



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y**  
**VETERINARIA**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo, como requisito previo a la  
obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

“Importancia de la materia orgánica M.O. en plantaciones comerciales  
de banano en Ecuador”.

**AUTOR:**

Freddy Martin Tomalá Torres

**TUTOR:**

Ing. Agr. Nessar Rojas Jorgge, M.Sc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

**2023**

## RESUMEN

La importancia del banano a nivel mundial radica en su consumo masivo, su papel en el comercio internacional, su contribución a los ingresos y empleos en los países productores, su papel en la seguridad alimentaria y sus beneficios nutricionales y para la salud. El objetivo planteado fue establecer la importancia de la materia orgánica M.O. en plantaciones comerciales de banano en Ecuador. Este material, que tiene un componente fáctico, ha sido elaborado recopilando todo tipo de información a través de la investigación de diversos sitios web, trabajos académicos, fuentes y bases de datos bibliográficas disponibles en plataformas digitales. Las conclusiones determinaron que la materia orgánica mejora la estructura del suelo al aumentar su capacidad para retener agua y nutrientes. En las plantaciones de banano, donde las demandas de agua y nutrientes son altas, esta característica es esencial para mantener un ambiente favorable para el crecimiento y desarrollo de las plantas. También promueve la formación de agregados en el suelo, promueve la aireación y el drenaje del suelo, previene la compactación y mejora la penetración de las raíces; en el cultivo del banano, la materia orgánica favorece la actividad de microorganismos benéficos. Además de descomponer la materia orgánica y liberar nutrientes, los microorganismos del suelo desempeñan un papel importante en la prevención de enfermedades y la promoción de la salud de las plantas. Esto es esencial para la producción de banano, ya que ayuda a reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos y promueve la sostenibilidad económica y ambiental y la materia orgánica juega un papel clave en el éxito de las plantaciones comerciales de banano en Ecuador. Su importancia radica en los muchos beneficios importantes que aporta a la salud del suelo, el crecimiento de los cultivos y la sostenibilidad a largo plazo de la industria bananera del país. Sin embargo, no existen controles técnicos para establecer dosis adecuadas y establecer parámetros mínimos para su aplicación y así determinar su sostenibilidad.

**Palabras claves:** fertilización, banano, sustentabilidad, suelo.

## SUMMARY

The importance of bananas worldwide lies in their mass consumption, their role in international trade, their contribution to income and jobs in producing countries, their role in food security and their nutritional and health benefits. The objective was to establish the importance of organic matter M.O. in commercial banana plantations in Ecuador. This material, which has a factual component, has been prepared by compiling all types of information through research on various websites, academic works, sources and bibliographic databases available on digital platforms. The conclusions determined that organic matter improves soil structure by increasing its capacity to retain water and nutrients. In banana plantations, where water and nutrient demands are high, this characteristic is essential to maintain a favorable environment for the growth and development of plants. It also promotes the formation of soil aggregates, promotes soil aeration and drainage, prevents compaction and improves root penetration; In banana cultivation, organic matter favors the activity of beneficial microorganisms. In addition to breaking down organic matter and releasing nutrients, soil microorganisms play an important role in preventing disease and promoting plant health. This is essential for banana production as it helps reduce dependence on chemical fertilizers and pesticides and promotes economic and environmental sustainability and organic matter plays a key role in the success of commercial banana plantations in Ecuador. Its importance lies in the many important benefits it brings to soil health, crop growth and the long-term sustainability of the country's banana industry. However, there are no technical controls to establish adequate doses and establish minimum parameters for its application and thus determine its sustainability.

**Keywords:** fertilization, banana, sustainability, soil.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	II
<b>SUMMARY</b> .....	III
<b>1. CONTEXTUALIZACIÓN</b> .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4. OBJETIVOS .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	3
<b>2. DESARROLLO</b> .....	4
2.1. MARCO CONCEPTUAL .....	4
2.1.1. Generalidades del cultivo de banano .....	4
2.1.2. Importancia de la materia orgánica en la producción de banano .....	5
2.1.3. Parámetros mínimos de materia orgánica en los sistemas sostenibles de producción bananera. ....	19
2.2. MARCO METODOLÓGICO .....	22
2.3. RESULTADOS .....	22
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	23
<b>3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	26
3.1. CONCLUSIONES .....	26
3.2. RECOMENDACIONES .....	26
<b>4. REFERENCIAS Y ANEXOS</b> .....	28
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	28
4.2. ANEXOS .....	34

# 1. CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1. INTRODUCCIÓN

La importancia del banano a nivel mundial radica en su consumo masivo, su papel en el comercio internacional, su contribución a los ingresos y empleos en los países productores, su papel en la seguridad alimentaria y sus beneficios nutricionales y para la salud. El banano es uno de los productos agrícolas más comercializados a nivel mundial. Los principales países productores, como Ecuador, Costa Rica, Colombia, Filipinas y Honduras, exportan grandes cantidades de bananos a diferentes regiones del mundo (Pacheco 2021).

En general, las plantaciones de banano en Ecuador tienden a tener niveles relativamente altos de materia orgánica en comparación con otros cultivos, debido a la aplicación de prácticas agrícolas que promueven la conservación del suelo y la materia orgánica. Estas prácticas incluyen el uso de cobertura vegetal en el suelo, la incorporación de residuos de cosecha y la aplicación de abonos orgánicos (Villada 2016).

La materia orgánica (M.O.) es un componente importante en el suelo, ya que influye en su fertilidad y capacidad de retención de agua. En las plantaciones comerciales de banano en Ecuador, la cantidad de materia orgánica puede variar dependiendo de varios factores, como las prácticas agrícolas utilizadas, el tipo de suelo y las condiciones climáticas (Herrera 2021).

Es importante tener en cuenta que los niveles específicos de materia orgánica en las plantaciones de banano en Ecuador pueden variar ampliamente y dependen de las prácticas agrícolas implementadas en cada finca. Por lo tanto, los agricultores suelen realizar análisis de suelo para evaluar la cantidad de materia orgánica presente y realizar ajustes en las prácticas de manejo según sea necesario (Méndez 2016).

La presencia de una buena cantidad de materia orgánica en el suelo beneficia a las plantaciones de banano de varias maneras. La materia orgánica

mejora la estructura del suelo, aumentando su capacidad para retener agua y nutrientes. También fomenta la actividad de microorganismos beneficiosos en el suelo, que contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Además, la materia orgánica ayuda a prevenir la erosión del suelo, reduciendo el riesgo de pérdida de nutrientes y la degradación del suelo (Jijón y Molinero 2018).

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La materia orgánica (M.O.) en plantaciones comerciales de banano en Ecuador es un tema de importancia, ya que afecta la sostenibilidad y productividad de estos cultivos. Es necesario implementar prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de abonos orgánicos, la cobertura vegetal, la reducción del uso de agroquímicos, deshoje, deschante y la selección. Además, promover la agricultura orgánica y certificaciones que fomenten prácticas más sostenibles que puede contribuir a mejorar la gestión de la materia orgánica en las plantaciones comerciales de banano en Ecuador.

La disminución de la materia orgánica y la dependencia de agroquímicos pueden tener consecuencias negativas en el ambiente. Los residuos de pesticidas pueden contaminar los suelos y cuerpos de agua cercanos, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. La degradación del suelo, lo que implica una disminución de la fertilidad y la capacidad de retención de agua. Esto puede resultar en la necesidad de mayores cantidades de fertilizantes químicos y riego para mantener la productividad, lo cual aumenta los costos de producción y puede tener impactos negativos en el medio ambiente.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La presencia de materia orgánica en las plantaciones comerciales de banano en Ecuador es esencial para mejorar la estructura del suelo, retener la humedad, aportar nutrientes, controlar la erosión y fomentar la actividad microbiana beneficiosa. La gestión adecuada de la materia orgánica a través de prácticas como la incorporación de residuos orgánicos, el uso de abonos orgánicos y la implementación de sistemas de cobertura vegetal contribuirá a mantener la productividad y sostenibilidad a largo plazo de las plantaciones de banano en el

país.

La M.O. actúa como un agente aglutinante que ayuda a mejorar la estructura del suelo, especialmente en suelos arcillosos, permitiendo una mejor infiltración de agua y aireación. Esto favorece el desarrollo del sistema radicular del banano, lo que a su vez mejora la absorción de nutrientes y agua la humedad en el suelo, es particularmente beneficioso en las regiones donde el suministro de agua es limitado o irregular. La capacidad de retención de agua de la M.O. permite que las raíces del banano accedan al agua durante períodos más largos.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Establecer la importancia de la materia orgánica M.O. en plantaciones comerciales de banano en Ecuador.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Detallar la importancia de la materia orgánica en la producción de banano.
- Identificar los parámetros mínimos de materia orgánica en los sistemas sostenibles de producción bananera.

## **1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

**Dominio:** Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología.

**Línea:** Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

**Sublíneas:** Agricultura sostenible y sustentable.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1.1. Generalidades del cultivo de banano

A nivel mundial, el banano se ubica entre los principales productos agrícolas, los países con mayores exportadores en la última década son Ecuador, Filipinas y Costa Rica, mientras que los países importadores son Estados Unidos de Norte América, Alemania y Bélgica. El aporte nutricional y la capacidad de producción durante todo el año son elementos predominantes al momento de concretar relaciones comerciales en relación a esta fruta, además de su nivel de asequibilidad puesto que la producción a escala permite reducir los costos de producción y con ello que la fruta se comercialice a valores acordes en los diferentes países adquirientes (León *et al.* 2023).

El Ecuador es el líder mundial de la actividad bananera, siendo este producto fundamental en el desarrollo del país, por eso Ecuador no sólo es el primer exportador con aproximadamente un 30% de la oferta mundial, sino también es el segundo mayor productor de América Latina. En Ecuador, la producción de banano está concentrada en la zona de la costa (Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas y El Oro). Las variedades que el Ecuador oferta incluyen: Cavendish, orito o baby banana, y banano rojo (Suárez 2019).

El cultivo de banano en el Ecuador es importante en el ámbito comercial y social, representa el 3 % del PIB (Producto Interno Bruto) general y aproximadamente el 35 % del PIB agrícola, este cultivo genera empleo a 1 millón de familias y beneficia a 2,5 millones de personas aproximadamente, que representa el 6 % de la población total del país (García *et al.* 2019).



El banano (*Musa spp.*) es un cultivo de gran valor económico y social en muchas partes del mundo, ya que no solo es una importante fuente de nutrientes y energía, sino que también contribuye a la sostenibilidad económica y social de algunas comunidades del mundo. El comercio del banano es una fuente significativa de ingresos para la economía ecuatoriana y es una importante fuente de empleo en el país. El sector bananero emplea a unas 200 000 personas de manera directa y a más de un millón de personas de manera indirecta (Galván *et al.* 2023).

Históricamente, el desarrollo económico de Ecuador ha estado ligada al auge y la depresión de las exportaciones agrícolas en los primeros días de la República. Siendo un país agrícola básico con una gran población rural, principalmente en la región de la Sierra. La producción agrícola en la serranía se desarrolla bajo el modelo señorial tradicional, con relaciones de producción semif feudales y una alta concentración de la tierra, su producción está diseñada para satisfacer las necesidades internas y el autoconsumo. La producción de cultivos tropicales en las zonas costeras se desarrolla en forma de plantaciones y está relacionada con la producción asalariada, la producción siempre ha estado orientada al mercado externo (Motoche *et al.* 2021).

Las principales provincias ecuatorianas productoras de banano son El Oro, Guayas y Los Ríos donde se concentran respectivamente el 41 %, 34 % y 16 % de los sectores industriales más importantes del país, siendo El Oro la provincia, la región donde se ubican gran cantidad de pequeños productores bananeros país (42%), y los grandes empresarios del sector se ubican mayoritariamente en Guayas y Los Ríos (León *et al.* 2023).

### **2.1.2. Importancia de la materia orgánica en la producción de banano**

En América Latina la producción de banano orgánico nace entre los pequeños productores, como una alternativa real frente a las condiciones económicas que enfrentan, como son las exigencias para

la concesión de créditos, pero fundamentalmente porque les permite continuar con sus prácticas ancestrales culturales de cultivo de la tierra, por lo que la agricultura orgánica no es solo una actividad lucrativa, sino que representa una opción de vida (Sarmiento y Cadme 2022, pág. 14).

Los plátanos pertenecientes al subgrupo Cavendish y Williams (AAA) tienen altura promedio, 12 hojas, se cosechan en racimos después de 13 semanas, pesan 54,47 kg y tienen frutos dulces. Los requerimientos nutricionales para el cultivo de banano son N (322–483 kg ha<sup>-1</sup>), P (50–150 kg ha<sup>-1</sup>) y K (600 kg ha<sup>-1</sup>). Los fertilizantes sintéticos que se utilizan actualmente pueden contaminar el medio ambiente y perjudicar la salud humana. La fertilidad del suelo se restableció mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos, humus, estiércol, microorganismos efectivos (ME) y prácticas de manejo adecuadas. La desintoxicación y oxidación de las raíces mejoran la eficiencia de la producción de *M. paradisiaca* var. Valery (Galecio *et al.* 2020, pág. 302).

El primer producto de exportación no petrolero en el Ecuador es el banano, en la provincia del El Oro la producción bananera es la más significativa, con el 41 % de fruta producida. La provincia presenta buenas condiciones edafoclimáticas y ecológicas, adecuadas para el cultivo del banano. Las zonas principales de cultivo están empleadas en los cantones Machala, Pasaje, Santa Rosa, Arenillas y El Guabo (Yáñez *et al.* 2020, pág. 422).

Durante los últimos 200 a 250 años, la agricultura ha experimentado un rápido desarrollo y se ha convertido en un pilar importante de la sociedad, lo que ha provocado cambios en el estado de varios ecosistemas. A principios de 2000, aproximadamente 2.570 millones de personas se ganaban la vida con la agricultura y actividades relacionadas. De manera similar, las actividades agrícolas son la base de las economías de varios países en desarrollo, lo que indica que las exportaciones de productos agrícolas en los países desarrollados están aumentando. Aproximadamente 290 mil millones de dólares

(Rodríguez *et al.* 2020, pág. 390).

Los mismos autores señalan: “En Ecuador, la agricultura es la principal fuente de empleo, representa el 25% de la población económicamente activa (1,6 millones de personas) y el 8,5% del PIB, lo que la convierte en la columna vertebral de la economía y la seguridad alimentaria del país. Uno de los países más desarrollados económicamente. La sexta región es económicamente importante” (Rodríguez *et al.* 2020, pág. 390).

El cultivo de banano *Musa AAA* es considerada una fruta con mayor índice de exportación en el mundo, por su aceptación y el contenido de potasio, para el Ecuador esta actividad agrícola genera un beneficio económico tanto para el PIB agrícola como a las familias dedicadas a las actividades de campo. Debido a su demanda en los grandes mercados mundiales se plantean cada vez más exigencia sobre la producción de la fruta para su consumo seguro. Es notorio que muchas plantaciones bananeras mantienen la aplicación de insumos agrícolas en las tareas de campo, por lo que el uso de químicos es inminente en los sistemas de producción convencional (Torres *et al.* 2021, pág. 130).

Las plantas de banano también requieren propiedades físicas muy específicas del suelo para lograr un crecimiento óptimo. La textura del suelo se considera la principal propiedad física. Los plátanos crecen bien en suelos franco, franco arcilloso y franco arcilloso arenoso. Sin embargo, los suelos arcillosos también son adecuados si tienen un buen drenaje. Por el contrario, los suelos franco arenosos y franco arenosos tienen una estructura pobre y generalmente están limitados en términos de fertilidad, contenido de materia orgánica y capacidad de retención de agua (Reyes *et al.* 2023, pág 110).

A nivel mundial, los suelos se ven afectados por la agricultura de maneras muy específicas. Por tanto, el control de plagas y el uso de fertilizantes provocan erosión, acidificación, contaminación por metales pesados, compactación, salinización y pérdida de materia orgánica.

Las estrategias de restauración de tierras también incluyen cambiar las operaciones agrícolas de modelos de agricultura convencional a modelos de agricultura orgánica (Rocafuerte *et al.* 2022, pág. 115).

Dentro del suelo, la materia orgánica juega un papel esencial en las propiedades físicas, químicas y biológicas. Todas estas propiedades se encuentran interrelacionadas, por lo que la importancia de la fracción orgánica del suelo, a pesar de suponer menos de un 5% de la fase sólida del suelo, es vital (Marañón y Madejón 2017, pág. 14).

Ante las limitaciones que ejerce la acidez del suelo y en particular la toxicidad por aluminio en el crecimiento de las plantas, se ha estudiado el papel que ejerce la materia orgánica. El efecto que ejercen diferentes enmiendas orgánicas aplicadas al suelo con diferentes niveles de toxicidad por aluminio. Todas las enmiendas disminuyeron significativamente las concentraciones totales de Al, Al monomérico, Al monomérico inorgánico y  $Al^{3+}$  en la solución del suelo. Las aplicaciones de desechos alcalinos y cal fueron más efectivas para disminuir las concentraciones de especies de Al fitotóxicas en la solución del suelo que las aplicaciones de los tres materiales orgánicos solos (Cruz *et al.* 2020, pág. 476).

La composición y estructura de la materia orgánica del suelo (MOS), compuesto por la descomposición de animales y vegetales, y que sirve como sustrato para el crecimiento de las plantas, puede alterarse por la aplicación de fertilizantes químicos. La MOS funciona como fuente de carbono y nitrógeno para los microorganismos, los cuales lo convierten en biomasa microbiana, proporcionando estabilidad química y biológica al suelo, a su vez, contribuye a la inmovilización de elementos traza y a la quelación de iones metálicos responsables de la limitación del fósforo disponible (Murillo *et al.* 2020, pág. 59).

La misma fuente señala que “Por lo tanto, como atenuación ante posibles efectos adversos derivados del uso excesivo de fertilizantes químicos, se ha

propuesto la adición de fertilizantes orgánicos al suelo, los cuales potencian, mejoran y restauran su estructura” (Murillo *et al.* 2020, pág. 59).

Uno de los problemas del suelo en los agroecosistemas mediterráneos es la pérdida de materia orgánica y el riesgo de desertificación, cuando se baja del umbral de 1,7%. Para superar este déficit de materia orgánica se utilizan técnicas de laboreo de conservación, que incorporan los residuos del cultivo al suelo. Otra solución es la aplicación de materia orgánica exógena, procedente de residuos orgánicos, que además contribuye al desarrollo de la deseada economía circular (Marañón y Madejón 2017, pág. 15).

“La materia orgánica disminuye la densidad aparente, contribuye a la estabilidad de los agregados y mejora la tasa de infiltración, pues aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin aumentar el volumen del suelo” (Montes 2020, pág. 19).

La aplicación con abonos orgánicos tipo Bocashi y compost con volteos semanales y quincenales, inoculados con microorganismos eficientes (EM) nativos fue una alternativa en la nutrición de cultivos y manejo de suelos. Las interacciones complejas entre las condiciones químicas y microbiológicas del suelo, al usarse como biofertilizantes se incrementaron los rendimientos, donde la mayor productividad en *Musa* spp. utilizando abonos orgánicos y/o mezclas añadidas en proporciones (Galecio *et al.* 2020, pág. 302).

Los abonos o enmiendas orgánicas son el resultado de procesos de descomposición y mineralización de residuos vegetales, animales e industriales, que, aplicados al suelo, pueden ayudar a mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. De manera general, las enmiendas mejoran los procesos de infiltración y capacidad de retención del agua, promueven la actividad microbiana y controlan el pH por lo que se consideran una importante fuente de nutrientes para el suelo y las plantas. Sin embargo, es necesario revisar el origen de

dicho material, para evitar la adición de patógenos y elementos potencialmente tóxicos (Murillo *et al.* 2020, pág. 59).

La importancia de la materia orgánica en las propiedades del suelo como fertilidad, estabilidad de la estructura, capacidad de intercambio catiónico y capacidad en la retención del agua. La materia orgánica del suelo contiene carbohidratos, proteínas, lípidos, fenol-aromáticos, derivados-proteínicos y compuestos nitrogenados cíclicos y algunos compuestos desconocidos (Montes 2020, pág. 21).

Por ello, una alternativa a los fertilizantes sintéticos, es utilizar abonos orgánicos y microorganismos eficientes. El análisis del crecimiento de plantas de banano a partir del uso de fertilizantes orgánicos; la aplicación y uso de fertilizantes orgánicos en las bananeras contribuyen a la fertilidad del suelo, sí también mejora la producción y se conserva el ecosistema. En los sistemas de relación suelo-planta, los microorganismos son fundamentales en el ciclo del “fósforo”, gobiernan las transformaciones y son solubilizadores de fosfato (PSM), y hacen que sean disponibles para la nutrición de la planta (Galecio *et al.* 2020, pág. 302).

El contenido de MO en los suelos, en clima tropical, es fluctuante y su clasificación es compleja al ser una mezcla heterogénea de componentes biogénicos, en proporciones y estados evolutivos variables. Los resultados evidencian diferencias significativas respecto a la profundidad y predios ( $p < 0,01$ ); 24 % de las muestras reportaron rango medio de MO, 40 % presentaron contenidos altos y 36 %, contenidos bajos (Aguirre *et al.* 2022, pág. 101).

Los cambios en el uso del suelo influyen en el contenido de materia orgánica, alterando el aporte anual que procede de la muerte de las plantas y animales y con ello variando el ritmo con que se destruye esta materia orgánica. Las actividades agrícolas convencionales provocan la disminución del contenido de materia orgánica del suelo y por tanto

estos suelos van perdiendo poco a poco su fertilidad (Montes 2020, pág. 21).

La intervención del hombre en la producción de alimentos ha generado modificaciones en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Los cultivos intensivos degradan al suelo debido a la disminución de la cobertura vegetal y la materia orgánica, estabilidad de los agregados; además de ser precursores de compactación y erosión que reducen los niveles de productividad (Rodríguez *et al.* 2020, pág. 390).

La mayoría de los cultivos de banano utilizan fertilización inorgánica; son exigentes en presencia de potasio, nutriente esencial para su desarrollo, además de nitrógeno, calcio, magnesio y fósforo, entre ellos el potasio (K. No obstante, el uso inadecuado de la fertilización inorgánica puede generar perjuicios, como la acidificación del suelo, aumento de nitratos, entre otras (Camacho *et al.* 2022, pág. 66).

La muestra de rastrojo, recolectada cerca de CGSM, presentó diferencias significativas respecto a las demás; el contenido es alto, posiblemente es un sitio que acumuló sedimentos y materiales vegetales. Los valores más bajos se reportaron en los puntos de muestreo, con profundidad 1 y 2. En general, se evidenció un rango medio a alto en el 64 % de las muestras, a pesar de haberse cultivado por años, posiblemente por la práctica de abandonar los desechos (hojas) en la superficie de los suelos bananeros, lo que incorpora MO al suelo (Aguirre *et al.* 2022, pág. 101).

La incorporación de MO al suelo incide en el aumento de potasio, calcio y magnesio disponible, así como la capacidad de retención de humedad. El manejo de la MO define el éxito o fracaso de un suelo. Los suelos dedicados a la producción agrícola presentan capacidad para el secuestro de dióxido de carbono en forma de materia orgánica, mencionan que la materia orgánica se reduce en cuanto aumenta la profundidad, como se puede observar en las distintas profundidades de

todos los agroecosistemas (Rodríguez *et al.* 2020, pág. 390).

Por ello, su manejo debe ser adecuado en función de las características del suelo. Como alternativa a este tipo de programa de fertilización, existen otros métodos como el ciclaje de nutrientes, el uso de abono verde, las coberturas, la integración de microorganismos para biofertilizar, entre otros. Se ha visto en algunos estudios que el mejor desempeño del cultivo se consigue con abono orgánico (Camacho *et al.* 2022, pág. 66).

Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo desempeñan un papel importante en los procesos y las condiciones de crecimiento de las plantas, y constituyen el soporte fundamental de la producción agrícola. No obstante, el suelo es probablemente uno de los recursos naturales más vulnerables a los efectos antropogénicos de la agricultura. Entre los efectos significativos se destaca la pérdida de la fertilidad del suelo, la cual se refleja en el bajo rendimiento de la producción agrícola, especialmente en plantas de alta demanda nutricional como el banano (*Musa AAA*) (Barrezueta *et al.* 2022, pág. 30).

Los abonos orgánicos (AO), fuente microbiana para el suelo, necesarios en la nutrición de plantas (NP), se obtienen de degradación y mineralización de materiales orgánicos, estiércoles de diferentes animales, desechos de la cocina, residuos de cosechas, etc.). Por otro lado, los bioles son excelentes abonos foliares, se prepara con diferentes estiércoles que se deben fermentar durante dos a tres meses en un recipiente de plástico, estimulan la resistencia contra el ataque de insectos y enfermedades y reemplaza en gran parte a los fertilizantes químicos (Jiménez *et al.* 2019, pág. 55).

La incorporación de materia orgánica, es fundamental para que el suelo pueda retener la humedad y drenar el exceso de agua; especialmente en los suelos ligeros, que se caracterizan por ser arenosos (suelos).



Por lo contrario, los suelos arcillosos (pesados) con baja permeabilidad, es decir, poca aireación, su drenaje es pobre, puede sofocar las raíces y ser susceptible a enfermedades bacterianas y fúngicas. Por esta razón, el sistema de drenaje debe disponerse a nivel de la parcela y de la zona de riego, de manera que el nivel freático no supere los 1,20 m de profundidad (Espín y Yupánguì 2022, pág. 14)

El mulch corresponde a la cobertura del suelo de los cultivos con materiales orgánicos que promueve la preservación de la humedad, controla la aparición de maleza, mantiene regulada la temperatura del suelo y favorece a su productividad. Está conformado por desechos de cereales o leguminosas, que contribuyen en la disminución de la lixiviación y el enriquecimiento del suelo fijando nitrógeno biológicamente, respectivamente (Camacho *et al.* 2022, pág. 66).

El banano es una planta herbácea climatérica que se cosecha por una sola ocasión y, por tanto, demanda de una gran cantidad de nutrientes por hectárea, lo cual se refleja en la extracción de compuestos en la fruta de 400, 125 y 15 kg/ha/año de potasio (K), nitrógeno (N) y fósforo (P) respectivamente (Barrezueta *et al.* 2022, pág. 30).

Unas propiedades del compostaje orgánico que son importantes y caben resaltar son la mejora de las propiedades físicas del suelo, mejora las propiedades químicas y mejora la actividad biológica, estas propiedades son las más considerables al momento de utilizar un abono orgánico. La buena actividad del compostaje depende de varios factores como físicos, químicos y biológicos como lo son la aireación, temperatura, humedad en el compostaje, pH y los microorganismos que son de importancia primordial por su actividad (Sánchez y Villanueva 2022, pág. 11).

La aplicación de fertilizantes orgánicos aporta nutrientes al suelo, ayuda a la preservación de la llegada de nuevas especies a la flora y fauna, por lo que sería muy beneficioso para los ecosistemas, por esta

razón, un punto clave que debemos de tener en cuenta es que, la mayoría de los agricultores optan por dirigirse hacia los productos químicos, los cuales aceleran el crecimiento de sus plantaciones; pero a futuro afectan a otras plantas que habitan a sus alrededores y acaban con todo insecto (Vega *et al.* 2021, pág. 640).

La aplicación de abonos orgánicos, como el estiércol de animales, era una práctica agrícola tradicional que permitió una menor degradación del suelo antes de utilizar los fertilizantes sintéticos empleados para lograr una alta producción en los cultivos. No obstante, en las últimas décadas, el interés por los abonos orgánicos en el crecimiento de las plantas ha recibido una renovada atención. Esto se debe a que los abonos orgánicos no solo suministran nutrientes, sino que también tienen efectos positivos en las propiedades del suelo gracias a su contenido de materia orgánica, que es un factor clave para los procesos biológicos y el ciclo de los nutrientes entre el suelo y las plantas (Barrezueta- *et al.* 2022, pág. 31).

Entre las propuestas de manejo sustentable del suelo, se encuentra la incorporación de residuos vegetales, incluyendo composta, estiércol de animales, residuos de cosechas, pajas, cascarillas de algunas gramíneas como el arroz o el trigo. Pero su descomposición es lenta y su composición es en algunos casos altamente ácida, así como también, pueden ingresar plagas y patógenos con estos abonos, siendo recomendable el uso del vermicompost o del biocarbón. En este contexto el biocarbón se presenta como una alternativa viable para enmendar los suelos degradados en especial con pH ácido (Rocafuerte *et al.* 2022, pág. 115).

La fertilización es necesaria para suplir las necesidades del cultivo y mejorar el potencial nutricional del suelo. Sin embargo, es necesario hacer uso de grandes cantidades de formulaciones químicas que existen en el mercado, debido a la alta tasa de pérdida de fertilizante que se presenta, lo cual genera un problema ambiental. Además, los

precios cada vez son ms altos de estos productos, hacen que se vuelvan inalcanzables para muchos productores. Los fertilizantes orgánicos son materiales que aportan al suelo cantidad apreciable de materia orgánica (Bermeo 2021, pág. 15).

Hay varias alternativas de fertilización para el manejo del cultivo de banano por ejemplo los abonos orgánicos y los microorganismos eficientes del suelo. Estas alternativas pueden restituir la dinámica biológica y la fertilidad de los suelos. La aplicación de abonos orgánicos disminuye el uso de fertilizantes químicos, incrementan la disponibilidad de nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo, regula el pH del suelo e incrementan la materia organiza en el suelo. La aplicación de enmiendas orgánicas garantiza un suministro de nutrientes, mejora la salinidad del suelo y la acidificación derivada de la aplicación excesiva de fertilizantes llenos de químicos (Reyes *et al.* 2023, pág. 110).

La materia orgánica es la base de fertilización, y consiste en utilizar como fertilizantes el abonado verde, además de los abonos minerales que provengan de fuentes naturales. Existen varios modelos de agricultura ecológica, que ofrecen tecnologías para los productores y que proponen el ejercicio de una práctica armoniosa con la dinámica de los ecosistemas, derivado de una serie de corrientes o escuelas que comparten la misma filosofía (Vega *et al.* 2021, pág. 641).

Para el aumento de la materia orgánica se realiza el reingreso de residuos de cosecha a la plantación mediante la distribución de los raquis en el campo. Se deja que las malezas cumplan su ciclo y son chapeadas de forma mecánica, de esta manera han utilizado nutrientes del suelo de diferente estrato al usado por el banano y al cortarlas se convierten en residuos vegetales y, se realiza aplicación de abonos orgánicos certificados con alto contenido de carbono (Sarmiento y Cadme 2022, pág. 52).

Un abono orgánico que mejora las condiciones de los suelos bananeros es el biocarbón, también denominado carbón vegetal o *biochar*, que se produce mediante la degradación termoquímica de la biomasa, en un entorno de oxígeno limitado, a través del proceso de pirólisis. El biocarbón es quizá la forma más recalcitrante de materia orgánica que se puede agregar al suelo (Barrezueta *et al.* 2022, pág. 31).

Los problemas de la degradación de los suelos cultivados de banano han tomado mucha importancia en especial en la conversión de banano convencional a una producción de banano orgánico. Si bien una gran parte del área bananera ecuatoriana ha sido sembrada sin base en estudios previos del terreno, las plantaciones se encuentran sobre suelos aptos para la agricultura como los de textura franco arenosa, franco arcilloso, franco arcillo limosa y franca limosa que se caracterizan por ser permeables, condición fundamental para una buena producción de banano (Rocafuerte *et al.* 2022, pág. 115).

La aplicación de abonos orgánicos en fincas bananeras es una práctica común y, se realiza sobre la banda de fertilización, frente al hijo de sucesión, con cantidades que oscilan entre 2,0 y 7,0 Kg por unidad de producción. La aplicación de materia orgánica al suelo es también una práctica recomendada, debido a que aportan nutrientes, mejora su estructura, estimulan la resistencia sistémica y la supresividad biológica de los patógenos, además de la producción de compuestos nematostáticos y nematotóxicos (Torres *et al.* 2019, pág. 84).

La materia orgánica también es utilizada como método para corregir la composición de los suelos alcalinos, es decir neutralizar o corregir el pH del suelo, detallamos en qué consiste cada una de las opciones, así como la dosis que recomendamos aplicar para ser eficientes en el uso de insumos agrarios, la cual puede ser aplicado sola o en combinación con fertilizantes sulfatados como el sulfato de hierro. Contiene grupos carboxílicos y fenólicos activos que se disocian liberando iones H<sup>+</sup> a la solución del suelo (Bermeo 2021, pág. 16).

Desde el punto de vista del aporte físico de materia orgánica o abonos orgánicos al suelo, el compost puede ser una buena alternativa en la estabilización de los agregados del suelo, este efecto estaría en función de la actividad microbiana del compost, en la medida que un substrato biológicamente activo produce polisacáridos y carbohidratos que contribuyen a la estabilización de la estructura del suelo, retención de agua, mejoramiento de la porosidad y descompactación de los suelos (Mora *et al.* 2019, pág. 118).

La aplicación de los fertilizantes o de abonos orgánicos en el banano es directamente al suelo; teniendo como desventaja, la pérdida de nutrientes y minerales por lixiviación y por la volatilización. Esto ocasiona en las plantaciones de banano convencionales u orgánicas que no cubren las demandas nutricionales a la cosecha. Es por eso que cada planta de sucesión se desarrolla con problemas que afectan el vigor de la siguiente generación como: retardo en el crecimiento y grosor del pseudotallo y alta incidencia del patógeno *Mycosphaerella fijiensis* (Sigatoka Negra) en el área foliares (Rocafuerte *et al.* 2022, pág. 115).

La demanda de nutrientes de la planta de banano es alta y debido a la explotación excesiva de los suelos para satisfacer la creciente demanda mundial de esta fruta a corto plazo, los suelos perderán su fertilidad natural. Algunas de las razones detrás de esta sobreexplotación incluyen el uso excesivo de fertilizantes químicos, lo que puede tener un impacto negativo en la calidad del suelo, como la acidificación y la toxicidad para los microorganismos beneficiosos (Reyes *et al.* 2023, pág 110).

Estos materiales contienen numerosos elementos nutritivos, pero sobre todo nitrógeno, fósforo, potasio y en menor proporción magnesio, sodio y azufre, entre otros. La aportación de los fertilizantes orgánicos al suelo y a la planta son: mejorar las condiciones físicas del suelo,

aumentar la actividad microbiológica, regular el exceso temporal de sales minerales o de sustancia tóxicas, debido a su capacidad de absorción, incrementar la fertilidad del suelo, evitar la pérdida de nutrientes por lixiviación, aporte reducido de nitratos y menos contaminación de acuíferos y mejora las condiciones organolépticas de la fruta de banano (Bermeo 2021, pág. 15).

Estudios realizados indican que se considera una invariante en los análisis realizados, tanto para el estudio de la altura media de la planta como para los indicadores seleccionados, que existe una alta incidencia de estos indicadores en el rendimiento del cultivo del banano, como es el caso, del peso del racimo, la medida del tallo, el número de manos y de hijos. Adicionalmente en los tres tratamientos contrastados siempre los mejores resultados se obtienen con el abono orgánico (Burgo y Gaitán 2021, pág. 2029)

Estudios demuestran que el tratamiento con mulch es el mejor, ya que permite una mayor emisión foliar en las plantas de banano. El rendimiento demostró que el mulch causa un efecto positivo con resultados significativos en las variables peso del racimo, peso manos del sol, altura del hijo, en los frutos del banano no se encontraron afectaciones de trips lo cual supone que se derive de la aplicación de mulch, esto indica que el uso de mulch favoreció al desarrollo y sanidad de la fruta (Camacho *et al.* 2022, pág. 70).

Estudios determinan que los caracteres más discriminantes en el componente de espacio rotado son la materia orgánica y el carbono del suelo, con respecto a las otras variables, se observa que los GBH, GHV, CE, Lux y Textura del suelo pueden ser o no valores discriminantes ya que se encuentran juntos y tienen relación, mientras que el pH y GBM son los valores menos discriminantes, pero aun así se localizan dentro del rango 0 – (0.5) del componente 1. Lo que más diferencia en función de manejo a los Brix son pH, CE, Lux y textura del suelo, en la calidad de la fruta (Yáñez *et al.* 2020, pág. 425).

“Otra investigación evidenció que el indicador ambiental reflejó claramente una falta de cobertura vegetal en el suelo, no se emplean tecnologías, así como no se evidenció la diversificación de cultivos, falta de incorporación de materia orgánica. La dependencia de agroquímicos” (Torres *et al.* 2021, pág. 146).

### **2.1.3. Parámetros mínimos de materia orgánica en los sistemas sostenibles de producción bananera.**

La compactación del suelo, el manejo deficiente del drenaje, el bajo contenido de materia orgánica y una escasa actividad microbiana, son los principales problemas que influyen sobre el crecimiento de las raíces y la productividad del banano. Capas de suelo compactadas limitan el crecimiento y afectan las propiedades relacionadas al movimiento del agua y aire (Villarreal *et al.* 2013, pág. 303).

El cultivo de banano orgánico registra antecedentes de no incurrir en costos relacionados a plaguicidas, herbicidas ni otros insumos químicos debido a su producción con mezcla de nutrientes vegetales y animales como compost y demás productos que cuentan con certificación orgánica. Muchas son las casas comerciales de la región que ofertan insumos agrícolas a base de compuestos orgánicos para el cultivo y su aplicación va guiada a maximizar la productividad. (Aguilar 2019, pág. 1).

La disminución en los rendimientos por la reducción de la MO está asociada a que esta es una fuente importante para aportar nutrientes producto de la mineralización de la mismas bien sea producto de la acumulación natural de materia orgánica o por abonamiento como compost, microalgas u otro tipo de biofertilizantes, en el caso del P su contenido en el suelo, producto de una adecuada fertilización es un elemento clave para garantizar los rendimientos del banano y se relaciona con la conductividad eléctrica altos rendimientos con altos valores asociado a la capacidad de algunos materiales de banano de

adaptan a condiciones de suelos afectados por sales (Reyes *et al.* 2022, pág. 1210).

La alta carga contaminadora del polietileno en los suelos bananeros, el uso intensivo de biocidas para el combate de nematodos, Sigatoka negra y otras plagas y enfermedades, así como la aplicación de dosis de fertilizantes por encima de la capacidad de extracción del cultivo, constituyen elementos de manejo críticos que definitivamente han deteriorado los suelos donde actualmente se desarrolla la industria bananera (Rosales *et al.* 2023, pág. 3).

La importancia de la materia orgánica en la producción de banano porque es una práctica necesaria para mantener la alta productividad del cultivo y evitar la degradación química y biológica del suelo, además de mejora la fertilidad de suelo por su aporte de nitrógeno y el potasio que son los dos elementos más importantes dentro de la producción bananera (Reyes *et al.* 2022, pág. 1210).

Investigaciones realizadas sirvieron para detectar deficiencias importantes en las fincas como lo son: niveles muy bajos de materia orgánica y acelerado índice de mineralización que rápidamente hace desaparecer los pocos residuos orgánicos que se aplican; esto se comprueba con el alto nivel de correlación negativa encontrado, como se observa a continuación (Villarreal *et al.* 2013, pág. 303).



Tabla 1. Correlación entre variables del conjunto mínimo de datos

Indicador	pH	Ca	K	MO	% Arena	RM	Ind. Min	RT
pH	1,00							
Ca	0,13	1,00						
K	0,24	0,44	1,00					
MO	-0,04	-0,04	0,03	1,00				
% Arena	-0,03	-0,21	-0,05	0,04	1,00			
RM	0,06	-0,25	-0,19	0,02	0,09	1,00		
Ind Min	0,12	-0,28	-0,25	-0,55	-0,03	0,49	1,00	
RT	-0,11	0,37	0,25	0,17	-0,43	-0,18	-0,33	1,00

. Fuente: Villarreal *et al.* (2013, pág. 309).

Estudio señala que en las brechas de rendimiento se realizó un análisis de regresión múltiple por paso (Stepwise) donde se encontró que las variables que explican las variaciones de rendimiento fueron el contenido de MO, la conductividad eléctrica y el contenido de P, quienes poseen coeficiente de regresión altamente significativo, tal como se indica a continuación (Reyes *et al.* 2022, pág. 1210).

Tabla 2. Variables predictoras entre la brecha de rendimiento en banano

Variable	Coficiente	LI (95 %)	LS (95%)	Significancia
MO	-1,05	-1,84	-0,26	0,0117
CE	1,55	-0,24	3,34	0,0452
P	0,18	-0,04	0,40	0,0229

. Fuente: Reyes *et al.* 2022, pág. 1210.

La superficie de respuesta del rendimiento del banano orgánico durante el segundo ciclo productivo es caracterizada con la función de producción spline lineal. La combinación 130.43 kg/ha de nitrógeno (N) y 120.75 kg/ha de potasio (K<sub>2</sub>O) disponible en el suelo para la planta, genera el mayor rendimiento por hectárea, siendo este de 29,252 kg/ha de fruto exportable en el segundo ciclo (Aguilar 2019, pág. 24).

La combinación óptima económica de elementos disponibles en el suelo para la planta, sin limitante presupuestaria, para un mediano

productor de banano orgánico es de 89.20 kg/ha de nitrógeno (N) y 120.75 kg/ha de potasio (K<sub>2</sub>O) en el segundo ciclo productivo. El óptimo económico, bajo limitante presupuestaria, es caracterizada con la fórmula de la senda de expansión:  $K = 0N + 120.75$ . (Aguilar 2019, pág. 24).

## **2.2. MARCO METODOLÓGICO**

Este material, que tiene un componente fáctico, ha sido elaborado recopilando todo tipo de información a través de la investigación de diversos sitios web, trabajos académicos, fuentes y bases de datos bibliográficas disponibles en plataformas digitales.

Esta información ha sido analizada, sintetizada y resumida con el objetivo de establecer información específica relacionada con el trabajo de investigación titulado “Importancia de la materia orgánica en las plantaciones comerciales de banano en el Ecuador” y los principales puntos de su importancia y adopción, se enfatiza la dirección. sociedad lectora.

## **2.3. RESULTADOS**

- La materia orgánica juega un papel crucial en el éxito de las plantaciones bananeras, ya que afecta la salud del suelo, la productividad de los cultivos y la sostenibilidad del sistema agrícola en general.
- Es importante la aplicación de la materia orgánica en las plantaciones de banano, ya que mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de nutrientes, estimula la actividad microbiana, aumenta la resiliencia al estrés y promueve la sostenibilidad.
- Los sistemas sostenibles de producción de banano generalmente buscan mantener un equilibrio entre la productividad agrícola, la conservación del suelo y la biodiversidad. La materia orgánica juega un papel fundamental en la salud del suelo y la sostenibilidad del sistema. Sin embargo, no existe un valor específico generalmente aceptado para los parámetros mínimos de materia orgánica en estos sistemas, ya que pueden variar dependiendo de las

condiciones climáticas, el tipo de suelo y las prácticas de manejo aplicadas.

- En términos generales, los suelos con un contenido adecuado de materia orgánica suelen contener al menos entre un 3 y un 5 % de carbono orgánico. Sin embargo, esta cifra puede variar según la región y las condiciones locales. Los sistemas sostenibles de producción de banano tienden a centrarse en mantener niveles saludables de materia orgánica en el suelo para promover la retención de agua, mejorar la estructura del suelo, aumentar la actividad microbiana y reducir la erosión.
- En muchos casos, es importante realizar análisis periódicos del suelo para evaluar los niveles de materia orgánica y otros nutrientes esenciales y ajustar las prácticas de manejo en consecuencia. Además, las prácticas de gestión sostenible, como el compostaje, la rotación de cultivos, el uso de mantillo y la reducción del uso de agroquímicos, pueden ayudar eficazmente a mantener y mejorar los niveles de materia orgánica del suelo.

## **2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La materia orgánica juega un papel crucial en el éxito de las plantaciones bananeras, ya que afecta la salud del suelo, la productividad de los cultivos y la sostenibilidad del sistema agrícola en general, coincidiendo con Montes (2020), que la importancia de la materia orgánica para las propiedades del suelo como la fertilidad, la estabilidad estructural, la capacidad de intercambio catiónico y la capacidad de retención de agua. La materia orgánica del suelo incluye carbohidratos, proteínas, lípidos, fenoles aromáticos, derivados de proteínas, compuestos nitrogenados cíclicos y algunos compuestos desconocidos.

Es importante la aplicación de la materia orgánica en las plantaciones de banano, ya que mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de nutrientes, estimula la actividad microbiana, aumenta la resiliencia al estrés y promueve la sostenibilidad, concordando con Mora (2019) que el compost puede ser una buena alternativa para estabilizar los agregados del suelo porque aporta físicamente materia orgánica y fertilizantes orgánicos al suelo. Este efecto depende de la actividad microbiana. En el compost, los sustratos biológicamente activos producen polisacáridos y carbohidratos, que contribuyen a la estabilización de la estructura

del suelo. Mejora de la retención de agua, la porosidad del suelo y la compactación.

Los sistemas sostenibles de producción de banano generalmente buscan mantener un equilibrio entre la productividad agrícola, la conservación del suelo y la biodiversidad. La materia orgánica juega un papel fundamental en la salud del suelo y la sostenibilidad del sistema. Sin embargo, no existe un valor específico generalmente aceptado para los parámetros mínimos de materia orgánica en estos sistemas, ya que pueden variar dependiendo de las condiciones climáticas, el tipo de suelo y las prácticas de manejo aplicadas, sin embargo Reyes (2022) menciona que la materia orgánica en la producción bananera mantiene una alta productividad de los cultivos y previene la degradación química y biológica del suelo, además de mejorar la fertilidad del suelo gracias a los dos elementos más importantes: el nitrógeno y el potasio, este es un medio necesario para evitarlo. en la producción de banano.

En términos generales, los suelos con un contenido adecuado de materia orgánica suelen contener al menos entre un 3 y un 5 % de carbono orgánico. Sin embargo, esta cifra puede variar según la región y las condiciones locales. Los sistemas sostenibles de producción de banano tienden a centrarse en mantener niveles saludables de materia orgánica en el suelo para promover la retención de agua, mejorar la estructura del suelo, aumentar la actividad microbiana y reducir la erosión, permitiendo corroborar lo de Reyes (2022) que la reducción del rendimiento debido a la reducción de la MO está relacionada con el hecho de que la MO es una fuente importante de nutrientes a través de litificación, acumulación natural de materia orgánica o fertilización como compost o microalgas. O para otro tipo de biofertilizante, el fósforo, el contenido de fósforo del suelo, es decir, un producto totalmente fertilizado, es un factor importante para asegurar el rendimiento del banano y está relacionado con la conductividad y el alto rendimiento. Variedades de plátano. Materiales adaptados a las condiciones del suelo afectados por la salinidad.

En muchos casos, es importante realizar análisis periódicos del suelo para evaluar los niveles de materia orgánica y otros nutrientes esenciales y ajustar las prácticas de manejo en consecuencia. Además, las prácticas de gestión sostenible, como el

compostaje, la rotación de cultivos, el uso de mantillo y la reducción del uso de agroquímicos, pueden ayudar eficazmente a mantener y mejorar los niveles de materia orgánica del suelo, porque Villarreal (2013) en las investigaciones realizadas ayudaron a descubrir graves falencias en las prácticas agrícolas como: Debido al bajísimo contenido de materia orgánica y al alto índice de litificación, una parte de los grandes residuos orgánicos se pierde rápidamente. Esto se ve confirmado por la alta correlación negativa observada.

## **3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **3.1. CONCLUSIONES**

Las conclusiones planteadas son:

- La materia orgánica mejora la estructura del suelo al aumentar su capacidad para retener agua y nutrientes. En las plantaciones de banano, donde las demandas de agua y nutrientes son altas, esta característica es esencial para mantener un ambiente favorable para el crecimiento y desarrollo de las plantas. También promueve la formación de agregados en el suelo, promueve la aireación y el drenaje del suelo, previene la compactación y mejora la penetración de las raíces.
- En el cultivo del banano, la materia orgánica favorece la actividad de microorganismos benéficos. Además de descomponer la materia orgánica y liberar nutrientes, los microorganismos del suelo desempeñan un papel importante en la prevención de enfermedades y la promoción de la salud de las plantas. Esto es esencial para la producción de banano, ya que ayuda a reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos y promueve la sostenibilidad económica y ambiental.
- La materia orgánica juega un papel clave en el éxito de las plantaciones comerciales de banano en Ecuador. Su importancia radica en los muchos beneficios importantes que aporta a la salud del suelo, el crecimiento de los cultivos y la sostenibilidad a largo plazo de la industria bananera del país. Sin embargo, no existen controles técnicos para establecer dosis adecuadas y establecer parámetros mínimos para su aplicación y así determinar su sostenibilidad.

### **3.2. RECOMENDACIONES**

- Aplicar fuentes de materia orgánica suficiente para suplir los requerimientos del cultivo, el cual necesita 300 kg N/ha/año.
- Efectuar ensayos de campo aplicando materia orgánica en el cultivo de banano, con la finalidad de obtener resultados favorables en cuanto al comportamiento agronómico del cultivo.

- Realizar investigaciones que determinen la cantidad de materia orgánica que poseen los suelos bananeros de la provincia de Los Ríos y establecer las dosis favorables para el desarrollo del cultivo.
- Incentivar a los productores bananeros a la utilización de fertilizantes orgánicos con la finalidad de evitar la contaminación ambiental y de suelos.

## 4. REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, K. A. 2019. *Evaluación productiva y económica del banano orgánico Cavendish bajo distintas dosis de fertilización con nitrógeno y potasio en Machala, Ecuador* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2019.). Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0d0af33b-5635-40da-9762-6b54e52dbe9e/content>
- Aguirre, S., Piraneque, N., & Cruz, R. 2022. Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 93-112. Disponible en <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/5186/5606>
- Barrezueta-Unda, Salomón, Condoy Gorotiza, Alexander, & Sanchez Pilcorema, Stalin. 2022. Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banano (Musa AAA) en fincas a partir de un manejo orgánico y convencional. *Enfoque UTE*, 13(3), 29-44. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.815>
- Bermeo Aguilar, K. E. 2021. *Efecto de abonos orgánicos sobre la producción en el cultivo de plátano dominico (Musa spp.) en la zona de Valencia* (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ). Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/64de21b9-95ec-4a4e-bbd6-afd9fa4f85cc/content>
- Burgo Bencomo, O. B., & Gaitán Suazo, V. 2021. Comportamiento de indicadores de calidad en el cultivo del banano de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 202-209. Disponible en <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/428/448>
- Camacho Cueva, F. T., Quevedo Guerrero, J.N., Garcia Batista, R. M. 2022. Mulch Orgánico: aplicación y efecto en el cultivo de Banano (musa paradisiaca, L.) *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 65-71. Disponible en



<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/563/536>

- Cruz-Macías, Wel Olveín, Rodríguez-Larramendi, Luis Alfredo, Salas-Marina, Miguel Ángel, Hernández-García, Vidal, Campos-Saldaña, Rady Alejandra, Chávez-Hernández, Moisés Hussein, & Gordillo-Curiel, Alder. 2020. Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475-480. Epub 12 de enero de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>
- Espín Ortega, E., Yupángui Tipán, V. 2022. Evaluación de dos abonos orgánicos (humus de lombriz y bionutriente de microorganismo) en banano orito (*musa acuminata* aa) en el sector San Pedro. UTC. La Maná. 71 p. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8562/1/UTC-PIM-%20000458.pdf>
- Galecio-Julca, M., León-Huamán, K. L., & Aguilar-Ancocota, R. 2020. Efecto de fuentes orgánicas y microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano orgánico (*Musa* spp. L.). *Manglar*, 17(4), 301-306. Disponible en <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/195/332>
- Galván, J. S., Moreno, A. C., Romero, Á. L., Aguilar, E. J., & Ortiz, D. V. (2023). Efecto nutricional foliar de silicio para el cultivo de banano (*musa* spp.) en Ecuador. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 47(2), 47-56. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9070395>
- García Regalado, J., Marcillo Plaza, A., Palacios Sánchez, C. (2019). Amenazas de las manchas foliares de Sigatoka, *Mycosphaerella* spp., en la producción sostenible de banano en el Ecuador. *Revista Verde de Agroecología e Desarrollo Sustentável*, 14(5), 591-596. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7266829>
- Herrera, W. 2021. Guía técnica de biofermentos en banano orgánico. Consultado 05 jul. 2023. Disponible [https://www.cedepas.org.pe/sites/default/files/guia\\_tecnicabiofermentos0\\_final\\_set30\\_final.pdf](https://www.cedepas.org.pe/sites/default/files/guia_tecnicabiofermentos0_final_set30_final.pdf)
- Jijón N, Molinero J. 2018. Materia orgánica particulada gruesa bentónica en dos ríos tropicales de la región del Chocó de Ecuador. (En línea). UCE. Esmeraldas, Ecuador. 15 p. Consultado 05 jul. 2023. Disponible

- <https://www.limnetica.net/documentos/limnetica/limnetica-38-2-p-653.pdf>
- Jiménez-Esparza, Luis Oswaldo, Decker-Campuzano, Fernando Enrique, González-Parra, Marilú Manuela, & Mera-Andrade, Rafael. 2019. Abonos orgánicos una alternativa en el desarrollo de cormos de orito (*Musa acuminata* AA). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7(1), 54-62. Recuperado en 08 de octubre de 2023, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592019000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592019000100006&lng=es&tlng=es).
- León Ajila, J., Espinosa Aguilar, M., Carvajal Romero, H., Quezada Campoverde, J. (2023). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494-7507.
- Marañón, T., & Madejón, E. 2017. Funciones del suelo y servicios ecosistémicos: importancia de la materia orgánica. Disponible en [https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://digital.csic.es/bitstream/10261/152351/1/Funciones\\_suelo\\_servicios\\_VJorREC\\_2016.pdf](https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://digital.csic.es/bitstream/10261/152351/1/Funciones_suelo_servicios_VJorREC_2016.pdf)
- Méndez, E. 2016. Validación del método analítico walkley y black de materia orgánica en suelos arcillosos, francos y arenosos del ecuador. (En línea). Tesis Ing. Agrónomo. UCE. Quito, Ecuador. 93 p. Consultado 05. Jul. 2023. Disponible <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8137/1/T-UCE-0004-43.pdf>
- Montes Yarasca, I. M. 2020. Mejoramiento de las propiedades biofísicas del suelo mediante la incorporación de dos abonos verdes y materia orgánica. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4400/montes-yarasca-isabel-maximiliana.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Mora Delgado, J., Silva Parra, A., & Escobar Escobar, N. 2019. *Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos*. Ibagué: Sello Editorial Universidad del Tolima, 2019. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Jairo-Mora-Delgado/publication/337567999\\_BIOINDICADORES\\_EN\\_SUELOS\\_Y\\_ABONOS\\_ORGANICOS/links/604635ee92851c077f27ab13/BIOINDICADORES-EN-SUELOS-Y-ABONOS-ORGANICOS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jairo-Mora-Delgado/publication/337567999_BIOINDICADORES_EN_SUELOS_Y_ABONOS_ORGANICOS/links/604635ee92851c077f27ab13/BIOINDICADORES-EN-SUELOS-Y-ABONOS-ORGANICOS.pdf)
- Motoche Pacheco, M. A., Garzón Montealegre, V. J., Carvajal Romero, H. R., & Quezada Campoverde, J. M. (2021). Análisis de la participación del banano

- en las exportaciones agropecuarias del Ecuador periodo 2015-2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(2), 82-89. Disponible en <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/379/399>
- Murillo Montoya, S., Mendoza-Mora, A., Fadul Vásquez, C. 2020. La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58-68. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739291>
- Pacheco, M. 2021. Análisis de la participación del banano en las exportaciones agropecuarias del Ecuador periodo 2015-2019. (En línea). Ecuador. Consultado 05 jul. 2023. Disponible en: <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/379/399>
- Reyes, P. J. C., Reinoso, Á. P. M., Balseca, E. G. I., & Balseca, C. L. I. 2022. Algoritmo para identificar las causas de brechas de rendimientos en sistemas de producción bananeros Ecuatorianos. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(5), 70. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9042642>
- Reyes-Pallazhco, J., Leon-Cabrera, P., & Barrezueta-Unda, S. 2023. Respuesta del cultivo de banano a diferentes proporciones de microorganismos y biochar en dos texturas de suelo. *Manglar*, 20(2), 109-115. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/mang/v20n2/2414-1046-manglar-20-02-109.pdf>
- Rocafuerte Vélez, D. A., Barrezueta Unda, S., & Jaramillo Aguilar, E. 2022. Enmiendas edáficas de biocarbones y SiO<sub>2</sub> en plantas de banano con manejo de agricultura orgánica. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(3), 113-123. Disponible en <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/535/545>
- Rodríguez Delgado, Irán, Pérez Iglesias, Hipólito Israel, García Batista, Rigoberto Miguel, & Quezada Mosquera, Arturo Joel. 2020. Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 389-398. Epub 02 de octubre de 2020. Recuperado en 08 de octubre de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202020000500389&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000500389&lng=es&tlng=pt).
- Rosales, F. E., Pocasangre, L. E., Trejos, J., Serrano, E., Acuña, O., Segura, A., Staver, C. 2023. Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos

bananeros. Diagnostic guide for banana soils quality and health. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104738/1375.pdf?sequence=3>

Sánchez López, J. D., & Villanueva Fernández, J. D. 2022. Revisión: Efecto de abonos orgánicos en las propiedades microbiológicas y químicas del suelo, y sobre crecimiento de plantas de plátano (musa AAB). Disponible en <https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/24079/MD0408.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sarmiento Ramírez, H. P., & Cadme Arévalo, M. L. 2022. Diagnóstico de Los sistemas de producción y comercialización del cultivo de banano. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/22e20d72-78e1-469b-9934-1891dabbbb87/content>

Suárez Figueroa, C. J. (2019). Efecto de hongos micorrízicos *Bacillus Spp* y fosforo en el desarrollo vegetativo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams en el cantón Valencia, provincia de Los Ríos. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4e91b339-8a92-4ac0-841c-77211d7043d2/content>

Torres, P., Segura, R., Sandoval, J. A., Ortega, R., & Samuels, J. 2019. Manejo de la sanidad radical del cultivo del banano mediante rizoestimulantes microbianos, enmiendas orgánicas y minerales. *Revista Corbana*, 45(65), 83-92. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Torres-4/publication/346927551\\_MANEJO\\_DE\\_LA\\_SANIDAD\\_RADICAL\\_DEL\\_CULTIVO\\_DEL\\_BANANO\\_MEDIANTE\\_RIZOESTIMULANTES\\_MICROBIANOS\\_ENMIENDAS\\_ORGANICAS\\_Y\\_MINERALES\\_Relacion\\_Suelo-Planta\\_Nota\\_Tecnica/links/5fd2523f45851568d154c32b/MANEJO-DE-LA-SANIDAD-RADICAL-DEL-CULTIVO-DEL-BANANO-MEDIANTE-RIZOESTIMULANTES-MICROBIANOS-ENMIENDAS-ORGANICAS-Y-MINERALES-Relacion-Suelo-Planta-Nota-Tecnica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Torres-4/publication/346927551_MANEJO_DE_LA_SANIDAD_RADICAL_DEL_CULTIVO_DEL_BANANO_MEDIANTE_RIZOESTIMULANTES_MICROBIANOS_ENMIENDAS_ORGANICAS_Y_MINERALES_Relacion_Suelo-Planta_Nota_Tecnica/links/5fd2523f45851568d154c32b/MANEJO-DE-LA-SANIDAD-RADICAL-DEL-CULTIVO-DEL-BANANO-MEDIANTE-RIZOESTIMULANTES-MICROBIANOS-ENMIENDAS-ORGANICAS-Y-MINERALES-Relacion-Suelo-Planta-Nota-Tecnica.pdf)

Torres-Jaramillo, L. A., Raffo-Folleco, L. A., Bermeo-Almeida, O. X., & Cruz-Romero, C. E. 2021. Desarrollo sustentable con base en una propuesta agroecológica para agrícolas bananeras. Caso agrícola Don Víctor. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación científico-técnica multidisciplinaria)*. ISSN: 2588-090X. *Polo de Capacitación*,

- Investigación y Publicación (POCAIP)*, 6(1), 128-161. Disponible en <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/432/760>
- Vega Granda, A., Cervantes Alava, A., Prado Carpio, E., Luna Romero, A. 2021. Análisis del mercado para la comercialización de abono orgánico a partir de heces fecales en el cantón Machala. *Dominio de las Ciencias*, 7(5), 637-657. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383808>
- Villada, K. 2016. Determinación del desarrollo del cultivo de banano variedad Cavendish bajo 2 tratamientos de aireación de suelo y aporte de materia orgánica en la finca bonito amanecer del municipio de chigorodó. (En línea). Consultado 05 jul. 2023. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/6458/1040355478.pdf?sequence=4&isAllowed=y#:~:text=La%20materia%20org%C3%A1nica%20mejora%20la,en%20el%20cultivo%20de%20banano.>
- Villarreal-Núñez, José, Pla-Sentis, Idefonso, Agudo-Martínez, Lwonel, Villaláz-Perez, Jhon, Rosales, Franklin, & Pocasangre, Luís. 2013. Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 301-315. Retrieved October 08, 2023, from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212013000200007&lng=en&tlng=es.](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000200007&lng=en&tlng=es)
- Yáñez Bustamante, W. D., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., Herrera Reyes, S. N., & Luna Romero, Á. E. 2020. Determinación de la relación carga química grados brix en hojas y frutos de banano clon williams (Musa x paradisiaca). *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 421-430. Disponible en <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1728/1730>
- Yáñez Bustamante, Wilson David, Quevedo Guerrero, José Nicasio, García Batista, Rigoberto Miguel, Herrera Reyes, Sayda Noemí, & Luna Romero, Ángel Eduardo. 2020. Determinación de la relación carga química grados Brix en hojas y frutos de banano clon Williams (Musa x paradisiaca). *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 421-430. Epub 02 de octubre de 2020. Recuperado en 08 de octubre de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202020000500421&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000500421&lng=es&tlng=es)

## 4.2. ANEXOS



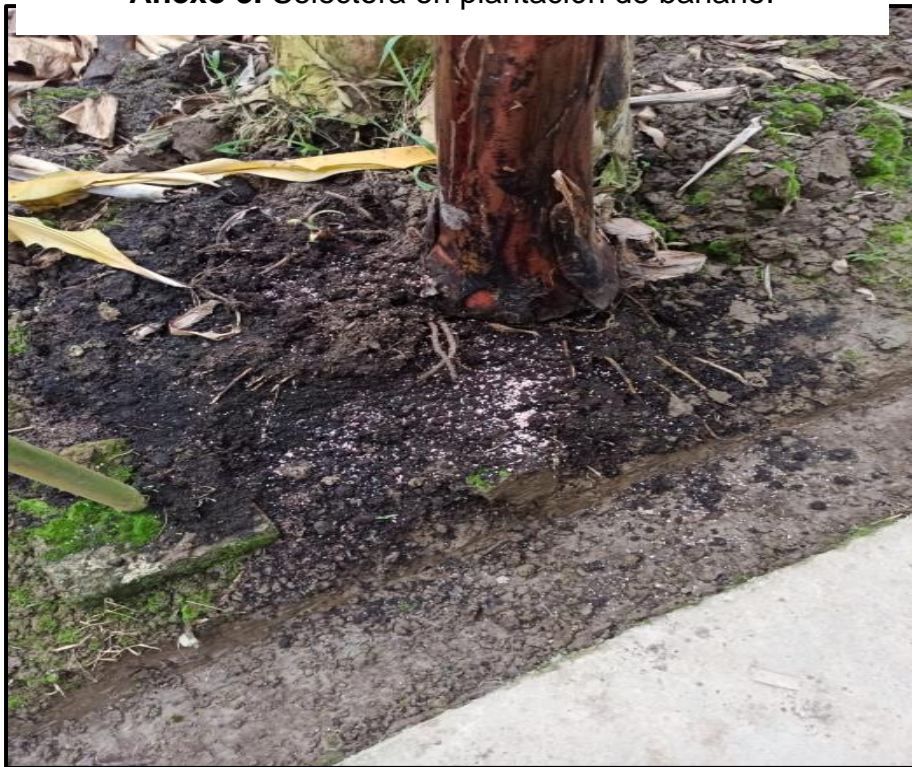
**Anexo 1.** Contando número de hojas en la plantación de banano



**Anexo 2.** Enfude en plantaciones de banano



**Anexo 3.** Selectora en plantación de banano.



**Anexo 4.** Fertilización a la plantación de banano.



**Anexo 5.** Aplicación de Biol para mejoramiento de sistema radicular.

