción de la unidad de análisis de estudios experimentales .....</b>	<b>20</b>
<b>3.7. Definición de variables con su operacionalización.....</b>	<b>21</b>
<b>3.8. Diseños experimentales.....</b>	<b>24</b>
<b>3.9. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos .....</b>	<b>25</b>
<b>3.10. Validez o confiabilidad de los instrumentos .....</b>	<b>25</b>
<b>3.11. Procesamiento para el análisis de datos.....</b>	<b>25</b>
<b>3.12. Consideraciones éticas de la investigación.....</b>	<b>26</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1. Propiedades Físicas y químicas de las parcelas .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2. Actividad biológica del suelo .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3. Plan de manejo de prácticas de conservación de suelo .....</b>	<b>35</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>43</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>47</b>

## **INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Matriz de operacionalización de variables.....	21
<b>Tabla 2.</b> Propiedades Físicas .....	27
<b>Tabla 3.</b> Evaluación Visual de Suelo .....	28
<b>Tabla 4.</b> Análisis de Varianza Densidad Aparente .....	30
<b>Tabla 5.</b> Macro y micronutrientes por parcela (resultado de análisis de suelo).....	31
<b>Tabla 6.</b> Análisis de Varianza %Retención de Humedad .....	33

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Materia Orgánica.....	32
<b>Figura 2.</b> Biomasa.....	34

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1.</b> Ubicación geográfica (Finca San Benito) .....	47
<b>Anexo 2.</b> Examen Fisicoquímico Parcela sin rastrojos .....	48
<b>Anexo 3.</b> Examen Fisicoquímico Parcela con rastrojos .....	49
<b>Anexo 4.</b> Galeria fotográfica .....	50
<b>Anexo 5.</b> Formato de Evaluación visual de suelo.....	54
<b>Anexo 6.</b> Análisis estadísticos .....	55

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de prácticas de conservación sobre la actividad biológica del suelo en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en el municipio de Estelí, durante el año 2024. El estudio se desarrolló en dos parcelas de la Finca San Benito, ubicada en la carretera a Mirafior, donde se aplicaron diferentes tratamientos: una con incorporación de rastrojos y otra sin cobertura mediante el método de parcelas pareadas. Los análisis fisicoquímicos mostraron que la parcela con rastrojos presentó una textura franco-arcillosa y mayor conductividad eléctrica, lo cual sugiere mejor estructura y mayor capacidad de retención de nutrientes, en comparación con la parcela sin rastrojos, que mostró una textura arcillosa y menor conductividad. A nivel químico, ambas parcelas contaron con niveles adecuados de nutrientes; sin embargo, la parcela con rastrojos destacó por contener mayores concentraciones de calcio y potasio. La evaluación visual del suelo, basada en el formato EVS, evidenció una notable diferencia entre tratamientos, con una puntuación superior en la parcela con rastrojos. Esto indica mejoras significativas en la estructura, color, porosidad y profundidad del perfil edáfico bajo manejo conservacionista. En cuanto a propiedades físicas específicas, el análisis de varianza no paramétrica mediante método Tukey en el sistema InfoStat reveló que no existieron diferencias significativas en la densidad aparente entre parcelas, pero sí en la retención de humedad, siendo superior en el tratamiento con cobertura vegetal. Finalmente, la actividad biológica del suelo fue significativamente mayor en la parcela con rastrojos, reflejando un incremento claro en la biomasa. Esta diferencia, estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ), confirma que el manejo con cobertura vegetal no solo mejora la fertilidad y estructura del suelo, sino también su funcionalidad biológica, aportando evidencia sólida para recomendar estas prácticas en sistemas de producción de tabaco en condiciones agroecológicas como las de Estelí.

**Palabras clave:** Práctica, suelo, Físico, Químico, Biológica.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of conservation practices on soil biological activity in tobacco (*Nicotiana tabacum*) crops in the municipality of Estelí, during the year 2024. The study was carried out in two plots of the San Benito Farm, located on the road to Miraflor, where different treatments were applied: one with the incorporation of stubble and the other without coverage using the paired-plot method. Physicochemical analyses showed that the plot with stubble had a clayey-loam texture and higher electrical conductivity, suggesting better structure and greater nutrient retention capacity, compared to the plot without stubble, which showed a clayey texture and lower conductivity. At the chemical level, both plots had adequate nutrient levels; however, the plot with stubble stood out for containing higher concentrations of calcium and potassium. Visual soil evaluation, based on the EVS format, showed a notable difference between treatments, with the plot with stubble scoring higher. This indicates significant improvements in the structure, color, porosity, and depth of the soil profile under conservation management. Regarding specific physical properties, nonparametric analysis of variance using the Tunkey method in the InfoStat system revealed no significant differences in bulk density between plots, but there were significant differences in moisture retention, which was higher in the mulched treatment. Finally, soil biological activity was significantly higher in the plot with stubble, reflecting a clear increase in biomass. This statistically significant difference ( $p \leq 0.05$ ) confirms that management with plant cover not only improves soil fertility and structure, but also its biological functionality, providing solid evidence to recommend these practices in tobacco production systems under agroecological conditions such as those in Estelí.

**Keywords:** Practice, soil, Physical, Chemical, Biologic.

## I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua la producción de tabaco del método artesanal ha tomado gran importancia en los últimos años, por lo que este producto no tradicional ocupa un nivel privilegiado de aceptación en el mercado norteamericano y europeo donde sus consumidores destacan su aroma y sabor; además de ser catalogado como un tabaco fino y de calidad. La región norte del país es una zona donde se cultiva el mejor tabaco, siendo la actividad tabacalera que dinamiza el 75% de la economía de los departamentos de Estelí y Nueva Segovia donde se han instalado más de 22 empresas dentro del régimen de zonas francas entre inversión extranjera y nacional ( López Merlos , 2015)

El cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en el municipio de Estelí es uno de los mayores ramos económicamente hablando, ya que más de la mayoría de los habitantes trabajan ya sea en la parte industrial o en fincas tabacaleras , este estudio se basa en la coexistencia de dos partes como lo es el uso efectivo de prácticas de conservación como el aprovechamiento adecuado y oportuno de la implementación del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) puesto que trabajando de esta manera se mejorará en gran escala el microclima y se seguirá implementando el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) mediante buenas prácticas que contribuyan al municipio y de manera económica a los ciudadanos.

La preservación de la biodiversidad en entornos agrícolas de cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) es un tema de gran importancia en la búsqueda de prácticas de conservación de suelo; en particular, el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en la región de Estelí, Nicaragua, ha generado preocupaciones debido a sus posibles impactos adversos en el medio ambiente y la diversidad biológica. Este estudio se basa en la comparación de suelo en dos parcelas en Finca San Benito mediante análisis físico – químicos los que detallarán cuál de las dos parcelas en estudio se implementan mejores prácticas de conservación que contribuyen a la actividad biológica de este.

Por otro lado, en base a los resultados se propondrá un plan de manejo de prácticas de conservación con el fin de mejorar la calidad del suelo, conforme a esto obtener un efecto positivo en el desarrollo del cultivo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*) sin ocasionar daños al medio ambiente.

De esta manera evaluar los efectos de prácticas de conservación sobre actividad biológica del suelo en cultivo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*) en municipio Estelí para hacer sus respectivos análisis y tener resultados que conlleven a utilizar de una mejor manera prácticas de conservación, mediante la parcela que incorporó este tipo de técnicas y que se vieron reflejadas en este.

### **1.1. Antecedentes**

El siguiente estudio se enfocó en desarrollar un plan para mejorar y conservar los suelos en la finca Alta Mira, en Pinar del Río, Cuba. El proyecto utilizó métodos empíricos, como entrevistas con directivos y campesinos, para identificar los factores limitantes y los procesos de degradación. A partir de este diagnóstico, se propusieron medidas para la conservación, destacando el uso de compostaje para mejorar la calidad de los cultivos de tabaco y otros productos, y la aplicación de biofertilizantes para controlar plagas, enfermedades y aumentar la producción general (Martínez Sánchez & González Benítez, 2021)

El diagnóstico del área se realizó utilizando métodos empíricos y herramientas de inteligencia computacional para analizar y procesar los datos. Tras evaluar los suelos y considerar los factores limitantes como la baja fertilidad natural, la erosión y la acidificación, se concluyó que el suelo de la finca no es ideal para el cultivo de tabaco, maíz, boniato y frijol. En respuesta a esto, se recomienda implementar varias medidas de conservación y mejora del suelo, tales como la rotación de cultivos, la siembra de abonos verdes, el trazado de curvas de nivel para establecer barreras vivas, la siembra en dirección transversal a la mayor pendiente, y el cercado de áreas de cultivo con postes vivos, entre otras prácticas (Martínez Sánchez & González Benítez, 2021)

Los resultados encontrados en Argentina San Salvador de Jujuy indicaron que la agricultura convencional redujo la estabilidad estructural del suelo en un 44% en la capa superficial y un 57% en la capa profunda. La tasa de infiltración en parcelas con bajo disturbio fue cinco veces mayor. Además, se observó una disminución significativa en el contenido de carbono y una reducción del pH del suelo entre un 8% y un 11% en las parcelas agrícolas. La respiración basal superficial también fue un 83% mayor en parcelas con rotación con gramíneas y abonos verdes comparado con el monocultivo (Colque, Romaniuk, Arias, & Castiglioni, 2021)

En el ámbito nacional se encontró el siguiente estudio el cual tuvo como objetivo evaluar el efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano, con el fin de determinar la calidad de suelo y agua de la quebrada en la finca Ebenezer durante el año 2019 en el municipio de San Ramón – Matagalpa. Se realizaron muestreos y análisis de suelo en 2 parcelas de la finca, una en el área de café y otra en el área de granos básicos; asimismo del agua de la quebrada; del mismo modo, se capturaron macroinvertebrados, para determinar los valores de parámetros físicos, químicos y biológicos.

Los autores posteriormente dedujeron que los resultados muestran buena calidad de suelo, pero diferencias significativas entre ambas parcelas con respecto a los parámetros evaluados; se encontró baja diversidad de organismos de suelo, aunque abundancia de tijeretas, lombrices y termitas, sobre todo en parcela de café donde su porcentaje de materia orgánica es de 4.67%; mientras que en el área de granos básicos es de 4.40%. Los valores presentan que el suelo está en buenas condiciones lo que conlleva a beneficios económicos, sociales y ambientales para el productor y su familia; sin embargo, el agua de la quebrada está contaminada lo que causa un efecto negativo y poco beneficioso para el productor (Reyes Mendoza & Urbina Urbina, 2019).

La erosión del suelo es un problema grave que afecta desde parcelas individuales hasta cuencas enteras, especialmente en las áreas de cultivo de tabaco en el occidente del país. Para gestionar de manera sostenible el uso de la tierra, es crucial medir las pérdidas de suelo, ya que estos datos son esenciales para crear políticas de conservación efectivas. Las técnicas nucleares, como el uso del isótopo  $^{137}\text{Cs}$ , ofrecen ventajas sobre los métodos tradicionales para evaluar la erosión. En la provincia de Pinar del Río, donde los suelos para el cultivo de tabaco muestran alta erosión, se ha utilizado esta técnica para medir con precisión la pérdida de suelo. El estudio revela que la tasa de redistribución de suelo varía entre -18,28 y 8,15 toneladas por hectárea al año (Gil et al., 2015)

En el ámbito de la edafología, la investigación sobre la degradación de suelos ha sido un enfoque principal en los últimos 20 años. Los suelos Ferralíticos Rojos, presentes en la Empresa Tabacalera “Lázaro Peña”, no son una excepción a este problema. Estos suelos están sometidos a un cultivo intensivo que altera tanto sus propiedades químicas como fisicoquímicas. Para abordar esta

situación se tomaron muestras de suelo en cada Unidad Básica de Producción Cooperativa y se realizaron análisis en el Instituto de Investigaciones del Tabaco.

Los resultados indicaron un pH elevado en los suelos, lo que limita la producción de tabaco debido a las necesidades específicas de la planta. Aunque se ha observado un aumento en la materia orgánica, esta sigue siendo baja, lo cual está comenzando a mejorar la fertilidad del suelo. También se detectó una relación desfavorable entre calcio y magnesio, atribuida al uso de agua dura para riego, que limita la absorción de magnesio al ser elementos antagonistas. Los niveles de fósforo y potasio, sin embargo, son adecuados para estos suelos. En conclusión, se ha identificado un aumento en la relación Ca/Mg y en el pH del suelo, lo que sugiere la necesidad de explorar nuevas alternativas para mejorar y conservar los suelos (Cánepa Ramos, Trémols González, González Maderos, & Hernández Jiménez, 2015)

## **1.2. Planteamiento del problema**

El cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en el municipio Estelí, de Nicaragua es una importante actividad económica que enfrenta importantes desafíos en términos de conservación de la biodiversidad debido a las prácticas agrícolas convencionales. Estas prácticas causan efectos negativos en los ecosistemas locales nivel del suelo, agua y ambiente incluida la pérdida de hábitats naturales y la disminución de la diversidad biológica.

Ante esta problemática, es necesario detallar e identificar práctica de manejo de suelos que contribuya a la conservación de la biodiversidad en el cultivo de tabaco, así como el mejoramiento y sostenibilidad del modelo productivo en el municipio de Estelí. Por tanto, surge la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los efectos de utilizar incorporación de rastrojos en la conservación sobre la actividad biológica del suelo en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)?

### **1.3. Objetivos (General y específicos)**

#### **Objetivo General**

Evaluar efectos de prácticas de conservación sobre actividad biológica del suelo en cultivo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*) en municipio Estelí 2024.

#### **Objetivos Específicos**

Describir las propiedades físico – químicas, de dos parcelas en estudio, ubicadas en Finca San Benito del municipio de Estelí.

Identificar la actividad biológica de suelo relacionada a la práctica de conservación en dos parcelas en Finca San Benito.

Proponer un plan de manejo que contribuya a la conservación del suelo tomando en cuenta los resultados del estudio.

### **1.4. Justificación**

La diversidad biológica o biodiversidad se define como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, acuáticos o marinos”. Engloba la diversidad dentro de las especies (diversidad genética), entre las especies (diversidad de los organismos) y de los ecosistemas (diversidad ecológica). El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza y uno de los hábitats más diversos de la tierra: alberga una infinidad de organismos diferentes que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida (FAO, 2015)

En gran manera hay que entender que la conservación de la biodiversidad del suelo es un tema muy importante, dado que es el que proporciona todos los nutrientes para el desarrollo de los cultivos, es necesario describir e identificar el tipo de prácticas que tienen establecidas las parcelas en estudio y que efectos causan en el sistema ambiental de estas, de modo que contribuya al conocimiento científico sobre la interacción entre la agricultura y la biodiversidad en contextos específicos como lo es el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)

Esta investigación proporcionó información valiosa sobre las prácticas de manejo del suelo más efectivas para conservar la biodiversidad en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en Estelí, Nicaragua. Los resultados obtenidos sirvieron de base para desarrollar recomendaciones y estrategias de manejo del suelo que puedan ser implementadas por los agricultores de manera sostenible, promoviendo así la convivencia armoniosa entre la agricultura y la conservación de la biodiversidad en el suelo de dichas parcelas.

El cultivo de tabaco puede afectar negativamente al medio ambiente, provocando problemas como la deforestación y el deterioro del suelo. Para mitigar estos impactos, las prácticas de conservación, como la siembra de cultivos de cobertura, la rotación de cultivos y la agricultura sostenible, son fundamentales. Estas técnicas no solo preservan la salud del suelo y disminuyen la erosión, sino que también ayudan a mantener la biodiversidad local y proteger los recursos naturales, como el agua y los nutrientes del suelo.

### **1.5. Limitaciones**

Falta de aprobación al implementar nuevas prácticas para la conservación de la biodiversidad del suelo en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) a menudo se debe a los costos económicos que estas prácticas implican. Esta falta de aprobación voluntaria refleja una preocupación por los gastos adicionales que podrían generarse al implementar estas medidas.

Riesgos en la variabilidad del cambio climático, debido a la dificultad al momento de tomar muestras, ya que el cambio en la densidad del suelo debido al clima dificulta el acceso a realizarlas debidamente.

### **1.6. Hipótesis**

La protección que brindan las coberturas de suelo y la implementación de prácticas que utiliza la parcela con mejores resultados, contribuyen significativamente a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y por tanto al rendimiento del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) mediante la protección ante los factores adversos.

### **1.7. Variables**

Propiedades Físicas

Propiedades químicas

Actividad biológica

Plan de manejo de práctica de conservación de suelo

### **1.8. Supuestos básicos**

La incorporación de rastrojos en la parcela con mejores resultados contribuye de manera positiva a la actividad biológica del suelo así también sus propiedades físicas y químicas. La parcela sin incorporación de rastrojos muestra menores resultados físicos, químicos y biológicos debido a la falta de materia orgánica.

### **1.9. Contexto de la investigación**

En los últimos años, la sostenibilidad de los sistemas agrícolas se ha convertido en una prioridad ante el deterioro de los suelos. En la finca San Benito ubicada en el municipio de Estelí carretera a Miraflores, la práctica de incorporar rastrojos al suelo se ha implementado como una alternativa para mejorar su fertilidad y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. Sin embargo, los resultados obtenidos varían según las condiciones del terreno y el manejo del cultivo. En este contexto, la presente investigación busca analizar el efecto de la incorporación de rastrojos sobre la actividad biológica y las propiedades físicas y químicas del suelo, con el fin de aportar información que contribuya a un manejo más sostenible de los recursos agrícolas.

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1. Suelo**

Cruz et al (2004) detalla que el suelo es el substrato básico para las plantas; capta, retiene y emite agua; y es un filtro ambiental efectivo. En consecuencia, este concepto refleja la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa.

Por otro lado, el suelo es un cuerpo que está integrado por cuatro componentes principales: mineral (45%), orgánico (5%), líquido (agua 25%) y gaseoso (25%). Los porcentajes anteriores indican una composición hipotética ideal para el buen crecimiento de las plantas. Un suelo sin materia orgánica carece de energía, buena estructuración, presencia de cargas negativas dependientes de pH y actividad microbiana, que jun-tos le imparten al suelo la dinámica de un proceso físico, químico y bio-lógico esto en palabras de (Trinidad-Santos, 2016)

### **2.2. Textura del suelo**

Para Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill (2004) la textura del suelo se refiere a la proporción relativa de partículas de arena, limo y arcilla que lo componen. Es una característica fundamental que influye en la capacidad del suelo para retener agua, aire y nutrientes, así como en su capacidad de soportar la vida vegetal. En el ámbito de la geología, la textura se refiere a la disposición y la relación entre los minerales que componen una roca, lo que afecta sus propiedades físicas y químicas. Es esencial entender la textura del suelo y de las rocas para comprender mejor su comportamiento y su utilidad en diversos contextos, desde la agricultura hasta la ingeniería civil.

### **2.3. Propiedades del suelo**

Físicas: El suelo se encuentra compuesto por diferentes materiales, entre ellos sólido, como rocas, plantas y animales. Estas propiedades son las que se pueden percibir, oler y medir, y se encuentran relacionadas con la textura, color y la capacidad para retener el agua (Molina Villalobos & García Valverde, 2024)

Ramírez Carvajal (1997) por su lado indica que una de las propiedades químicas más importantes del suelo es el pH, ya que influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica. Además, el pH afecta la concentración de iones tóxicos y otras características clave que influyen en la fertilidad del suelo. A continuación, se detalla cómo el pH impacta diversos elementos y propiedades del suelo:

**Nitrógeno:** La disponibilidad de nitrógeno está relacionada con la mineralización de la materia orgánica, un proceso que ocurre de manera óptima cerca de un pH de 7. En este rango, las bacterias responsables de la nitrificación y la fijación de nitrógeno se desarrollan mejor.

**Fósforo:** En suelos ácidos, el aluminio y el hierro tienen alta solubilidad y forman compuestos insolubles con el fósforo. En suelos alcalinos (pH superior a 7.5), el calcio aumenta su solubilidad y reacciona con los fosfatos, formando compuestos insolubles como la apatita. Por lo tanto, el fósforo es más disponible en un pH entre 6.5 y 7.5, donde también ocurre la mayor mineralización de compuestos de fósforo.

**Calcio, magnesio y potasio:** Estos elementos son más solubles en suelos con pH entre 7 y 8.5. En suelos ácidos, la solubilidad de estos nutrientes disminuye, lo que incrementa el riesgo de que sean lavados fuera del perfil del suelo.

**Azufre:** Se encuentra en forma de sulfato ( $\text{SO}_4$ ), que en suelos ácidos puede ser absorbido por el hierro y el aluminio, reduciendo su disponibilidad para las plantas. Un pH cercano a la neutralidad (entre 6 y 8) aumenta la disponibilidad del azufre al favorecer las reacciones biológicas y la solubilidad de los compuestos inorgánicos que lo contienen.

**Hierro y manganeso:** Estos nutrientes están disponibles en suelos ácidos, pero precipitan en pH altos formando compuestos insolubles como hidróxidos y óxidos. El pH óptimo para el manganeso es entre 5 y 6.5, y para el hierro, entre 3.5 y 6.5.

**Cobre y zinc:** La solubilidad de estos elementos, al igual que la de hierro y manganeso, es limitada en suelos con pH alto. Su mayor disponibilidad se encuentra en suelos ácidos a neutros, con un pH entre 5 y 7, debido a su mayor adsorción a compuestos orgánicos e inorgánicos.

**Boro:** La solubilidad del boro disminuye con el aumento del pH. Por lo tanto, su mayor disponibilidad se observa en suelos con pH entre 5 y 7, ya que en valores más altos reacciona con compuestos orgánicos, reduciendo su solubilidad.

**Molibdeno:** Este micronutriente es único en su comportamiento, ya que su disponibilidad aumenta con el incremento del pH. Esto se debe a que se encuentra retenido por óxidos hidratados de hierro y aluminio, y al elevarse el pH, estos óxidos se precipitan, liberando el molibdeno.

**Porcentaje de saturación de bases:** Un aumento del pH cercano a 7 resulta en una mayor solubilidad de los elementos, lo que a su vez incrementa el porcentaje de saturación de bases en el suelo.

**Capacidad de intercambio catiónico:** Un pH más alto genera cargas negativas libres en el suelo, que pueden intercambiarse con los cationes presentes en la solución del suelo.

**Concentración de iones tóxicos:** En suelos ácidos, la solubilidad del aluminio y el manganeso aumenta, lo que puede llevar a concentraciones tóxicas para las plantas. Se ha observado que un contenido de aluminio superior a 1 meq/100 g de suelo puede afectar negativamente el desarrollo de los cultivos, y el manganeso comienza a ser tóxico cuando alcanza una concentración de 100 ppm en el suelo.

#### **2.4. Características biológicas del suelo**

La biología del suelo es la ciencia que se ocupa del estudio de los organismos que de una u otra forma actúan sobre el suelo modificando su composición, su estructura y su funcionamiento. Los microorganismos del suelo se clasifican según su tamaño.

Macrofauna: son organismos mayores a 1 cm de diámetro. Es decir, se pueden observar a simple vista y efectúan sobre el suelo cambios físicos y, en algunos casos, cambios químicos. Pueden ser: vertebrados, organismos que tienen relación directa con el suelo y que son de vida silvestre. Invertebrados, dentro de los cuales están moluscos como el caracol y las babosas, anélidos como la lombriz de tierra, onicóforos como la oruga, artrópodos como los crustáceos, insectos y milipedos.

Meso fauna: son aquellos con diámetros que están entre doscientas micras y 1 cm, Se encargan de producir en el suelo cambios físicos Y químicos, En la meso fauna, los de mayor Importancia son los nemátodos.

Microfauna: Son los responsables de las transformaciones químicas correspondientes a los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica. Tienen un diámetro entre 20 y 200 micras. Los de mayor importancia son los protistas. Las bacterias son los microorganismos más prolíferos en el suelo y los más importantes para transformar químicamente diferentes compuestos a formas asimilables por las plantas. En su mayoría son heterótrofas y saprofitas (descomponen compuestos) y algunas son autotróficas (fabrican su propio alimento) (Ramírez Carvajal , 1997)

## **2.5. Prácticas de conservación de suelo**

Según Sanchez, Prager, Naranjo, & Sanclemente, (2012) se hace una aproximación de suelo en un sistema viviente y su integración en los sistemas sostenibles. Además de identificar la biodiversidad del suelo arriba y abajo que vienen siendo los pilares para la conservación de sistemas de producción. La manera en que el suelo está organizado, su estructura y los procesos que ocurren en él se parecen mucho a cómo funciona un sistema vivo. Este sistema no solo proporciona los nutrientes que las plantas y otros seres vivos necesitan, sino que también integra todo lo que vive y lo que no en una especie de ciclo continuo.

Desde el suelo, este ciclo se expande hacia la atmósfera en forma de diferentes moléculas y gases, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que son conocidos como gases de efecto invernadero. También hay otros gases, como el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S),

que están implicados en procesos como la lluvia ácida. Es como si el suelo fuera un mundo entero en sí mismo, conectado de forma intrincada con el resto del planeta.

Por otro lado, en palabras de Sánchez, Prager, Naranjo, & Sanclemente (2012), la manera en que las diferentes redes se conectan y los procesos que ocurren en su contexto nos ayudan a entender cosas como la fertilidad del suelo, qué tan productivo es, qué tan resistente y saludable está, e incluso su calidad. Todo esto se puede explicar mirando el agroecosistema en su conjunto.

Prácticas como conservar y usar materia orgánica, reducir la labranza o incluso no hacerla en absoluto, fomentar la biodiversidad y organizar sistemas agrícolas de forma compleja, están respaldadas por la ciencia que estudia cómo se entrelazan todas estas redes tanto por encima como por debajo del suelo. Estas conexiones no se limitan al agroecosistema, sino que también afectan al ecosistema en general. Por eso es tan importante que estas prácticas se adopten más ampliamente, a nivel local, regional y territorial, mediante esfuerzos colaborativos en redes sociales, económicas y políticas.

### **Tipos de prácticas de conservación de suelo**

(Rios, Barboza, & Riet, 2002) indican que cuando se practica la siembra directa, los restos de los cultivos anteriores permanecen en la superficie del suelo. Estos residuos pueden albergar numerosos patógenos, que son pequeños organismos capaces de causar enfermedades en los cultivos futuros. Por eso, es esencial planificar la rotación de cultivos de manera que se interrumpa el ciclo de las enfermedades. Un ejemplo claro es el del trigo: si se siembra trigo sobre paja de trigo anterior, es común que surjan problemas graves de salud en el cultivo. Para evitar esto, es mejor alternar el trigo con cultivos como la avena, que no son gramíneas. Cultivos como la cebada o el centeno no rompen completamente el ciclo de enfermedades del trigo.

En cuanto a la cobertura del suelo: Es importante que siempre haya una cierta cantidad de residuos en la superficie. Para lograr esto, se deben alternar cultivos que generen muchos restos, como el tabaco o maíz, con otros que produzcan menos residuos, como el girasol o la canola.

Respecto al control de malezas: Si no se realiza laboreo, el control se basa en el uso de herbicidas, el sombreado de los residuos en la superficie, la competencia entre los cultivos y las posibles alelopatías (efectos de un cultivo sobre el crecimiento de otro).

La rotación de cultivos juega un papel crucial en la gestión de las malezas, ya que ayuda a interrumpir sus ciclos y a alternar el uso de herbicidas.

### **2.6. Cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)**

Para Zamora Villavicencio, (2024) el tabaco (*Nicotiana tabacum*) es un cultivo comercial importante, ya que sus hojas son muy valoradas. Botánicamente, el tabaco pertenece al género *Nicotiana*, uno de los cinco géneros principales de la familia Solanaceae, de los cuales las dos especies comerciales más cultivadas son (*Nicotiana tabacum*) Virginia y (*Nicotiana tabacum*) Brasiliensis o Burley.

Además de eso el tabaco es cultivado principalmente por sus hojas, que contienen nicotina, una sustancia psicoactiva. Estas hojas se secan y procesan para fabricar productos como cigarrillos, puros y tabaco de pipa. El tabaco se ha utilizado tanto con fines recreativos como medicinales a lo largo de la historia, aunque su consumo está asociado con varios riesgos para la salud, incluyendo enfermedades cardiovasculares, cáncer y enfermedades respiratorias.

### **Taxonomía del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)**

---

Reino	<i>Vegetal</i>
Subreino	<i>Embryophyta</i>
División	<i>Tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>Pteropsida</i>
Clase	<i>Angiosperma</i>
Subclase	<i>Dicotiledónea</i>
Orden	<i>Tubiflora</i>
Familia	<i>Solanácea</i>
Género	<i>Nicotiana</i>
Especie	<i>Tabacum</i>

---

### **Origen del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)**

Según Arteaga Ledesma (2023) El tabaco tiene su origen en la zona Andina entre Perú y Ecuador, en la cual los primeros cultivos se establecieron hace 5000 años antes de cristo; el consumo del tabaco se encontraba extendido por todo el continente cuando fue colonizado y la mayor parte de sus usos se relacionaban con fumar, aunque también se utilizaba para aspirar por la nariz en forma de rapé; asimismo, el tabaco se mordía, se comía, se lamía, se untaba con yeso, se untaba en el cuerpo, se utilizaba como colirio y en purgas intestinales. El tabaco fue conocido por los europeos en 1492 con motivo de la aparición de Cristóbal Colón y sus expedicionarios en el Caribe en su viaje más memorable, según el registro del escritor Bartolomé de Las Casas.

### **Manejo del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)**

Preparación del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), Suarez (2024) explica que los semilleros son como la base de una cosecha exitosa, ya que permiten que las plantas crezcan lo suficiente antes de ser trasplantadas al suelo preparado y húmedo. Para que el tabaco crezca bien, necesita un suelo suelto y con buen drenaje. Preparar el suelo adecuadamente es crucial, así como entender qué nutrientes necesita en cada etapa de su crecimiento.

El proceso de cultivo del tabaco no termina una vez que se cosecha; también implica un proceso de curación que puede prolongarse, especialmente en años secos cuando las hojas no tienen la humedad suficiente para ser tratadas. El proceso completo de producción de cigarrillos y otros productos derivados se puede dividir en cuatro etapas: desde la producción de la materia prima hasta su industrialización, fabricación, distribución y venta (Suarez, 2024)

La calidad de las hojas de tabaco depende de una variedad de características, como el tipo de tabaco, su variedad, su posición en la planta, su tamaño, color, textura, elasticidad y aroma, así como el porcentaje de daños por roturas. Todas estas consideraciones son importantes para garantizar la calidad del producto final (Suarez, 2024)

Etapa de vivero en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) por otro lado, Suarez (2024) establece que, para obtener un cultivo de tabaco de calidad, es crucial contar con semilleros que cumplan con ciertas características específicas. Estos semilleros ideales deben tener un suelo suelto, que

permita un buen drenaje y una amplia superficie de cultivo. Esta etapa inicial es fundamental para asegurar un crecimiento óptimo de las plántulas de tabaco y, en última instancia, una cosecha exitosa.

### **Efectos bióticos en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)**

(Arteaga Ledesma, 2023) resume que, durante su ciclo de vida, las plantas tienen que enfrentarse a una variedad de plagas que pueden atacarlas de diferentes maneras. Para defenderse, las plantas han desarrollado respuestas inmunes que les permiten reconocer a los invasores y activar defensas dirigidas específicamente contra ellos. Además, estas defensas pueden ser "cebadas", lo que significa que se activan de manera más rápida y efectiva cuando se enfrentan a la amenaza nuevamente. Las señales clave en este proceso son los ácidos salicílico y jasmónico, que desempeñan un papel importante en la activación de las respuestas inmunes.

Sin embargo, estas respuestas inmunes también tienen un costo para las plantas, por lo que es importante regularlas cuidadosamente. En el cultivo de tabaco, por ejemplo, factores como el clima, la humedad del suelo, la temperatura y la luz tienen un impacto significativo en su desarrollo. Para un crecimiento óptimo, el tabaco prefiere temperaturas entre 18 y 28 °C y un suelo suelto y bien drenado en los semilleros, que son una fase crítica para el éxito del cultivo (Arteaga Ledesma, 2023)

Las tareas agrícolas en el cultivo de tabaco son variadas e incluyen desde la preparación del suelo hasta la recolección y el procesamiento final. Es un proceso meticuloso que requiere atención a cada detalle, desde la siembra hasta el manejo de plagas y enfermedades. Cada paso es crucial para garantizar una cosecha exitosa y de alta calidad (Arteaga Ledesma, 2023) .

### **Efectos abióticos en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)**

(Arteaga Ledesma, 2023) indica el propósito del presente documento es identificar los principales factores que afectan la producción del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en la Provincia de los Ríos. Este análisis, de carácter no experimental y bibliográfico, se llevó a cabo mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen de la información disponible. El cultivo de tabaco es particularmente sensible a diversos factores de producción presentes en su entorno. Entre estos

factores edafoclimáticos se incluyen el clima, la heliofanía (exposición solar), el requerimiento hídrico del cultivo, la temperatura, la humedad y las características del suelo.

La temperatura óptima para el desarrollo y crecimiento del tabaco oscila entre 18 y 28°C. Este cultivo es extremadamente sensible tanto a la escasez como al exceso de humedad; una alta humedad en el suelo puede tener efectos perjudiciales sobre su desarrollo. En cuanto a la luz, una alta intensidad lumínica puede reducir el tamaño de las hojas y aumentar su grosor. Para una densidad de siembra de aproximadamente 30.000 plantas por hectárea, la distancia recomendada es de 1,05 metros entre columnas y 30 centímetros entre plantas, siendo este aspecto crucial dependiendo de la variedad cultivada (Arteaga Ledesma, 2023)

Los semilleros ideales para el tabaco deben tener un suelo suelto, amplia superficie y buen drenaje, ya que esta fase es fundamental para obtener un cultivo de alta calidad. En Ecuador, los materiales genéticos utilizados en el cultivo de tabaco incluyen las variedades orientales, negro y burley. Entre las principales labores agrícolas en el cultivo de tabaco se encuentran: la preparación del semillero, el trasplante, la preparación del suelo, la siembra, la distancia entre plantas, la nutrición, el riego, el control de malezas, la supresión de hojas, el despunte y des brote, el manejo de plagas e infecciones, y finalmente, la recolección, alzada, encujada o ensarte, curado y zafada (Arteaga Ledesma, 2023)

**Clima:** El tabaco requiere un clima adecuado para prosperar. Un desequilibrio en las condiciones climáticas, como temperaturas extremas o eventos meteorológicos adversos, puede afectar negativamente el crecimiento y la calidad del tabaco (Arteaga Ledesma, 2023)

**Exposición Solar (Heliofanía):** La cantidad de luz solar que recibe el cultivo es fundamental. Una alta exposición solar es necesaria para el desarrollo óptimo de las hojas. Sin embargo, una exposición excesiva puede reducir el tamaño de las hojas y aumentar su grosor, lo que puede impactar la calidad del producto final (Arteaga Ledesma, 2023)

**Disponibilidad de Agua:** El tabaco necesita una cantidad precisa de agua para su crecimiento. Tanto el déficit como el exceso de humedad pueden tener efectos adversos. Un suelo demasiado seco impide el adecuado desarrollo del cultivo, mientras que un exceso de humedad puede

provocar problemas como la pudrición de las raíces y otras enfermedades (Arteaga Ledesma, 2023)

**Temperatura:** La temperatura ideal para el cultivo de tabaco se encuentra entre 18 y 28°C. Temperaturas fuera de este rango pueden ralentizar el crecimiento o provocar daños en las plantas, afectando su salud y rendimiento (Arteaga Ledesma, 2023)

**Humedad:** La humedad del ambiente y del suelo es crítica para el tabaco. Un nivel muy alto de humedad puede causar problemas como el desarrollo de hongos y enfermedades, mientras que niveles demasiado bajos pueden estresar las plantas y limitar su crecimiento (Arteaga Ledesma, 2023)

**Características del Suelo:** El tipo de suelo y sus propiedades, como la textura y el drenaje, son determinantes para el cultivo de tabaco. Suelos bien drenados y con una estructura adecuada permiten un desarrollo óptimo de las raíces y la planta en general. Suelos con mala aireación o drenaje deficiente pueden afectar negativamente la salud de las plantas (Arteaga Ledesma, 2023)

### **Plagas y enfermedades en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*)**

(Peña Liberio, 2023) determinó que se ha identificado que diversas enfermedades representan una amenaza constante para el cultivo de tabaco, desde su etapa inicial en el vivero hasta la cosecha. Entre las más comunes se encuentran el Moho azul, la Pata prieta, el Ojo de rana, el Fusarium y el virus del mosaico del tabaco (TMV).

El Moho azul, causado por el hongo *P. tabacina*, afecta a las plantas jóvenes desde la germinación hasta el trasplante, manifestándose con manchas oleosas en las hojas que finalmente conducen a la muerte de la planta. El Fusarium, transmitido a través del suelo, puede causar graves daños en las variedades susceptibles de tabaco (Peña Liberio, 2023).

La Pata prieta, causada por el hongo *P. nicotianae*, provoca manchas negras en las hojas que gradualmente se secan desde el centro. El Ojo de rana, causado por *C. nicotianae*, comienza con pequeñas manchas en las hojas jóvenes que eventualmente se expanden y pueden resultar en una defoliación severa (Peña Liberio, 2023).

El control de estas enfermedades se puede lograr mediante programas de control químico que reducen su incidencia y gravedad. Además, el control cultural desempeña un papel importante en la prevención de estas enfermedades en el cultivo de tabaco, lo que ayuda a mantener la salud y la productividad de las plantas a lo largo de su ciclo de vida (Peña Liberio, 2023).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación geográfica**

El experimento se llevó cabo en una finca tabacalera ubicada en el departamento de Estelí, llamada (San Benito) ubicada en el departamento de Estelí a 3.6km de la ciudad de Estelí carretera Miraflor 851 msnm, con coordenadas de latitud 13.1316123 y una longitud de -86.3466975. Presentó suelos franco arcilloso la temporada de lluvia promedio de 6-7 meses, con precipitaciones anuales de 500-1000mm, durante el transcurso del año la temperatura varía de 16 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 14 °C o sube más de 34 °C. (Ver Anexo 1)

#### **3.2. Tipo de paradigma**

La implementación de rastrojos en la Finca San Benito se analizó desde el paradigma positivista porque este enfoque busca explicar los fenómenos agrícolas a partir de la observación objetiva y la comprobación empírica de los resultados. Bajo este paradigma, el estudio se centró en medir de manera cuantitativa los efectos que tiene el uso de rastrojos sobre variables como biomasa, materia orgánica, densidad aparente del suelo y la retención de humedad. De este modo, la aplicación de rastrojos no se interpreta desde una perspectiva subjetiva o interpretativa, sino a través de resultados medibles que permiten establecer relaciones causales entre la técnica implementada y los cambios físicos o químicos en dicha finca.

#### **3.3. Enfoque de la investigación**

De acuerdo con el tema de investigación el enfoque se considera cuantitativo experimental dado a que se evaluó práctica de conservación de suelo en una finca midiendo variables como materia orgánica densidad aparente, macro y micronutrientes y biomasa.

#### **3.4. Finalidad y profundidad de la investigación (Alcance)**

Por otro lado, el alcance es descriptivo dado a que se describe las características físicas y químicas de las parcelas en estudio y correlacional, porque se está comparando la biomasa en los dos sistemas de manejo, así como las propiedades físicas como humedad del suelo.

### **3.5. Según su nivel de amplitud**

Por la periodicidad de esta investigación, se centra en un estudio transversal puesto que se analizan las variables simultáneamente al mismo tiempo y por consiguiente se estudia un fenómeno con relación a un momento dado en este caso en el año 2025.

### **3.6. Descripción de la unidad de análisis de estudios experimentales**

La investigación se llevó a cabo mediante dos unidades (Parcela N°1 y Parcela N°2) de análisis constituidas por la toma de 15 muestras de 500gr distribuidas en una sola parcela, es decir, se obtuvieron un total de 30 muestras, posteriormente combinarlas para obtener una sola muestra homogénea de 2kg por cada parcela.

Mediante la aplicación de la técnica de parcelas pareadas, se procedió a seleccionar, de manera cuidadosa, dos unidades experimentales (Parcela N°1 y Parcela N°2 en la Finca San Benito), las cuales reunieron características similares y de relevancia significativa que incidieron en la respuesta al tratamiento que se evaluó. Esta estrategia se basó en la premisa de que, al elegir parcelas que compartan un conjunto de condiciones comparables, tales como el tipo de suelo, las condiciones ambientales y otras variables relevantes como la humedad, el pH, la densidad aparente, entre otras.

El procedimiento de selección incluyó un análisis detallado del suelo, tanto a nivel macro como micro, para garantizar que las parcelas seleccionadas estuvieran lo más homogéneas posible en sus características fisicoquímicas. El análisis macro del suelo consistió en la evaluación de variables como la textura, el tipo de suelo (arcilloso, arenoso, limoso), la capacidad de retención de agua, la densidad aparente, este análisis proporcionará una visión general del estado del suelo en cada parcela.

### 3.7. Definición de variables con su operacionalización

**Tabla 1.** Matriz de operacionalización de variables

<b>Objetivos específicos</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Subvariables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas de recolección de información</b>	<b>Fuente de Información</b>
Describir propiedades físico – químicas, de dos parcelas en estudio de finca San Benito del municipio de Estelí.	Propiedades Físicas	Es aquella que se basa principalmente en la estructura del objeto, sustancia o materia, que es visible y medible.	Textura Estructura Colorimetría D.A. Conductividad	Tipos de textura, estructura Escala de medición de color	Examen físico – químico en laboratorio	Finca San Benito
	Propiedades químicas	Es cualquier propiedad de un material que se hace evidente durante una reacción química; es decir, cualquier cualidad que puede ser establecida solamente al cambiar la identidad química de una sustancia.	Materia Orgánica.  Macroelementos  Microelementos	pH, humedad, nitrógeno, fósforo, Potasio Micro minerales, boro y manganeso Rastrojos	Examen físico – químico en laboratorio	Finca San Benito

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Subvariables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas de recolección de información</b>	<b>Fuente de Información</b>
Identificar la actividad biológica de suelo relacionada a las prácticas de conservación en dos parcelas de finca San Benito	Actividad biológica de suelo.	Conjunto de procesos vitales realizados por organismos que habitan el suelo, esenciales para descomponer materia orgánica, reciclar nutrientes, mejorar la estructura del suelo, retener agua y aire, y controlar plagas, convirtiendo el suelo en un ecosistema vivo y fértil.	Macrofauna	Número de lombrices en diferentes profundidades del suelo a 10, 20 y 30cm	Monitoreo de lombrices en suelo	Finca San Benito
Proponer un plan de manejo que contribuya a la conservación del suelo tomando en	Plan de manejo de práctica de conservación de suelo	Es un enfoque sistemático y estratégico para implementar y gestionar prácticas destinadas a proteger, mantener	-----	Prácticas de manejo	Ficha técnica de manejo	Finca San Benito

Objetivos específicos	Variables	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnicas de recolección de información	Fuente de Información
cuenta los resultados del estudio.		y mejorar la salud y la productividad del suelo.				



### **3.9. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos**

Se utilizaron dos instrumentos, uno de ellos es la hoja clínica la cual mostrará resultados de las pruebas de suelo recolectadas en las parcelas.

En primera instancia se visitó a la finca tabacalera en cuestión, se solicitó autorización para la toma de muestras de dos parcelas en 15 puntos distintos de esta (parte superficial, media y baja), seguidamente se creó una sola muestra por finca para llevar a laboratorio y se realizó su debido análisis donde se tomaron en cuenta los siguientes parámetros (macrofauna, PH, humedad y densidad aparente, entre otros).

Otro de los instrumentos es la entrevista a ingeniero, primeramente, se creó el cuerpo de esta, posteriormente se estableció el día conforme a la disposición de tiempo de ambas partes, tanto del entrevistado como el entrevistador para hacer la aplicación de dicho instrumento.

### **3.10. Validez o confiabilidad de los instrumentos**

Para asegurar la validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados en la investigación, se aplicaron métodos claros y comprobados. Los exámenes físicos y químicos del suelo se realizaron siguiendo procedimientos establecidos, lo que permitió obtener resultados precisos y confiables sobre sus propiedades. El análisis visual del suelo, mediante el formato EVS, se llevó a cabo con criterios uniformes, garantizando que las observaciones fueran coherentes y comparables. Además, los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el método de varianza no paramétrica de Tukey, utilizando el programa InfoStat, lo que ayudó a interpretar los resultados de manera objetiva y reducir posibles errores. Gracias a esto, los instrumentos aplicados ofrecieron información segura y útil para respaldar las conclusiones del estudio.

### **3.11. Procesamiento para el análisis de datos**

Para el análisis de datos procedentes de las variables analizadas en las parcelas de estudio se realizó una base de datos en Excel, ordenando las variables de acuerdo con sus características para seguidamente ser analizadas en el programa estadístico InfoStat versión estudiantil. Posteriormente se realizó el análisis de normalidad a cuatro variables (Materia orgánica, densidad aparente, biomasa y retención de humedad), de estas tuvieron un comportamiento normal las

variables de materia orgánica y biomasa, a las cuales se les realizó la prueba estadística de análisis de varianza según Tukey (Ver anexo 8)

A las variables de densidad aparente y retención de humedad, como no cumplieron con los supuestos se les realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Los resultados se presentan en tablas y figuras.

### **3.12. Consideraciones éticas de la investigación**

Considerar el impacto a largo plazo de la investigación en el ecosistema local y en las prácticas agrícolas. Implementar estrategias para mitigar cualquier efecto negativo y promover prácticas sostenibles.

Proporcionó una descripción detallada de los métodos utilizados para la toma de muestras de suelo, asegurando que los procedimientos sean claros y reproducibles. Esto facilita la revisión y la evaluación por parte de otros investigadores y partes interesadas.

El estudio respetó cualquier tipo de tradiciones aplicadas por los participantes para obtener algo veraz y sin inconformidades de manera transparente y confiable sin generar inquietud alguna en los participantes.

Se contribuyó de gran manera en distintos sectores del municipio para mejorar en el conocimiento sobre la investigación establecida.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Propiedades Físicas y químicas de las parcelas

**Tabla 2.** Propiedades Físicas

Parcela	Descripción de las propiedades físicas				
	Arcilla	Limo	Arena	Textura	Conductividad Eléctrica
<b>Sin rastros</b>	41%	23%	26%	Arcilloso	90,1
<b>Con rastros</b>	38%	22%	40%	Franco Arcilloso	122

Basándose en los resultados químicos obtenidos en la Finca San Benito de los lotes antes mencionado, se puede afirmar que ambos presentan datos dentro de los rangos considerados normales. Esto se confirma mediante el esquema de medición tipo “semáforo”, el cual indica que los niveles observados no representan condiciones extremas. En cuanto a la composición textural, ambos lotes muestran proporciones adecuadas de limo, arena y arcilla. Estas mismas permiten clasificar los suelos como equilibrados en términos físicos, sin predominancia excesiva de alguna de las fracciones. La distribución de estos componentes sugiere que los suelos mantienen condiciones estables y adecuadas desde el punto de vista químico, de acuerdo con los criterios establecidos para la interpretación de resultados en este tipo de análisis. (Ver Anexo 2 y 3)

Se observaron diferencias en la composición textural y en la conductividad eléctrica entre la parcela con rastros y la parcela sin rastros. La parcela sin rastros presentó un contenido de arcilla del 41%, limo del 23% y arena del 26%, clasificándose con una textura arcillosa. En cambio, la parcela con rastros mostró un 38% de arcilla, 22% de limo y 40% de arena, correspondiente a una textura franco-arcillosa. En cuanto a la conductividad eléctrica, la parcela con rastros alcanzó un valor de 122  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que la parcela sin rastros registró un valor de 90,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ambas parcelas mostraron proporciones similares de limo, con una diferencia de apenas un punto porcentual.

Además de las diferencias en textura y conductividad eléctrica, se destaca que la parcela con rastros presenta una mayor proporción de arena (14 puntos porcentuales más) y una menor

proporción de arcilla (3 puntos porcentuales menos) en comparación con la parcela sin rastrojos. Esta variación en los porcentajes de las fracciones texturales genera un cambio en la clasificación textural del suelo, pasando de arcilloso a franco arcilloso. Por otro lado, la diferencia en conductividad eléctrica entre ambas parcelas es de 31,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo mayor en la parcela con rastrojos. Esta diferencia indica una mayor cantidad de sales solubles en esta última, aunque ambos valores se encuentran dentro de rangos considerados bajos a moderados según criterios agronómicos comunes.

También puede observarse que el contenido de limo se mantiene prácticamente constante entre ambas parcelas, con una variación mínima de solo un punto porcentual. Esta estabilidad en el porcentaje de limo contrasta con las variaciones más marcadas observadas en las fracciones de arcilla y arena.

Datos similares de análisis de propiedades físicas del suelo en las comunidades del municipio de Condega, presentaron valores en los rangos de 45, 31 y 23 de arena, limo y arcilla respectivamente suelos que oscilan entre franco a franco arenoso. ( Casco Zavala & Ortez Castellón , 2017)

**Tabla 3.** Evaluación Visual de Suelo

Aspecto del suelo	Puntaje Máximo	Parcelas sin rastrojos	Parcela con rastrojos
Estructura	3	0	3
Porosidad	4	2	4
Coloración	4	2	4
Color de moteado	1	0	1
Conteo de lombrices	0	0	0
Compactación	1	0	1
Cobertura	6	6	3
Profundidad	3	0	3
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>19</b>
<b>INTERPRETACIÓN DE CALIDAD DE SUELO</b>			<b>PUNTOS</b>
<b>Suelo Pobre</b>			<b><math>\leq 10</math></b>
<b>Suelo Moderado</b>			<b>10-25</b>
<b>Suelo Bueno</b>			<b><math>\geq 26</math></b>

En la tabla 3 podemos observar que el análisis visual del suelo evidenció diferencias claras entre las dos condiciones de manejo evaluadas. La parcela con cobertura vegetal presentó un mejor estado físico general, alcanzando un puntaje total de 19 sobre 22, con buenos resultados en estructura, porosidad, coloración y color de moteado tal como se puede observar en (Anexo 4)

En contraste, la parcela sin cobertura alcanzó solo 10 puntos, mostrando deficiencias en la mayoría de los indicadores físicos, a excepción de la cobertura superficial, que fue su punto más favorable. La ausencia de lombrices en ambas condiciones indica baja actividad biológica. Estos resultados reflejan que, bajo las condiciones y el momento evaluado, el manejo con cobertura mostró mejores propiedades físicas. (Anexo 5)

Los resultados muestran una diferencia en la calidad del suelo como resultado del manejo. La parcela sin rastrojos, con un puntaje total de 10, se ubica en el límite inferior de la escala, siendo clasificada como suelo moderado no por mucho inclinándose a un suelo pobre. Esto refleja condiciones limitantes para el desarrollo de cultivos.

Por otro lado, la parcela con rastrojos alcanzó un puntaje de 19, lo que la sitúa dentro de la categoría de suelo moderado. Esta diferencia de +9 puntos respecto a la parcela sin manejo evidencia mejoras claras en la estructura del suelo, mayor porosidad, mejor coloración y una mayor profundidad efectiva. Estos indicadores están directamente relacionados con un mejor desarrollo radicular, mayor infiltración de agua y mayor disponibilidad de nutrientes.

No obstante, se reconoce que los efectos positivos del manejo con residuos vegetales pueden requerir un mayor periodo de implementación para observar mejoras significativas en la calidad del suelo. Se observan resultados similares en investigación realizada en comunidades del municipio de Condega, donde las parcelas evaluadas no presentan diferencias significativas respecto al puntaje máximo, con una variación de apenas 2 puntos (22–24). De igual manera, en parcela sin rastrojos se identificó una diferencia mínima de 3 puntos al compararla con la parcela P1 Arenal de dicho estudio, la cual obtuvo un puntaje de 7. Por otro lado, las demás parcelas evaluadas en estas comunidades registraron valores entre 13 y 20 puntos, lo que evidencia cierta

similitud con los datos obtenidos en esta investigación, especialmente en relación con la parcela con cobertura, que alcanzó un puntaje de 19 ( Casco Zavala & Ortez Castellón , 2017)

Por lo que este análisis reafirma la importancia de adoptar estrategias de manejo sostenible del suelo, siendo la materia orgánica un componente esencial para recuperar su funcionalidad física, química y biológica. Se recomienda extender dichas prácticas al Lote 6 y mantener el monitoreo continuo para evaluar la evolución de los indicadores de calidad en el tiempo.

**Tabla 4.** Análisis de Varianza Densidad Aparente

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Densidad aparente	6	0,12	0,00	2,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	8,2E-04	1	8,2E-04	0,52	0,5102	
Tratamiento	8,2E-04	1	8,2E-04	0,52	0,5102	
Error	0,01	4	1,6E-03			

En la tabla número 4 se presentan el análisis de varianza donde se encontró que no hay diferencias estadísticas en ambas parcelas presentando un p. valor >0.5102 Se analizó si los tratamientos aplicados al suelo provocaban algún cambio en su densidad aparente (es decir, qué tan compacto o suelto está el suelo). Los resultados muestran que no hubo diferencias importantes entre los tratamientos: todos tuvieron un comportamiento muy similar.

El promedio de densidad aparente obtenido en ambas parcelas fue de aproximadamente 1.70 g/cm<sup>3</sup>, lo cual representa un valor notablemente más alto en comparación con los resultados reportados por ( Casco Zavala & Ortez Castellón , 2017) quienes documentaron densidades alrededor de 1.30 g/cm<sup>3</sup> en sus unidades de estudio.

Esta diferencia puede explicarse principalmente por variaciones en la porosidad y textura de los suelos evaluados. Suelos con mayor proporción de arena y compactación tienden a presentar densidades aparentes más altas, como en el caso de esta investigación. En cambio, los valores reportados de la investigación de Casco y Ortez podrían estar asociados a suelos con mayor contenido de materia orgánica, menor compactación o textura más fina, lo que favorece una mayor porosidad y menor densidad.

**Tabla 5.** Macro y micronutrientes por parcela (resultado de análisis de suelo)

Unidad de medida	B (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	pH Und/pH	N (mg/kg)	P (mg/kg)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	K (meq/100g)	(meq/100g)
Sin rastrojo	2,03	41,0	12,9	4,5	1,13	7,09	1,495	58,4	30,8	14,2	1,38	0,89
Con rastrojo	1.51	27,0	11,8	4,0	1,08	7,39	1,318	51,4	36,7	12,5	1,56	0,91

En la tabla 5 los resultados reflejan diferencias en la dinámica química del suelo que pueden estar relacionadas con las condiciones particulares de cada parcela, pero ambos mantienen características dentro de rangos considerados normales para suelos agrícolas. Basándose en los resultados químicos obtenidos en la Finca San Benito, específicamente en los lotes 5 y 6, se puede afirmar que ambos presentan datos dentro de los rangos considerados normales. Esto se confirma mediante el esquema de medición tipo “semáforo”. (Ver Anexo 2 y 3)

Por otro lado, los autores (Munguía Ayala & Pacheco Barboza , 2013) en su tema Evaluación del estado actual de la fertilidad de los suelos en fincas de pequeños y medianos productores en el Municipio de El Viejo, departamento de Chinandega, en el periodo comprendido de abril del 2012 a Julio del 2013 obtuvieron los siguientes resultados tomando en cuenta únicamente el pH y Nitrógeno en valores moderados.

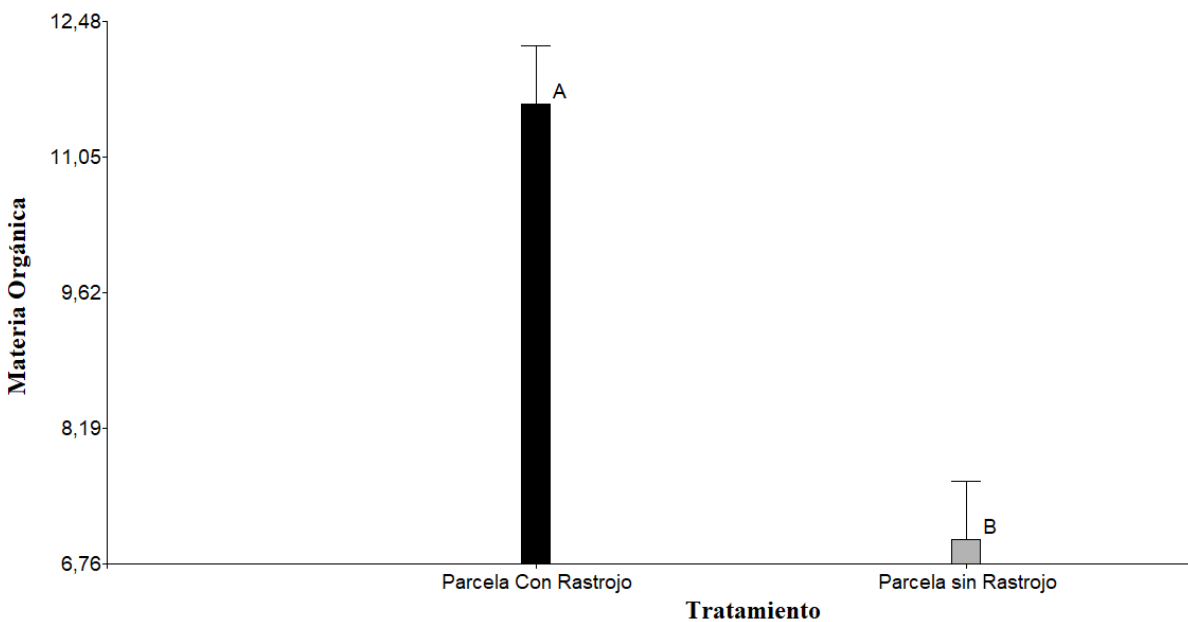
El análisis comparativo de los valores de pH y nitrógeno total (Nt) obtenidos en ambas tablas revela diferencias importantes en la condición química del suelo y su potencial fertilidad. En la primera base de datos, el pH promedio fue de 6.13, dentro de un rango de 5.4 a 7.1, lo que clasifica al suelo como moderadamente ácido según los criterios establecidos por la UNAN-León. En este

contexto, el contenido medio de nitrógeno total fue de 0.28%, valor que se ubica por encima del rango considerado como alto (0.10 – 0.21%), lo que sugiere una disponibilidad elevada de este nutriente.

En cambio, en los resultados obtenidos de la presente investigación, realizadas con densímetro correspondiente a dos muestras puntuales de dos parcelas, se registraron valores de pH de 7.09 y 7.39, caracterizando un suelo ligeramente alcalino. Los valores de nitrógeno en estas muestras fueron de 1,495 mg/kg y 1,318 mg/kg, respectivamente. Aunque estas cifras no están expresadas en porcentaje como en la investigación antes mencionada, su magnitud indica igualmente una concentración alta de nitrógeno, consistente con los datos generales. (Ver Anexo 6)

**Figura 1.**

*Materia Orgánica*



En la figura 1 se observa el efecto significativo del tratamiento de incorporación de rastrojos sobre el contenido de materia orgánica del suelo. La parcela con rastrojo presentó un valor promedio notablemente superior ( $\approx 11\%$ ), mientras que la parcela sin rastrojo mostró un valor considerablemente más bajo, cercano al 7%.

Las letras "A" y "B" sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos, lo que significa que el uso de rastrojos sí tiene un efecto real y medible en el incremento del contenido de materia orgánica en el suelo.

En la presente investigación se observaron diferencias significativas en el contenido de materia orgánica del suelo entre las parcelas evaluadas. La parcela con incorporación de rastrojos presentó un valor promedio cercano al 11%, mientras que la parcela sin rastrojo alcanzó un valor aproximado de 7%, diferencia que resultó estadísticamente significativa.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por ( Casco Zavala & Ortez Castellón , 2017) se evidencia un contraste importante. En dicho estudio, el valor más alto de materia orgánica reportado en las parcelas fue precisamente del 7%, valor que, en la presente investigación, representa el nivel más bajo.

Esta diferencia destaca la influencia positiva de la incorporación de rastrojos en la dinámica del suelo. La adición de residuos vegetales mejora la materia orgánica al aportar carbono y nutrientes al perfil edáfico, mejora la estructura del suelo y contribuye a una mayor estabilidad del sistema productivo.

**Tabla 6.** Análisis de Varianza %Retención de Humedad

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Aj</b>	<b>CV</b>
<b>Retención H</b>	<b>18</b>	<b>0.23</b>	<b>0.18</b>	<b>30.08</b>	

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	27.13	1	27.13	4.79	0,0438
Tratamiento	27,13	1	27.13	4.79	0,0438
Error	90.61	16	5.66		
Total	117.74	17			

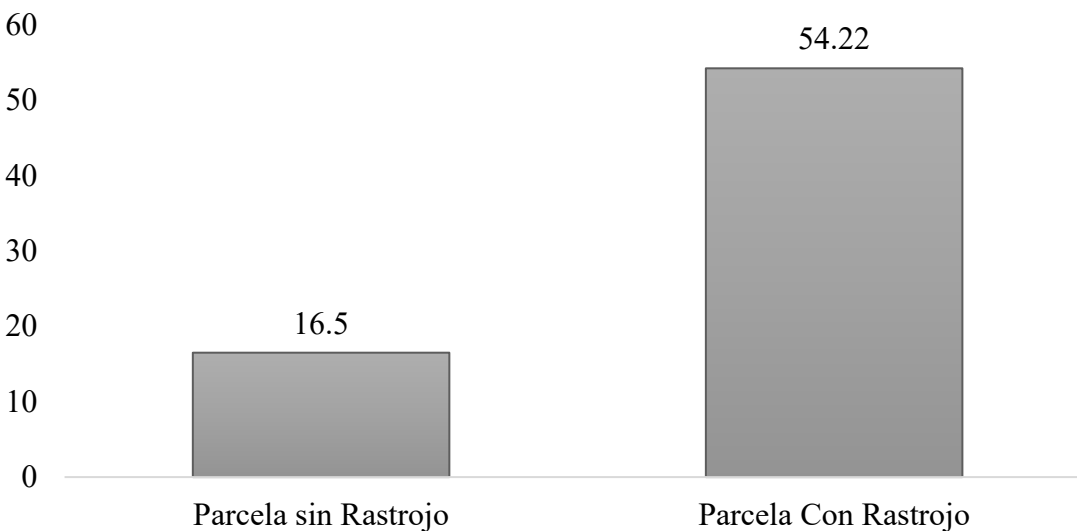
En la tabla 6 el análisis estadístico mostró que existe una diferencia significativa en la retención de humedad entre los tratamientos aplicados ( $p = 0.0438$ ), lo que indica que el tratamiento sí influye en la capacidad del suelo para retener agua.

El modelo explica un 23% de la variación observada ( $R^2 = 0.23$ ), lo cual representa una relación moderada pero significativa. El coeficiente de variación (30.08%) indica que hubo variabilidad entre las muestras, algo común en estudios de suelo.

A partir de los resultados obtenidos, se podría determinar que la retención de humedad del suelo se ve claramente influenciada por el manejo agronómico aplicado. La diferencia significativa entre tratamientos confirma que prácticas como la incorporación de rastrojos no solo aportan materia orgánica, sino que también mejoran la capacidad del suelo para conservar agua, un aspecto crucial en sistemas agrícolas afectados por variaciones climáticas.

#### 4.2. Actividad biológica del suelo

**Figura 2. B**  
*iomasa*



En la figura 2 muestra que el tratamiento con cobertura generó una biomasa significativamente mayor que el tratamiento sin cobertura, con un incremento absoluto de 37.72 unidades y una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ). Esto demuestra que la presencia de qué cobertura vegetal a través de rastrojos mejora sustancialmente la productividad del suelo no solo en términos agronómicos, sino también con respaldo estadístico y claro.

De acuerdo con el estudio de ( Casco Zavala & Ortez Castellón , 2017), el valor más alto de biomasa registrado en su investigación fue de 26 unidades. Al comparar este resultado con los obtenidos en la presente investigación, se observa que la parcela con rastrojos alcanzó un valor significativamente superior de 54.22 unidades, lo que representa una diferencia de 28.22 unidades de biomasa.

Esta diferencia refleja una mejora sustancial en la producción vegetal atribuida al uso de rastrojos como cobertura, lo cual incide positivamente en la retención de agua y nutrientes en el suelo. En contraste, la parcela sin rastrojos presentó valores de biomasa incluso inferiores a los reportados por, ( Casco Zavala & Ortez Castellón , 2017) lo que indica una situación más desfavorable. Esta baja producción de biomasa se traduce en menor cobertura superficial, lo cual favorece la degradación del suelo, la pérdida de nutrientes y el deterioro de su calidad física y biológica.

Por tanto, los resultados respaldan sólidamente la idea de que el uso de cobertura con rastrojos no solo mejora significativamente la biomasa, sino que también cumple una función determinante en la conservación y recuperación de la fertilidad del suelo.

Este incremento en la biomasa, observado en las parcelas con rastrojos, indica una mayor capacidad del sistema para generar y mantener materia orgánica, la cual es esencial para mejorar la estructura del suelo, aumentar su capacidad de retención de agua, y favorecer el desarrollo del suelo en el cultivo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*).


#### **4.3. Plan de manejo de prácticas de conservación de suelo**

Una vez analizados los sistemas de manejo del suelo, se identificaron las principales problemáticas asociadas. En respuesta a ello, se diseñó un plan estratégico orientado a potenciar la actividad biológica del suelo. Cabe resaltar que cada una de las acciones propuestas fue diseñada considerando las condiciones particulares de la finca y los métodos de manejo vigentes.

## Plan de manejo

Actividad	Descripción	Manejo	Observación
Evaluación del terreno, mediante Evaluación Visual de Suelo (EVS)	Proceso de analizar un terreno para saber si es adecuado para cultivar o realizar alguna actividad agrícola, como sembrar, criar animales o plantar árboles. Tomando en cuenta indicadores como su estructura y consistencia, porosidad, coloración, número y color de moteado, conteo de lombrices, compactación, cobertura y profundidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Observación directa del terreno</li> <li>✓ Toma de muestras de suelo</li> <li>✓ Evaluar topografía</li> <li>✓ Estudiar el clima de la zona</li> <li>✓ Analizar disponibilidad de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Control de la humedad, ajustar el riego según las necesidades del cultivo.</li> <li>✓ Realizar evaluación del terreno anual para tener un control del estado físico y químico del suelo.</li> <li>✓ Incorporar el uso de Formato Visual del suelo, con el fin de interpretar la calidad del suelo y de esta forma conocer su estado (Suelo Pobre, Moderado y Bueno)</li> </ul>
Incorporación de materia orgánica	Agregar restos orgánicos al suelo, como estiércol, compost, residuos de cultivos, hojas secas o abono verde como frijol o restos del mismo cultivo, para mejorar la fertilidad y la salud del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Usar materia orgánica fresca y compostar antes de incorporarla de manera uniforme</li> <li>✓ No incorporar cuando el suelo esté muy compactado</li> <li>✓ Monitorear el suelo después de haber</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecer leguminosas para aumentar la biomasa en ambas parcelas</li> <li>✓ Utilizar estiércol de vaca seco con el fin de no quemar las raíces por exceso de amoníaco o sales.</li> <li>✓ Monitorear la cantidad de estiércol de vaca seco cada 2 o 4 semanas antes del trasplante del cultivo, esto permitirá que los nutrientes se incorporen al suelo y se evite el</li> </ul>

Actividad	Descripción	Manejo	Observación
		<p>integrado la materia orgánica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Antes del tabaco, como abono verde se sugiere sembrar el frijol, dejar crecer por 45-60 días y luego se incorporar al suelo (enterrado parcialmente) unas semanas antes del trasplante del tabaco.</li> <li>✓ Entre surcos del tabaco, se siembra una variedad de crecimiento controlado, que no compita mucho por luz y nutrientes.</li> <li>✓ También debe incorporarse al suelo antes de florecer, ya que en esa etapa tiene mayor contenido de nitrógeno.</li> </ul>	<p>riesgo de quemaduras a las plantas jóvenes.</p>

Actividad	Descripción	Manejo	Observación
		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se recomienda usar con labranza mínima para mantener la cobertura vegetal sobre el suelo.</li> </ul>	
Nivelación de pH	Ajustar el nivel de acidez o alcalinidad del suelo para que sea adecuado para el crecimiento de los cultivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tomar muestras del suelo y enviarlas al laboratorio</li> <li>✓ Identificar qué tipo de suelo es (ácido o alcalino)</li> <li>✓ Seleccionar la enmienda correctora cal para subir el pH o materia orgánica ácida si es para bajar el nivel de acidez</li> <li>✓ Calcular la cantidad de enmienda a incorporar</li> <li>✓ Aplicarla al suelo de 15 a 30cm de profundidad</li> <li>✓ Monitorear y tomar de nuevo el nivel de pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se recomienda realizar tomas de pH de 30 a 45 días después del trasplante, para verificar si el pH se ha mantenido estable, especialmente si hubo lluvias fuertes o riego</li> </ul> 

Actividad	Descripción	Manejo	Observación
Preparación del suelo pre - siembra	Conjunto de trabajos que se realizan en el terreno antes de sembrar, con el objetivo de dejar el suelo en buenas condiciones para que las semillas germinen bien y las plantas crezcan sanas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación del terreno</li> <li>✓ Limpieza del terreno</li> <li>✓ Incorporación de materia orgánica</li> <li>✓ Nivelación del terreno</li> <li>✓ Aplicación de enmiendas orgánicas</li> <li>✓ Nivelación de pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fomenta la rotación de cultivos para no agotar siempre los mismos nutrientes.</li> <li>✓ Establecer leguminosas para aumentar la biomasa en ambas parcelas</li> </ul>

## V. CONCLUSIONES

El estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas del suelo en dos parcelas de la Finca San Benito, municipio de Estelí, permitió identificar diferencias significativas asociadas al manejo con y sin incorporación de rastrojos. Los resultados reflejan el impacto positivo de la incorporación de rastrojos sobre la calidad del suelo.

La comparación de las parcelas con y sin rastrojos en la Finca San Benito reveló que la incorporación de rastrojos mejora significativamente las propiedades físicas y químicas del suelo. Físicamente, la parcela con rastrojos mostró mejor estructura, porosidad y profundidad, así como mayor retención de materia orgánica, favoreciendo un ambiente más saludable para el desarrollo radicular del tabaco.

Químicamente, ambas parcelas presentaron niveles adecuados de nutrientes, pero la parcela con rastrojos destacó por un mayor contenido de calcio, potasio y capacidad de intercambio catiónico. La materia orgánica fue significativamente superior en esta parcela, demostrando que el manejo con cobertura vegetal es una práctica clave para conservar la fertilidad y mejorar la productividad del cultivo en este municipio.

En conjunto, los resultados evidencian que el manejo con rastrojos mejora significativamente la calidad del suelo, tanto en su estructura física como en su equilibrio químico. Esto respalda el uso de prácticas conservacionistas como la incorporación de residuos vegetales para promover la sostenibilidad del sistema productivo y mejorar el rendimiento del cultivo de tabaco en condiciones agroecológicas como las de Estelí.

El efecto positivo de la práctica de manejo con cobertura vegetal sobre la calidad del suelo, permite una mayor concentración de materia orgánica mejora la estructura, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes. Por tanto, el uso de rastrojos representa una estrategia clave para el mantenimiento y recuperación de la fertilidad del suelo en sistemas de producción como el cultivo de tabaco.

Con base en los resultados obtenidos, se elaboró un plan de manejo integral orientado a conservar y mejorar la calidad del suelo en el cultivo de tabaco. Este plan incluye prácticas clave como la evaluación visual del suelo, limpieza controlada del terreno, incorporación de materia orgánica, corrección del pH y preparación adecuada antes de la siembra. Todas estas acciones se diseñaron considerando las condiciones locales observadas en las parcelas y los efectos positivos identificados en la parcela con rastrojo.

La propuesta prioriza el uso de abonos verdes como frijol, estiércol seco, labranza mínima y rotación de cultivos, con el fin de aumentar la biomasa, mejorar la estructura del suelo y mantener una fertilidad sostenible. Se enfatiza el monitoreo continuo del suelo para ajustar prácticas según la evolución de sus condiciones. Este enfoque no solo busca conservar el recurso suelo, sino también fortalecer la productividad a largo plazo en sistemas agrícolas como el tabaco, bajo un manejo más sostenible y adaptado al contexto local.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Mantener e intensificar el uso de cobertura con rastrojos, se recomienda continuar y reforzar la incorporación de rastrojos y residuos vegetales como práctica base para la conservación del suelo. Esta técnica ha demostrado mejorar la estructura, porosidad y retención de humedad del suelo, favoreciendo el desarrollo del cultivo de tabaco en la finca.

Implementar la rotación de cultivos con leguminosas, introducir cultivos como frijol entre ciclos de tabaco permitirá aumentar la materia orgánica, mejorar la estructura del suelo y contribuir al equilibrio nutricional, gracias a su capacidad de fijación de nitrógeno.

Fomentar la educación y capacitación técnica del personal, capacitar al equipo técnico y trabajadores de campo sobre prácticas agroecológicas, manejo sostenible del suelo y monitoreo de calidad del terreno, con el fin de garantizar la correcta implementación del plan de manejo propuesto.

## VII. LITERATURA CITADA

- Casco Zavala, L. L., & Ortez Castellón, M. V. (2017). *Caracterización del suelo en parcelas agrícolas con manejo de cobertura de rastrojos como prácticas de conservación*, Condega, 2016-2017. Universidad Católica del Trópico Seco- Estelí, Estelí.
- López Merlos, I. S. (2015). *Estructura productiva*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua Facultad de Ciencias Económicas Departamento de Economía, Managua, Managua. Recuperado el 10 de Agosto de 2025
- Arteaga Ledesma, M. (2023). *Principales factores que influyen en la producción del cultivo de*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, Ecuador, Babahoyo. Recuperado el 06 de Agosto de 2025, de Principales factores que influyen en la producción de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en provincia de Los Rios.
- BCN. (2010). *El Tabaco*. Managua. Recuperado el 10 de Agosto de 2025
- Cánepa Ramos, Y., Trémols González, A., González Maderos, A., & Hernández Jiménez, A. (2015). *Situación actual de los suelos tabacaleros de la empresa Lázaro Peña de la provincia Artemisa. Cultivos Tropicales*. Instituto de Investigaciones del Tabaco, Unidad Básica de Producción, La Habana. Recuperado el 3 de Agosto de 2025, de Situación actual de los suelos tabacaleros en la empresa "Lázaro Peña" en la Provincia de Artemisa.
- Colque, R., Romaniuk, R., Arias, P., & Castiglioni, M. (2021). *Rotación de cultivos en la producción de tabaco: Efecto sobre algunas propiedades edáficas*. Facultad de Agronomía (Universidad Nacional de Jujuy), Valle los Pericos (Provincia de Jujuy). Obtenido de Rotación de cultivo en la producción de tabaco, efectos sobre algunas propiedades edáficas.
- Cruz et al. (2004). *La calidad de los suelos y sus indicadores*. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Obtenido de La calidad del suelo y sus indicadores.

Gil et al. (2015). *Utilización de técnicas nucleares para estimar*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Pinar del Río. Recuperado el 3 de Agosto de 2025, de Utilización de técnicas nucleares para estimar la erosión hídrica en plantaciones de tabaco en Cuba.

Martínez Sánchez, A., & González Benítez, N. (2021). Inteligencia computacional para la implementar las medidas de conservación y mejoramiento de suelo ante el cambio climático. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*. Pinar del río. Obtenido de Propuesta de medidas de conservación de suelo en la "Finca Altamira": <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590622>

Molina Villalobos, A., & García Valverde, A. (2024). *Análisis de propiedades físicas y mecánicas para suelos contaminados con hidrocarburos*. . Revista, Universidad Fidélitas, San José. Recuperado el 05 de Agosto de 2025, de Análisis de propiedades físicas y mecánicas para suelos contaminados con hidrocarburos.

Munguía Ayala, D. A., & Pacheco Barboza, M. J. (2013). *Evaluación del estado actual de la fertilidad de los suelos en fincas de pequeños y medianos*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA-LEON FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE AGROECOLOGIA, León. Recuperado el 08 de Agosto de 2025

Peña Liberio, J. R. (2023). *Incidencia de las principales enfermedades en el cultivo de tabaco*. UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y VETERINARIA, Los Ríos, Babahoyo. Recuperado el 08 de Agosto de 2025, de Incidencia de las principales enfermedades del cultivo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*) en el Ecuador.

- Ramírez Carvajal , R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Ministerio de Agricultura y Fondo Nacional Cerealista, Santa Fé. Recuperado el 05 de Agosto de 2025, de Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.
- Reyes Mendoza, F., & Urbina Urbina, W. (Diciembre de 2019). *Efecto de bioindicadores de calidad de suelo y agua sobre el bienestar humano en finca Ebenezer, comunidad la Reyna, San Ramón – Matagalpa 2019*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA, Matagalpa, San Ramón. Recuperado el 8 de Julio de 2025
- Rios, A., Barboza, A., & Riet, E. (2002). *Conceptos generales sobre siembra directa*. Instituto Nacional de ciencias agropecuarias, Uruguay. Recuperado el 8 de Agosto de 2025, de Consejos generales sobre siembra directa.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Montevideo. Recuperado el 3 de Agosto de 2025
- Sanchez, M., Prager, M., Naranjo, R., & Sanclemente, O. (2012). *El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas*. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Palmira. Recuperado el 05 de Agosto de 2025, de El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas.
- Suarez. (2024). *"Manejo integral en el proceso de producción y calidad del tabaco en Ecuador"*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, Ecuador, Babahoyo. Recuperado el 06 de Agosto de 2025, de Manejo integral en el proceso, producción y calidad de tabaco en Ecuador.
- Trinidad-Santos. (2016). Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Ciudad de México, Texcoco. Recuperado el 3 de Agosto de 2025, de Importancia de la materia orgánica en el suelo.

Zamora Villavicencio, E. (2024). *Calidad de la hoja del Tabaco (Nicotiana tabacum) en la industria*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, Ecuador, Babahoyo.  
Recuperado el 06 de Agosto de 2025, de Calidad de la hoja de tabaco (Nicotiana Tabacum) en industria Ecuatoriana.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Ubicación geográfica (Finca San Benito)



## Anexo 2. Examen Fisicoquímico Parcela sin rastrojos



### INFORME DE ENSAYO - SUELO



Nº de Referencia:	S-23/059276	Registrada en:	Disagro	Fecha Recepción:	01/09/2023
Análisis:	S-3002 (S-3002 USA)	Centro Análisis:	AGQ Perú	Fecha Fin:	23/09/2023
Tipo Muestra:	SUELO AGRICOLA	Fecha/Hora:	28/08/2023	Contrato:	1976195-a
		Muestreo:			
		Fecha Inicio:	19/09/2023		
Muestreado por:	Personal Disagro	Cliente 3º(*):	----		
Descripción(*):	LA CARIDAD LOTE 5				
Cliente (*):	SAGSA DISAGRO NICARAGUA				

#### FERTILIDAD FÍSICA

Parámetro	Resultado	Riesgo de Compactación	Método	PNT
* Clase Textural	Arcillosa		NIR	PE-2208
* Arcilla	41,0 %		NIR	PE-2208
* Limo	23,0 %		NIR	PE-2208
* Arena	36,0 %		NIR	PE-2208

#### FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
* Cond. Eléctrica (Ext. 1/5)	90,1	µS/cm a 20 °C		2,00		400			PE-2128
pH (Extracto 1/2,5)	7,09	Unidades de pH		6,50		7,50			PE-2128
* Materia Orgánica	3,33	%		1,20		2,00		Combustión	PE-2129
* Nitrógeno Total	1.495	mg/kg		1.000		1.500			PEC-034
Fósforo Disponible Olsen	58,4	mg/kg		20,0		40,0		Olsen	PE-2125
Calcio Disponible	30,8	meq/100 g		8,00		14,0		Ac NH4	PEC-009
Magnesio Disponible	14,2	meq/100 g		1,50		2,50		Ac NH4	PEC-009
Potasio Disponible	1,38	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH4	PEC-009
Sodio Disponible	0,89	meq/100 g		0,25		0,75		Ac NH4	PEC-009

#### MICROELEMENTOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
* Boro	2,03	mg/kg		0,60		1,00		Extrac Acuosa	PE-2126
Hierro (DTPA)	41,0	mg/kg		4,00		10,0		DTPA	PEC-009
Manganeso (DTPA)	12,9	mg/kg		1,00		5,00		DTPA	PEC-009
Cobre (DTPA)	4,5	mg/kg		0,40		1,0		DTPA	PEC-009
Zinc (DTPA)	1,13	mg/kg		1,00		2,00		DTPA	PEC-009

#### COMPLEJO DE CAMBIO

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
* CIC Estadística	21,9	meq/100 g							PEC-019

#### EXTRACTO DE PASTA SATURADA

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
* Azufre Asimilable	5,41	mg/kg		10,0		50,0			PEC-009

#### RELACIONES DE INTERÉS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
* Relación C/N	12,9			10,0		15,0			PEC-041

### Anexo 3. Examen Fisicoquímico Parcela con rastros



## INFORME DE ENSAYO - SUELO



Nº de Referencia:	S-23/053291	Registrada en:	Disagro		
Análisis:	S-3002 (S-3002 USA)	Centro Análisis:	AGQ Perú	Fecha Recepción:	11/08/2023
Tipo Muestra:	SUELO AGRICOLA	Fecha/Hora:	08/08/2023	Fecha Fin:	28/08/2023
		Muestreo:		Contrato:	1976195-a
		Fecha Inicio:	23/08/2023		
Muestreado por:	Personal Disagro	Cliente 3º(*):	---		
Descripción(*):	SAN BENITO LOTE 6				
Cliente (*):	SAGSA DISAGRO NICARAGUA				

#### FERTILIDAD FISICA

Parámetro	Resultado	Riesgo de Compactación	Método	PNT
Clase Textural	Franco-Arcillosa		NIR	PE-2208
Arcilla	38,0 %		NIR	PE-2208
Limo	22,0 %		NIR	PE-2208
Arena	40,0 %		NIR	PE-2208

#### FERTILIDAD

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
Cond. Eléctrica (Ext. 1/5)	122	µS/cm a 20 °C		300		400			PE-2128
pH (Extracto 1/2,5)	7,39	Unidades de pH		6,50		7,50			PE-2128
Materia Orgánica	2,93	%		1,20		2,00		Combustión	PE-2129
Nitrógeno Total	1.318	mg/kg		1.000		1.500			PEC-034
Fósforo Disponible Olsen	51,4	mg/kg		20,0		40,0		Olsen	PE-2125
Calcio Disponible	36,7	meq/100 g		8,00		14,0		Ac NH4	PEC-009
Magnesio Disponible	12,5	meq/100 g		1,50		2,50		Ac NH4	PEC-009
Potasio Disponible	1,56	meq/100 g		0,50		0,80		Ac NH4	PEC-009
Sodio Disponible	0,91	meq/100 g		0,25		0,75		Ac NH4	PEC-009

#### MICROELEMENTOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
Boro	1,51	mg/kg		0,60		1,00		Extrac Acuosa	PE-2126
Hierro (DTPA)	27,0	mg/kg		4,00		10,0		DTPA	PEC-009
Manganeso (DTPA)	11,8	mg/kg		1,00		5,00		DTPA	PEC-009
Cobre (DTPA)	4,0	mg/kg		0,40		1,0		DTPA	PEC-009
Zinc (DTPA)	1,08	mg/kg		1,00		2,00		DTPA	PEC-009

#### COMPLEJO DE CAMBIO

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
CIC Estadística	20,0	meq/100 g							PEC-019

#### EXTRACTO DE PASTA SATURADA

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
Azufre Asimilable	5,73	mg/kg		10,0		50,0			PEC-009

#### RELACIONES DE INTERES

Parámetro	Resultado	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Método	PNT
Relación C/N	12,9			10,0		15,0			PEC-041

## Anexo 4. Galería fotográfica

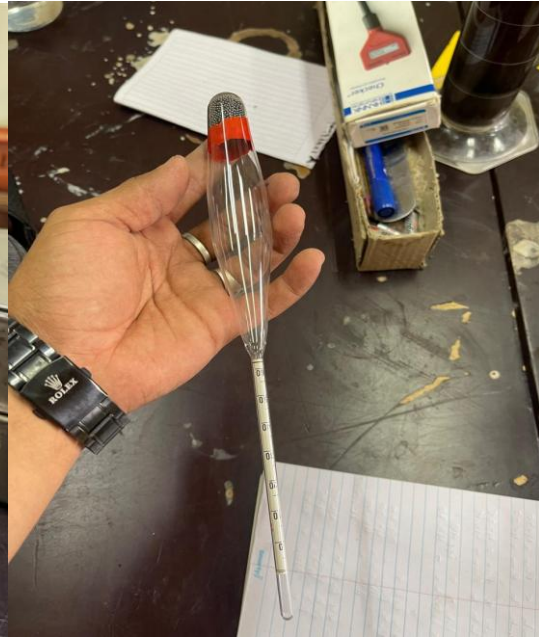
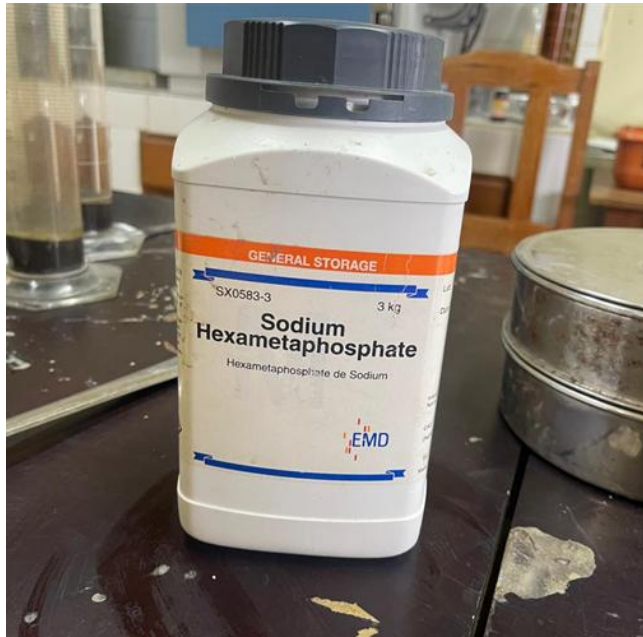
### Estructura Visual de Suelo Parcela con rastrojos



Estructura Visual de Suelo Parcela sin rastrojos



## Instrumentos utilizados para análisis de suelo



## Elaboración de análisis



**Anexo 5. Formato de Evaluación visual de suelo**

<b>Evaluación Visual del Suelo                      Tarjeta de Calificación                      Indicadores de Calidad del Suelo</b>				
<b>Nombre del Productor:</b>				
<b>Uso del Suelo:</b>				
<b>Comunidad:</b>	<b>Municipio:</b>			
<b>Finca / Lote:</b>	<b>Fecha:</b>			
<b>Tipo de suelo:</b>				
<b>Textura</b>	<b>Arenoso</b>	<b>Arcilloso</b>		<b>Franco:</b>
<b>Humedad</b>	<b>Seco:</b>	<b>Ligeramente húmedo:</b>		<b>Húmedo</b>
<b>Época del año</b>	<b>Invierno:</b>	<b>Verano</b>		<b>Canícula</b>
<b>Indicadores Visuales</b>	<b>Calificación</b>	<b>Factor</b>		<b>Valor por indicador</b>
<b>Estructura y Consistencia</b>		X	3	
<b>Porosidad</b>		X	2	
<b>Coloración</b>		X	2	
<b>Número y color de moteado</b>		X	1	
<b>Conteo de lombrices</b>		X	2	
<b>Compactación</b>		X	1	
<b>Cobertura</b>		X	3	
<b>Profundidad</b>		X	3	
<b>Suma de Indicadores</b>				
<b>Total</b>				
<b>INTERPRETACIÓN DE CALIDAD DE SUELO</b>				<b>PUNTOS</b>
<b>Suelo Pobre</b>				<b>≤10</b>
<b>Suelo Moderado</b>				<b>10-25</b>
<b>Suelo Bueno</b>				<b>≥26</b>

## Anexo 6. Análisis estadísticos

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)	
Materia Orgánica	6	9.31	2.69	0.86		0.2338
Densidad aparente	6	1.73	0.04	0.76		0.0253
Biomasa (gr)	6	35.36	20.72	0.71		0.0070
% Retención de Humedad	6	7.91	1.92	0.85		0.2100

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Materia Orgánica	6	0.87	0.84	11.42

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31.56	1	31.56	27.91	0.0062
Tratamiento	31.56	1	31.56	27.91	0.0062
Error	4.52	4	1.13		
Total	36.08	5			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Retención de Humed	6	0.17	0.00	24.73

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.12	1	3.12	0.82	0.4172
Tratamiento	3.12	1	3.12	0.82	0.4172
Error	15.30	4	3.82		
Total	18.42	5			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Biomasa (gr)	18	0.93	0.92	15.77

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6403.35	1	6403.35	205.91	<0.0001
Tratamiento	6403.35	1	6403.35	205.91	<0.0001
Error	497.56	16	31.10		
Total	6900.90	17			

### Test: Tukey Alfa:=0.05 DMS:=5.57277

Error: 31.0972 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	
Parcela sin Rastrojo	16.50	9	A
Parcela Con Rastrojo	54.22	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )