



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA
Y VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Influencia de la microbiota del suelo en la producción bananera de
la provincia de Los Ríos.

AUTOR:

Kevin Rodolfo Salavarría Jiménez

TUTOR:

Ing. Agr. Eduardo Neptalí Colina Navarrete, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

La influencia de la microbiota del suelo en la producción bananera es un aspecto crítico de la agricultura que ha recibido una creciente atención debido a su impacto en la salud de los cultivos y la sostenibilidad agrícola. La microbiota del suelo, compuesta por una diversidad de microorganismos beneficiosos, está involucrada en una serie de procesos clave, como la descomposición de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno, la solubilización de minerales, la protección de patógenos y la promoción del crecimiento de las plantas de banano. Sin embargo, la producción bananera enfrenta desafíos relacionados con el desequilibrio microbiano, enfermedades del suelo y el uso de agroquímicos, que pueden afectar negativamente la microbiota. La microbiota de suelo, esta compuesta por una diversidad de microorganismos como bacterias, hongos y otros microbios, juega un papel crucial en el equilibrio y la salud del ecosistema. La producción de banano en Ecuador se centra en las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos. A lo largo del tiempo, los suelos utilizados para el cultivo de banano han experimentado degradación debido a prácticas agrícolas deficientes. Este deterioro del suelo ha resultado en la disminución de la población de microorganismos beneficiosos, como la microflora y la microfauna, los cuales desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica. Estrategias como la agricultura sostenible, la rotación de cultivos y el control biológico se están adoptando para gestionar de manera más efectiva la microbiota del suelo y asegurar la producción continua y saludable de bananos. Este enfoque holístico hacia la microbiota del suelo es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la prosperidad económica en las regiones donde se cultiva el banano, donde podremos Adoptar prácticas de agricultura regenerativa que promuevan la salud del suelo de la producción bananera.

Palabras claves: microbiota, sostenibilidad, suelo, banano.

ABSTRACT

The influence of soil microbiota on banana production is a critical aspect of agriculture that has received increasing attention due to its impact on crop health and agricultural sustainability. Soil microbiota, composed of a diversity of beneficial microorganisms, are involved in several key processes, such as organic matter decomposition, nitrogen fixation, mineral solubilization, and pathogen protection and growth promotion of banana plants. However, banana production faces challenges related to microbial imbalance, soil diseases and agrochemical use, which can negatively affect the microbiota. The soil microbiota, composed of a diversity of microorganisms such as bacteria, fungi and other microbes, plays a crucial role in the balance and health of the ecosystem. Banana production in Ecuador is centered in the provinces of El Oro, Guayas and Los Ríos. Over time, soils used for banana cultivation have experienced degradation due to poor agricultural practices. This soil deterioration has resulted in a decrease in the population of beneficial microorganisms, such as microflora and microfauna, which play a crucial role in the decomposition of organic matter. Strategies such as sustainable agriculture, crop rotation and biological control are being adopted to manage the soil microbiota and ensure continued healthy banana production more effectively. This holistic approach to soil microbiota is critical to ensure food security and economic prosperity in banana growing regions, where we can adopt regenerative agriculture practices that promote healthy banana production soils.

Keywords: microbiota, sustainability, soil, banana.

ÍNDICE

RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	4
2. DESARROLLO	5
2.1. MARCO TEÓRICO	5
2.1.1. Microbiota del suelo.....	5
2.1.1.1 Microbioma de la rizosfera.....	6
2.1.1.2 Microbioma de la filosfera	6
2.1.1.3 Microbioma de la endosfera	7
2.1.2. La microbiota en el cultivo de banano.....	8
2.1.3. Manejo de la microbiota en el cultivo del banano.....	10
2.1.4. Erosión del suelo en la microbiota del suelo.....	12
2.1.4.1 Tipos de Erosión del suelo y como afecta a la microbiota.....	13
2.1.4.2 Afectación de cambio climático en la microbiota.....	14

2.1.4.3 Organismos que forman la microbiota.....	14
2.2. METODOLOGÍA	15
2.3. RESULTADOS.....	16
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	16
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
3.1. CONCLUSIONES	17
3.2. RECOMENDACIONES	18
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	19
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
4.2. ANEXOS.....	27

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La producción bananera es uno de los pilares fundamentales de la economía ecuatoriana, especialmente en las regiones cercanas a los ríos. Sin embargo, la producción sostenible y de alta calidad de este fruto tropical enfrenta desafíos debido a la influencia de la microbiota del suelo. La microbiota de suelo, compuesta por una diversidad de microorganismos como bacterias, hongos y otros microbios, juega un papel crucial en el equilibrio y la salud del ecosistema. Estos microorganismos interactúan con las raíces de las plantas, influyendo en su nutrición, desarrollo y resistencia a enfermedades (Araya y Quesada 2000).

En Ecuador hasta el año 2013, se reportaron 210.720,80 ha sembradas de banano constituyéndose en la actividad generadora de divisas, trabajo y alimentos. El banano es el primer rubro de exportación del sector privado del país. El volumen de fruta exportada representa la tercera parte de la exportación mundial, cifra que representa el 32% del Comercio Mundial del Banano, el 2.5% del PIB total y el 23% de las exportaciones privadas del país (INIAP - Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias 2014).

La producción de banano en Ecuador se centra en las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos, que representan aproximadamente el 25,09%, 27,84% y 34,22% de los productores, respectivamente. En particular, la provincia de El Oro alberga la mayoría de los pequeños productores de banano del país, que constituyen aproximadamente el 42% de la producción total. Por otro lado, estas tres provincias suman el 87,15 % de la superficie nacional cosechada de banano. (INEC 2022).

A lo largo del tiempo, los suelos utilizados para el cultivo de banano han experimentado degradación debido a prácticas agrícolas deficientes. Este deterioro del suelo ha resultado en la disminución de la población de microorganismos beneficiosos, como la microflora y la microfauna, los cuales desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica. Por

tanto, es esencial buscar enfoques para evaluar, identificar y aumentar estas poblaciones con el objetivo de restaurar las propiedades del suelo (Tuz 2018).

La microbioma del suelo es necesario para la preservación de los procesos naturales del ciclo del suelo asociados con la descomposición de la materia orgánica, el ciclo de los nutrientes y los rendimientos agrícolas y, por lo tanto, es fundamental para la salud humana. Por lo tanto, examinar la importancia de los microorganismos del suelo y sus actividades relacionadas en una variedad de nichos ecológicos y micro ambientales no sólo es relevante, sino también crítico (Patel *et al.* 2022).

En el suelo, algunos microorganismos tienen la capacidad de crear compuestos antimicrobianos, estos compuestos actúan como agentes de control biológico al reducir la proliferación de microorganismos patógenos en el entorno del suelo y las raíces de las plantas. Este fenómeno beneficia la salud de los cultivos de banano y, en general, promueve prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente (Rosado *et al.* 2021).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto global, Ecuador ocupa el quinto lugar en términos de producción de banano, contribuyendo con el 5,3% del suministro mundial de esta fruta. A nivel regional latinoamericano, el país se sitúa en la segunda posición. No obstante, Ecuador ostenta el título de principal exportador de banano a nivel mundial, con una destacada participación del 28,5% en el mercado internacional (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2022).

La microbiota en el suelo juega una función muy importante en la defensa contra enfermedades, promoción del crecimiento de plantas, así como en el cambio de la vegetación. Las prácticas agrícolas inadecuadas tienen un impacto significativo en el suelo, causando erosión y pérdida de nutrientes debidos a la acción de la lluvia y el viento. El uso intensivo de agroquímicos y la quema de residuos agrícolas alteran la estructura y composición del suelo, afectando a los microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica y la fijación de nutrientes. Estos efectos disminuyen la capacidad de los suelos para

retener la humedad. Como resultado, la degradación de los suelos y la erosión a menudo obligan a cultivar en áreas inadecuadas, como pendientes pronunciadas o suelos pobres y altamente erosionables (Conforto *et al.* 2017).

Aunque la microbiota del suelo es crucial para el crecimiento de las plantas, aún existe falta de conocimiento sobre los microorganismos presentes en los suelos de las plantaciones de banano en Los Ríos y sus interacciones con las raíces. Es necesario comprender cómo esta comunidad microbiana influye en la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales. Además, es fundamental investigar su función en la protección contra patógenos y enfermedades que pueden tener un impacto negativo en la salud de las plantas (Zhang *et al.* 2019).

1.3. JUSTIFICACIÓN

En el presente caso de estudio se investigó el gran impacto que tiene la microbiota en la agricultura sostenible en diferentes ámbitos económicos y sociales, radica en entender cómo la microbiota del suelo influye a la producción bananera en Los Ríos, ya que esto puede mejorar la eficiencia agrícola, promover prácticas sostenibles y contribuir a la seguridad alimentaria y económica de la región.

La producción bananera es una de las fuentes de ingresos para los principales agricultores y la economía de la provincia de Los Ríos, y también es un pilar fundamental para la exportación de banano ecuatoriano a nivel mundial. Comprender la influencia de la microbiota del suelo en este cultivo puede mejorar la productividad, reducir costos y, aumentar la rentabilidad para los agricultores.

El conocimiento sobre la microbiota del suelo puede ayudar a fomentar prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Al promover la presencia de microorganismos beneficiosos en el suelo, lo que a su vez disminuye el impacto negativo en la salud humana y el ecosistema. Este estudio puede aportar nuevos conocimientos sobre la interacción entre la microbiota del suelo y el cultivo de banano en la región de Los Ríos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Establecer la influencia de la microbiota del suelo en la producción bananera en la provincia de Los Ríos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Detallar la influencia de la microbiota de suelo en la producción bananera de los Ríos
- Determinar manejos apropiados para la influencia de la microbiota de suelo en la producción bananera.

1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo es elaborado en la línea de investigación determinado como Desarrollo agropecuario sostenible y sustentable, debido a que la microbiota del suelo es un componente esencial. Su influencia en la fertilidad del suelo, la fijación de nitrógeno, la supresión de enfermedades de las plantas y la mejora de la calidad del suelo destaca su importancia en la producción de alimentos de manera ambientalmente responsable.

Dominio: Recursos agropecuarios, medio ambiente, biodiversidad, sustentable y biotecnología.

Línea: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable

Sublíneas: conservación del suelo.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Microbiota del suelo

Los microorganismos del suelo son una parte importante del sistema ecológico, son el núcleo del ecosistema del suelo porque cumplen como indicadores de la calidad del suelo, y están estrechamente relacionados con los cambios en las propiedades del suelo. Estos pueden agrupar en bacterias, actinomicetos, hongos, algas, protozoos y nematodos. Además de los residuos de plantas o animales muertos en los suelos, la MOS se compone de un contenido significativo de microorganismos vivos y sus fracciones muertas (Rogiers *et al.* 2021).

Investigadores que se dedicaron al estudio de la ecología de los microorganismos de la rizósfera, introdujeron el término "microbioma" al proporcionar su primera definición, definiéndolo como una "comunidad microbiana característica" que reside en un "hábitat claramente definido con propiedades fisicoquímicas distintivas", que actúa como su "escenario de actividad". Esta definición representa un avance significativo, ya que establece claramente la existencia de una comunidad microbiana con propiedades y funciones específicas, así como sus interacciones con el entorno circundante, lo que da lugar a la creación de nichos ecológicos particulares (Whipps *et al.* 1988).

Los microbiomas en un contexto ecológico como una comunidad de microorganismos que pueden ser comensales, simbióticos o patógenos, que coexisten en un espacio corporal o en otro tipo de entorno (Lederberg y McCray 2001).

Por otra parte, otros investigadores enfocaron su definición en los genomas, los patrones de expresión génica de microorganismos (incluyendo virus) y los proteomas en un entorno específico, considerando las condiciones bióticas y abióticas predominantes en dicho entorno (Marchesi y Ravel 2015).

Aproximadamente existen $2,6 \cdot 10^{29}$ células procariotas en el suelo global. Además, la función microbiana del suelo es complicada y variada, constituye el recurso biológico más abundante de la tierra, también es la biblioteca de recursos

genéticos y metabolitos más importante. La distribución de la diversidad de la comunidad microbiana del suelo, el patrón y el elemento importante en la circulación, han recibido gran atención por los estudiosos de la ciencia del suelo (Whitman *et al.* 1998).

Se considera que los microorganismos presentes en el suelo actúan como marcadores de la salud y calidad de este. En consecuencia, la viabilidad de la producción agrícola en su conjunto se ve principalmente influenciada por las especies microbianas del suelo, que desempeñan un papel fundamental en los sistemas ecológicos. No obstante, no se puede pasar por alto la relevancia de supervisar la disponibilidad y presencia de microorganismos patógenos en el suelo (Johns 2017).

La eficiencia en la producción de las plantas, influenciada por la actividad microbiana del suelo, ha emergido como una preocupación significativa en el ecosistema, dado que estos microorganismos desempeñan un papel clave en la resistencia contra enfermedades y la capacidad de las plantas para enfrentar factores de estrés abiótico. Además, los microorganismos del suelo ocupan una posición central en el funcionamiento del ecosistema al descomponer la materia orgánica y mantener los procesos biogeoquímicos (Anzuay *et al.* 2015).

2.1.1.1. Microbioma de la rizósfera

La rizósfera comprende la zona de 1 a 10 mm de suelo que rodea inmediatamente las raíces y que está bajo la influencia de la planta a través de la deposición de exudados de raíces, mucílagos y células vegetales muertas. Una amplia gama de organismos se especializan en vivir en la rizósfera, incluidas bacterias, hongos, protistas, nematodos, protozoos, virus y arqueas (Bonkowski *et al.* 2009).

Los organismos benéficos de la rizósfera estudiados con mayor frecuencia son las micorrizas, las bacterias del rizobium, las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y los microbios de biocontrol. Los hongos micorrízicos son miembros abundantes de la comunidad de la rizósfera, se han encontrado en más de 200.000 especies de plantas y se estima que se asocian con más del 80% de todas las plantas (Van der Heijden *et al.* 2015).

2.1.1.2. Microbioma de la filósfera

La superficie aérea de una planta (tallo, hoja, flor, fruto) se llama filósfera y se considera comparativamente pobre en nutrientes en comparación a otros microambientes. El ambiente en la filósfera es más dinámico que los ambientes de la rizósfera y la endosfera; los colonizadores microbianos están sujetos a fluctuaciones diurnas y estacionales de calor, humedad y radiación, además, estos elementos ambientales afectan la fisiología de las plantas (como la fotosíntesis, la respiración, la absorción de agua y otras funciones) (*Vacher et al. 2016*)

En general, sigue habiendo una gran riqueza de especies en las comunidades de la filósfera. Las comunidades de hongos son muy variables en la filósfera de las regiones templadas y son más diversas que en las regiones tropicales. Las proteobacterias parecen ser los colonizadores dominantes, mientras que Bacteroidetes y Actinobacteria también predominan en la filósfera. Aunque existen similitudes entre las comunidades microbianas de la rizósfera y del suelo, se ha informado una similitud muy baja entre las comunidades de la filósfera y las del aire libre (*Vokou et al. 2012*).

En los suelos sigue existiendo una gran riqueza de especies en las comunidades de la filósfera. Es probable que el tamaño de la población de la filósfera fúngica sea menor, los microbios de la filósfera de diferentes plantas parecen ser algo similares en los niveles altos de taxones, pero en los niveles inferiores persisten diferencias significativas (*Vacher et al. 2016*).

2.1.1.3. Microbioma de la endosfera

Algunos microorganismos, como los endófitos, penetran y ocupan los tejidos internos de la planta, formando la microbioma endosférico. El AM y otros hongos endofíticos son los colonizadores dominantes de la endosfera. Las bacterias, y hasta cierto punto las arqueas, son miembros importantes de las comunidades de la endosfera. Algunos de estos microbios endofíticos interactúan con su huésped y brindan beneficios obvios a las plantas (*Sánchez et al. 2013*).

A diferencia de la rizósfera y el rizoplano, las endosferas albergan comunidades microbianas muy específicas. La comunidad endófito de raíces

puede ser muy distinta de la de la comunidad del suelo adyacente. En general, la diversidad de la comunidad endofítica es menor que la diversidad de la comunidad microbiana fuera de la planta, sin embargo, la identidad y diversidad de la microbioma endofíticos de los tejidos aéreos y subterráneos también pueden diferir dentro de la planta (Dastogeer *et al.* 2018).

2.1.2. La Microbiota en el cultivo de banano

La industria bananera desempeña un papel de gran relevancia en la economía ecuatoriana, contribuyendo significativamente al valor agregado bruto (VAB) del sector agropecuario, con una participación del 17,4%. Durante el año 2022, la producción de banano ocupó aproximadamente el 12,0% de la superficie destinada a cultivos permanentes en Ecuador, abarcando diecinueve provincias en todo el país, destacando seis provincias principales y en términos de volumen de producción, concentraron un impresionante 98,5%, siendo Los Ríos la líder con un destacado 42,3% de la producción total, que alcanzó las 6,078,789 toneladas a nivel nacional (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2022).

Las plantas han evolucionado en estrecha asociación con sus habitantes microbianos, y por lo tanto, ahora se consideran holobiontes vegetales (Vandenkoornhuyse *et al.* 2015).

El holobionte puede ser considerado como la planta huésped y su microbiota asociada. Los microorganismos asociados a las plantas son diversos, incluyendo bacterias, arqueas, hongos y protistas, que constituyen colectivamente la microbiota vegetal compleja. La microbiota vegetal comprende las comunidades microbianas que viven en la superficie de la planta, así como el interior de las plantas (Margulis y Fester 1991).

Los nichos superficiales de los microbios vegetales incluyen el de la superficie de la raíz (rizósfera) y la parte superior de la planta (filosfera). Los microbios también colonizan el interior de las plantas (endosfera), tanto en las partes subterráneas como en las superiores. Mientras que las funciones de las plantas se controlan principalmente con la expresión y regulación de sus propios

genes, las plantas también dependen de sus colonizadores microbianos para modular ciertas funciones (Turner *et al.* 2013).

El huésped de la planta y su microbiota son interdependientes. Los hospedadores de plantas proporcionan nutrientes a los microbios asociados, y los microbios ayudan a sus hospedadores con varias funciones beneficiosas. La microbiota puede variar en su relación con los hospedadores de plantas: pueden ser mutualistas, comensales, parasitarios o patógenos para los hospedadores de plantas (Hassani *et al.* 2018).

Las propiedades fisicoquímicas del suelo están muy influenciadas por factores abióticos como el cambio climático y factores bióticos como el material parental, las prácticas agrícolas y el uso de la tierra. Comprender la microbiota del suelo es muy difícil ya que la microbioma es muy sensible al estrés abiótico como el pH del suelo, la salinidad, la radiación ultravioleta, la temperatura y las precipitaciones, lo que da lugar a perfiles fluctuantes (Rahman *et al.* 2021).

Aunque la interacción microbiana con las plantas huésped ha sido reconocida como un componente importante tanto para la aptitud de la planta como para la evolución microbiana en nichos de plantas, las estructuras detalladas de la microbioma de la planta relevantes para la función de la planta aún no se entienden completamente. Los recientes avances en enfoques independientes del cultivo y análisis de alto rendimiento de la microbiota vegetal han comenzado a revelar las interacciones planta-microbioma en cierta medida (Hassani *et al.* 2018).

El factor más importante que puede afectar la población de microbiomas del suelo es el pH del suelo, que puede verse influenciado por la toxicidad de los metales, la estructura y textura del suelo, la fuente de agua y la intensificación del uso de la tierra. Los microorganismos y plantas beneficiosos del suelo prefieren un rango de pH de 6 a 7, por lo que los cambios en la acidez o alcalinidad del suelo son seguidos frecuentemente por cambios en la composición y actividad microbiana (Sullivan *et al.* 2017).

La humedad tiene un mayor impacto en la respiración que la temperatura. Las comunidades microbianas en suelos húmedos están funcionalmente diversificadas, sin embargo, la humedad excesiva del suelo, por otro lado, puede

resultar en una disminución de la biomasa microbiana, debido a las condiciones de oxígeno que son inhóspitas para las bacterias aerobias, incluyendo gramnegativos, grampositivos y micorrizas (Siebielec *et al.* 2020).

2.1.3. Manejo de la microbiota en el cultivo del banano

En los suelos destinados al cultivo de banano, se encuentra una considerable variedad microbiana. Estos suelos específicos albergan una abundante presencia de microorganismos, que abarca bacterias, hongos y diversos microbios, los cuales interactúan en comunidades complejas y en constante evolución. Esta riqueza microbiana ejerce un impacto directo en la salud de las plantas y en la calidad del suelo (Bulgarelli *et al.* 2015).

Los mismos autores indican que la materia orgánica tiene muchas acciones positivas. en primer lugar, trae nutrimentos esenciales y mejora la retención de agua del suelo. Adicionalmente, la materia orgánica permite el desarrollo de microbiota, entre la que hay antagonistas naturales de los nematodos. Más aún, la materia orgánica puede que tenga una acción directa contra los nematodos, ya sea a través de la producción de componentes tóxicos (hidrocarburos, sulfidos) provenientes de su descomposición, o a través de la presencia de alcaloides o fitoalexinas en las plantas originales (como son: *Ricinus communis*, *Azadirachta indica*, *Coffea canephora*, entre otros). A pesar de que la información concerniente a su efectividad sobre el banano todavía es insuficiente, el uso de estas medidas debe ser estimulado

Además de la absorción de nutrientes, los microorganismos del suelo también desempeñan un papel en la protección de las plantas de banano contra patógenos. En un estudio realizado, se identificaron cepas bacterianas beneficiosas en el suelo que tienen la capacidad de suprimir la Sigatoka Negra, una enfermedad devastadora que afecta al banano. Estas bacterias actúan como agentes biocontroladores al competir con los patógenos por recursos y producir metabolitos antimicrobianos (Paladines *et al.* 2022).

La actividad de los microorganismos del suelo contribuye a la mejora de la estructura y la salud del suelo en el que crecen las plantas de banano. La

descomposición de materia orgánica por parte de microorganismos, como los hongos descomponedores, libera nutrientes y mejora la capacidad de retención de agua del suelo. Esto es esencial en regiones donde el banano se cultiva en suelos arenosos o degradados, como lo señala (Anzuay *et al.* 2015).

A pesar de la importancia de la diversidad microbiana en los suelos bananeros, las plantaciones de banano enfrentan desafíos considerables. El cultivo intensivo y la aplicación excesiva de productos químicos pueden perturbar negativamente la diversidad y la función microbiana en el suelo. Estas prácticas agrícolas pueden aumentar la vulnerabilidad del cultivo a enfermedades y comprometer la calidad a largo plazo del suelo (Patel *et al.* 2022).

La investigación sobre la microbioma del suelo en plantaciones de banano tiene implicaciones importantes para la agricultura sostenible. Adoptar prácticas agrícolas que fomenten la salud de la microbiota del suelo, como la reducción del uso de productos químicos dañinos y la incorporación de enmiendas orgánicas, puede mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades y aumentar la eficiencia en la absorción de nutrientes. (Hassani *et al.* 2018)

La reducción de la aplicación de pesticidas químicos es una práctica clave para preservar la microbiota del suelo. El uso excesivo de pesticidas puede alterar negativamente la diversidad y la función microbiana en el suelo. La adopción de métodos de manejo integrado de plagas y enfermedades puede reducir la presión sobre la microbiota del suelo y promover la diversidad microbiana beneficiosa (Patel *et al.* 2022).

Incorporar enmiendas orgánicas, como el compost y la materia orgánica, es una estrategia que enriquece la comunidad microbiana del suelo. Estas enmiendas orgánicas ofrecen un sustrato nutritivo para fomentar la actividad microbiana beneficiosa. Este proceso no solo contribuye a mejorar la fertilidad del suelo, sino que también estimula la diversidad microbiana (Khmelevtsova *et al.* 2022).

Mantener una cobertura vegetal o mulch en el suelo es una práctica que protege la microbiota y mejora la capacidad para retener agua en el suelo. Esta cobertura proporciona un entorno propicio para los microorganismos y reduce la erosión del suelo. Esta práctica tienen un impacto sustancial en la conservación

del agua en la agricultura al alterar el microclima, además, puede favorecer la supresión de patógenos y mejorar la salud del suelo (Camacho *et al.* 2022).

La fertilización equilibrada es esencial para mantener la disponibilidad de nutrientes y promover la actividad microbiana beneficiosa. La importancia de ajustar la fertilización según las necesidades específicas de los bananos y de evitar la sobre aplicación de fertilizantes químicos que puedan dañar la microbiota (Khmelevtsova *et al.* 2022).

2.1.4 Erosión del suelo en la microbiota del suelo

La erosión del suelo es un proceso natural que resulta más común en terrenos en pendiente y que suele obedecer a causas naturales, como vientos fuertes o lluvias intensas. No obstante, su gravedad se duplica o triplica si se llevan a cabo diversas actividades humanas no sostenibles, como la deforestación y la mala gestión de tierras.

La erosión altera la composición química del suelo, incluidos sus nutrientes, y, por ende, tiene consecuencias negativas para el medio ambiente, la producción agrícola y la inocuidad de los alimentos. Se trata de un fenómeno de gran escala: un 95 % de lo que comemos proviene de recursos edáficos y un cuarto de la población depende directamente de alimentos producidos en tierras degradadas.

Consecuencia de la erosión en el suelo de la microbiota

Las consecuencias de la erosión del suelo caben mencionar la degradación de las funciones de los ecosistemas, un mayor riesgo de deslizamiento e inundación, pérdidas considerables de biodiversidad, daños a la infraestructura urbana y, en casos severos, el desplazamiento de los habitantes locales.

El proceso de erosión afecta a la productividad agrícola, empeorando el nivel de vida y el bienestar de las comunidades rurales (tanto de los agricultores individuales como de las cooperativas agrícolas). Con el tiempo, las tierras agrícolas erosionadas pierden la fertilidad del suelo, se degradan y se vuelven inadecuadas para la actividad agrícola. (Vladimir Tarakanov *et al.* 2022)

2.1.4.1 Tipos de Erosión del suelo y como afecta a la microbiota

La clasificación se basa en la velocidad del proceso de erosión o en su causa (agente). Así, existen diferentes tipos de erosión del suelo. Los principales agentes de la erosión del suelo de forma natural son las corrientes de agua y las tormentas de viento, aunque la situación también puede verse agravada por las actividades humanas.

Erosión Hídrica: Como su nombre indica, este tipo de erosión del suelo está causada por el agua e implica la eliminación de la capa superior del suelo tras las lluvias, el deshielo, inundaciones o riego mal gestionado. Por lo tanto, puede producirse tanto por eventos climáticos extremos como por las actividades agrícolas. En los terrenos desnudos y en caso de lluvias intensas o de deshielo, la destrucción a causa del agua se produce más rápidamente.

Erosión Por Viento: Otro factor que provoca la erosión de la tierra son las tormentas de polvo que destruyen la capa superior del suelo. Las tormentas de polvo han sido un fenómeno frecuente en las últimas décadas, especialmente en los lugares áridos. La erosionabilidad aumenta si la tierra es uniforme, fina y seca. Por el contrario, las crestas reducen la energía del viento y las partículas pesadas y rugosas son más difíciles de eliminar.

Erosión Por Temperatura: Esta variante se da con situaciones que dependen de la temperatura y el clima, como el frío, el calor o la luz solar. Una mayor temperatura hace que las rocas se expandan, mientras que con el frío las rocas se contraen y congelan. Estos cambios de temperatura provocan grietas, lo que favorece una erosión potencial del suelo y las rocas.

Erosión Gravitatoria: Sucede a causa de la gravedad. Las rocas, piedras y tierra suelta tienden a acumularse en zonas bajas, como valles.

Erosión Antropogénica: La erosión antropogénica del suelo se produce debido a factores antropogénicos y actividades humanas que pueden afectar a la erosión del suelo directa e indirectamente. Por ejemplo, un impacto directo proviene de la minería y las canteras. Las consecuencias indirectas derivan de una gestión insostenible, que perturba la capa superior del suelo y aumenta la erodabilidad de los campos y las masas forestales.

2.1.4.2 Afectación de cambio climático en la microbiota

Fuertes ráfagas de viento. Los fuertes vientos remueven minúsculas partículas de tierra seca, lo que constituye un problema típico en las regiones semiáridas y que conduce a la desertificación.

Cambio climático. Las lluvias anormalmente intensas o los saltos de temperatura destruyen la superficie del campo. Otro efecto del cambio climático sobre la erosión del suelo es el retraso en el crecimiento de la vegetación, que reduce la cobertura del campo y lo expone a lluvias y vientos.

Lluvias e inundaciones. Las lluvias intensas arrastran las partículas de la capa superior del suelo, mientras que las grandes gotas de lluvia golpean la superficie del campo, deformándola. Las corrientes de aire durante las inundaciones son otra de las causas de erosión del suelo.

Incendios forestales. Los árboles y arbustos frenan la escorrentía del agua. Cuando los bosques o las zonas de amortiguación son destruidos por los incendios forestales, las corrientes de agua no encuentran obstáculos en su camino.

2.1.4.3 Organismos que forman la microbiota

En la microbiota del suelo existen cinco grupos principales de microorganismos, los cuales están integrados por bacterias, actinomicetos, virus, nemátodos, hongos, algas y protozoarios. Considerados habitantes de la comunidad, cuyo estudio puede contribuir a la práctica de una agricultura sostenible.

Bacterias: Descomponen los substratos de fácil uso, los compuestos de carbono simple tales como las exudaciones de las raíces y los residuos frescos de las plantas. Los desechos producidos por las bacterias se convierten en materia orgánica.

Hongos: descomponen la materia orgánica más resistente, reteniendo en el suelo los nutrientes obtenidos bajo forma de biomasa de hongos y liberación de dióxido de carbono (CO₂).

Protozoarios: Son los mayores productores del nitrógeno disponible para las plantas. Entre el 40 y el 80 por ciento del nitrógeno de las plantas puede provenir de la interacción predador presa de protozoarios con bacterias.

Nemátodos: Tienen aún menor contenido de nitrógeno que los protozoarios, entre 10 y 100 veces menos que las bacterias o entre 5 y 50 veces menos que las hifas de los hongos.

Virus: Incrementa la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Los microorganismos convierten las sustancias orgánicas en nutrientes inorgánicos que pueden ser asimilables por las plantas a través de la raíces. Mejoran la estructura del suelo y las propiedades físicas del mismo.

Algas: Estos microorganismos captan el CO₂ atmosférico y contribuyen así al almacenamiento del carbono en el suelo, actuando de esta manera contra el calentamiento global.

2.2. METODOLOGÍA

La metodología de investigación bibliográfica que se desarrolla a cabo en este estudio se fundamenta en una rigurosa revisión y análisis de fuentes de información relevantes. En principio, se identificarán y seleccionarán cuidadosamente libros, artículos académicos, tesis, informes y otros documentos relacionados con el tema de investigación en bases de datos académicas, bibliotecas digitales y archivos especializados.

Una vez recopiladas las fuentes, se llevará a cabo una exhaustiva lectura crítica, analizando la calidad de la investigación, la metodología utilizada por los autores y la relevancia de los hallazgos. Se elaborará una síntesis de los principales conceptos, teorías y resultados encontrados en la literatura revisada. Esta metodología bibliográfica garantizará una base sólida para el desarrollo del estudio y la construcción de argumentos respaldados por la evidencia disponible en la literatura.

2.3. RESULTADOS

La influencia de la microbiota de suelo en la producción bananera es de gran interés para la agricultura sostenible, ya que estos microorganismos participan en una serie de procesos biológicos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además de su función nutricional, la microbiota del suelo también juega un papel crucial en la protección de las plantas contra patógenos y enfermedades.

La información indica que varios microorganismos del mismo género responden diferente a los dos tipos de manejo agrícola en el suelo. La planta de banano se nutre a través del flujo vascular masivo cuando el agua con nutrientes en la solución del suelo se aspira desde las raíces hasta el follaje por transpiración.

La importancia de los hongos benéficos en la microbiota del suelo bananero y su potencial para mejorar la sostenibilidad y la productividad de los cultivos de banano, ofrecen oportunidades significativas para la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles en las plantaciones de banano. además de ofrecer al sector agropecuario formas innovadoras de implementar estas prácticas a un menor costo, de fácil manejo con óptimos resultados y amigables con el medio.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Uno de los aspectos más fascinantes de la diversidad microbiana en suelos bananeros es su capacidad para interactuar con las plantas de banano. Algunos microorganismos forman simbiosis beneficiosas con las raíces de los bananos, por ejemplo, las micorrizas y las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden mejorar la absorción de nutrientes y la resistencia a patógenos de las plantas hospedadas. Esto lo corrobora Merchán et al. (2022) quien dice que en el suelo *Trichoderma*, *Mycorrhizae* y *Penicillium* ayudan a bajar la concentración de químicos en este, y nutrir de mejor manera a la planta.

Es importante comprender que la interacción entre las plantas, los microorganismos y los patógenos en los cultivos de banano, podrían ser útiles para desarrollar estrategias de manejo agronómico más efectivas y sostenibles

en la industria bananera. Esto queda confirmado por lo descrito por Según Vacher *et al.* (2016) quienes explican que los microorganismos que colonizan la filofera se ven expuestos a variaciones edafoclimáticos, además, los factores ambientales pueden influir en la fisiología de las plantas, afectando procesos biológicos y prácticas agrícolas.

Por otra parte, se dice que existe una disminución en la diversidad de microorganismos en el suelo y en el tejido vegetal de las plantas de banano infectadas por Fusariosis, generando implicaciones negativas. Lo cual también es manifestado por Rahman *et al.* (2021) que establecen que la comprensión de la microbioma del suelo presenta desafíos significativos, ya que es altamente sensible a factores abióticos, lo cual incluye a la competencia entre microorganismos.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

- La microbiota del suelo en plantaciones de banano está compuesta por una variedad de microorganismos, incluyendo bacterias, hongos, virus y otros microbios. Estos microorganismos pueden desempeñar un papel importante en la salud de las plantas de banano.
- La distribución específica de los microorganismos en las zonas de cultivo de banano puede variar dependiendo de factores como el tipo de suelo, las prácticas de manejo agrícola y el entorno climático. Por lo general existe una mayor concentración de organismos cerca de la región del suelo que rodea las raíces de las plantas.
- Por lo general un mal uso en las practica agrícolas disminuye la cantidad de la microbiota en los suelos productores. Estas práctica están más asociadas al uso de fungicidas y nematicidas en el suelo de las plantaciones. Prácticas como el aporte de materia orgánica, oxigenación del suelo, fertilización balanceada y Re inoculación de microorganismos benéficos, son esenciales para la sostenibilidad de la producción de banano en el futuro.

3.2. RECOMENDACIONES

- Adoptar prácticas de agricultura regenerativa que promuevan la salud del suelo.
- Disminuir el uso de plaguicidas que se apliquen en el uso de suelo para evitar la muerte de la microbiota.
- Realizar análisis regulares del suelo para evaluar la salud microbiológica de este. Esto con el fin de comprender cómo las acciones agrícolas afectan a los microorganismos del suelo y cómo estas relaciones pueden ser beneficiosas para la producción de banano.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anzuay, M; Frola, O; Angelini, J; Ludueña, L; Ibañez, F; Fabra, A; Taurian, T. 2015. Effect of pesticides application on peanut (*Arachis hypogaea* L.) associated phosphate solubilizing soil bacteria. *Applied Soil Ecology* 95(1):31-37. INSS DOI: <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2015.05.003>.

Araya, M; Quesada, A. 2000. *Perspectivas de la agricultura y el desarrollo rural en las Américas : una mirada hacia América Latina y el Caribe*. s.l., s.e. p. 1-160.

Bodenhause, N; Horton, M; Bergelson, J. 2013. Bacterial Communities Associated with the Leaves and the Roots of *Arabidopsis* Camacho Cueva (en línea). *PLOS ONE* 8(2):e56329. INSS DOI: <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0056329>.

Bonkowski, M; Villenave, C; Griffiths, B. 2009. Rhizosphere fauna: the functional and structural diversity of intimate interactions of soil fauna with plant roots (en línea). *Plant and Soil* 2009 321:1 321(1):213-233. INSS DOI: <https://doi.org/10.1007/S11104-009-0013-2>.

Bulgarelli, D; Garrido, R; Münch, P; Weiman, A; Dröge, J; Pan, Y; McHardy, A; Schulze, P. 2015. Structure and function of the bacterial root microbiota in wild and domesticated barley (en línea). *Cell host & microbe* 17(3):392-403. INSS DOI: <https://doi.org/10.1016/J.CHOM.2015.01.011>.

Conforto, C; Correa, O; Rovea, A; Boxler, M; Rodríguez, S; Minteguiaga, J; Meriles, J; Vargas, S. 2017. Influencia de la fertilización inorgánica sobre la actividad microbiana del suelo (en línea). *Revista de Informaciones Agronómicas del Cono Sur* :1-4. Consultado 18 sep. 2023. Disponible en <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/19170>.

Daniells, J; Jenny, C; Karamura, A; Tomekpe, K. 2001. *Musalogue : A Catalogue of Musa Germplasm: Diversity in the Genus Musa* (en línea). Rome, Italy, International Plant Genetic Resources Institute. 1-213 p. Consultado 17 sep. 2023. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/105390>.

Dastogeer, K; Li, H; Sivasithamparam, K; Jones, M; Wylie, S. 2018. Host

Specificity of Endophytic Mycobiota of Wild Nicotiana Plants from Arid Regions of Northern Australia (en línea). *Microbial Ecology* 75(1):74-87. DOI: <https://doi.org/10.1007/S00248-017-1020-0/METRICS>.

Hassani, M; Durán, P; Hacquard, S. 2018. Microbial interactions within the plant holobiont (en línea). *Microbiome* 6(1):1-17. DOI: <https://doi.org/10.1186/S40168-018-0445-0>.

Van der Heijden, M; Martin, F; Selosse, M; Sanders, I. 2015. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future (en línea). *New Phytologist* 205(4):1406-1423. DOI: <https://doi.org/10.1111/NPH.13288>.

Heslop, J; Schwarzacher, T. 2007. Domestication, genomics and the future for banana (en línea). *Annals of botany* 100(5):1073-1084. INSS DOI: <https://doi.org/10.1093/AOB/MCM191>.

INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2014. Banano, plátano y otras musáceas (en línea, sitio web). Consultado 27 sep. 2023. Disponible en <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>.

Jiao, S; Chen, W; Wang, J; Du, N; Li, Q; Wei, G. 2018. Soil microbiomes with distinct assemblies through vertical soil profiles drive the cycling of multiple nutrients in reforested ecosystems (en línea). *Microbiome* 6(1). INSS DOI: <https://doi.org/10.1186/S40168-018-0526-0>.

Johns, C. 2017. Living soils: the role of microorganisms in soil health. *Future Directions International* :1-7.

Khmelevtsova, L; Sazykin, I; Azhogina, T; Sazykina, M. 2022. Influence of Agricultural Practices on Bacterial Community of Cultivated Soils (en línea). *Agriculture* 2022, Vol. 12, Page 371 12(3):371. DOI: <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE12030371>.

Lederberg, J; Mccray, A. 2001. «Ome Sweet» Omics - A Genealogical Treasury of Words (en línea). *The Scientist* 15(7):1-3. Consultado 18 sep. 2023. Disponible en <https://lhncbc.nlm.nih.gov/LHC-publications/PDF/pub2001047.pdf>.

Manguashca, J; Contreras, C; Deler, J; Palomeque, S; Pineo, R; Saint, Y; Taylor, A. 1994. Historia y región en el Ecuador: 1830-1930 (en línea). Manguashca, J

(ed.). Quito, Ecuador, Corporación Editora Nacional, vol.30. 1-429 p. Consultado 23 sep. 2023. Disponible en [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5625054/mod_resource/content/1/Historia de ecuador LFLACSO-Maiguashca-ED-PUBCOM.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5625054/mod_resource/content/1/Historia%20de%20ecuador%20LFLACSO-Maiguashca-ED-PUBCOM.pdf).

Marchesi, J; Ravel, J. 2015. The vocabulary of microbiome research: a proposal (en línea). *Microbiome* 3(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/S40168-015-0094-5>.

Margulis, L; Fester, R. 1991. Symbiosis as a source of evolutionary innovation: speciation and morphogenesis. Cambridge, United States, MIT Press. 1-330 p.

Merchán, W; Quevedo, J; García, R; Chabla, J. 2022. Microbiota del suelo Bananero: Identificación, Selección, Propagación y Conservación de Hongos Bené (en línea). *Revista Científica Agroecosistemas* 10(1):104-114. Consultado 24 sep. 2023. Disponible en <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/524>.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2022. Boletín situacional del cultivo de banano 2022 (en línea). Quito, Ecuador, s.e. p. 1-6. Consultado 17 sep. 2023. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/bananos/boletines-situacionales-banano-ecuador>.

Ministerio de Comercio Exterior. (2017). Informe sector bananero ecuatoriano (en línea). Quito, Ecuador, s.e. Consultado 27 sep. 2023. Disponible en <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-español-04dic17.pdf>.

Paladines, A; León, A; Ramírez, D; Zapata, C. 2022. Caracterización del microbioma foliar de banano y su variación en presencia del patógeno Sigatoka Negra (*Pseudocercospora fijiensis*). *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* 14(1):1-16. DOI: <https://doi.org/10.18272/ACI.V14I1.2299>.

Paredes, E. 2021. Determinación de perfiles taxonómicos de la microbiota del suelo y de tejido vegetal de banano Gros Michel en localidades afectadas por fusariosis (en línea). Sangolquí, Ecuador, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Biotecnología. 1-128 p. Consultado 24 sep. 2023. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/25835>.

Patel, H; Kalaria, R; Vasava, D; Bhalani, H. 2022. Soil Microbiome: A Key Player

in Conservation of Soil Health Under Changing Climatic Conditions (en línea). *Biotechnological Innovations for Environmental Bioremediation* :53-82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-9001-3_3.

Ploetz, R. 2015. Fusarium wilt of banana (en línea). *Phytopathology* 105(12):1512-1521. DOI: https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-15-0101-RVW/ASSET/IMAGES/LARGE/PHYTO-04-15-0101-RVW_T2.JPEG.

Rahman, N; Hamid, N; Nadarajah, K. 2021. Effects of Abiotic Stress on Soil Microbiome (en línea). *International Journal of Molecular Sciences* 22(16):22. DOI: <https://doi.org/10.3390/IJMS22169036>.

Rogiers, T; Claesen, J; Van Gompel, A; Vanhoudt, N; Mysara, M; Williamson, A; Leys, N; Van Houdt, R; Boon, N; Mijndonckx, K. 2021. Soil microbial community structure and functionality changes in response to long-term metal and radionuclide pollution (en línea). *Environmental Microbiology* 23(3):1670-1683. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15394>.

Rosado, C; Rosa, V; Martins, B; Soares, A; Almo, A; Monteiro, E; Mulder, A; Moura, N; Daleprane, J. 2021. Green banana flour supplementation improves obesity-associated systemic inflammation and regulates gut microbiota profile in mice fed high-fat diets (en línea). *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme* 46(12):1469-1475. DOI: <https://doi.org/10.1139/APNM-2021-0288>.

Sánchez, R; Sánchez, B; Sandoval, Y; Ulloa, Á; Armendáriz, B; García, M; Macías, M. 2013. Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina (en línea). *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 16(2):132-146. Consultado 18 sep. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43228901006>.

Schlatter, D; Kahl, K; Carlson, B; Huggins, D; Paulitz, T. 2020. Soil acidification modifies soil depth-microbiome relationships in a no-till wheat cropping system (en línea). *Soil Biology and Biochemistry* 149. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2020.107939>.

Siebielec, S; Siebielec, G; Klimkiewicz, A; Gałazka, A; Grzadziel, J; Stuczynski, T. 2020. Impact of Water Stress on Microbial Community and Activity in Sandy

and Loamy Soils (en línea). *Agronomy* 2020, Vol. 10, Page 1429 10(9):1429. DOI: <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10091429>.

Simmonds, N. 1959. *Bananas (Tropical Agriculture Series)*. London, United Kingdom, Pearson Longman. 1-466 p.

_____. 1960. Notes on Banana Taxonomy. *Kew Bulletin* 14(2):212. DOI: <https://doi.org/10.2307/4114778>.

Simmonds, N; Shepherd, K. 1955. The taxonomy and origins of the cultivated bananas (en línea). *Journal of the Linnean Society of London, Botany* 55(359):302-312. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1095-8339.1955.TB00015.X>.

Smith, S; Smith, F; Jakobsen, I. 2003. Mycorrhizal Fungi Can Dominate Phosphate Supply to Plants Irrespective of Growth Responses (en línea). *Plant Physiology* 133(1):16-20. DOI: <https://doi.org/10.1104/PP.103.024380>.

Sullivan, T; Barth, V; Lewis, R. 2017. Soil acidity impacts beneficial soil microorganisms (en línea). Pullman, Washington, Washington State University Extension. p. 1-6. Consultado 22 sep. 2023. Disponible en <https://rex.libraries.wsu.edu/esploro/outputs/report/Soil-acidity-impacts-beneficial-soil-microorganisms/99900502046701842>.

Thalia, F; Cueva, C; Nicasio, J; Guerrero, Q; Miguel, R; Batista, G. 2022. Mulch Orgánico: aplicación y efecto en el cultivo de Banano (*Musa paradisiaca*, L.) (en línea). *Revista Científica Agroecosistemas* 10(3):65-71. Consultado 21 sep. 2023. Disponible en <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/563>.

Turner, T; James, E; Poole, P. 2013. The plant microbiome (en línea). *Genome Biology* 14(6):1-10. DOI: <https://doi.org/10.1186/GB-2013-14-6-209/FIGURES/1>.

Tuz, I. 2018. Manejo integrado del cultivo de banano (*musa x paradisiaca* L.) clon williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes (en línea). Machala, Ecuador, Machala : Universidad Técnica de Machala. 1-91 p. Consultado 27 sep. 2023. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13263>.

Vacher, C; Hampe, A; Porté, A; Sauer, U; Compant, S; Morris, C. 2016. The Phyllosphere: Microbial Jungle at the Plant-Climate Interface. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 47:1-24. INSS DOI:

<https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ECOLSYS-121415-032238>.

Vandenkoornhuise, P; Quaiser, A; Duhamel, M; Le Van, A; Dufresne, A. 2015. The importance of the microbiome of the plant holobiont (en línea). *The New phytologist* 206(4):1196-1206. DOI: <https://doi.org/10.1111/NPH.13312>.

Verdesoto, Á. 2018. Evaluación del efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas (pgprs) con actividad antagonista hacia el nematodo *Radopholus similis* en el cultivo de banano in vitro. (en línea). Quevedo, Ecuador, Quevedo-UTEQ. 1-75 p. Consultado 24 sep. 2023. Disponible en <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3320>.

Vokou, D; Vareli, K; Zarali, E; Karamanoli, K; Constantinidou, H; Monokrousos, N; Halley, JM; Sainis, I. 2012. Exploring Biodiversity in the Bacterial Community of the Mediterranean Phyllosphere and its Relationship with Airborne Bacteria (en línea). *Microbial Ecology* 64(3):714-724. INSS DOI: <https://doi.org/10.1007/S00248-012-0053-7/METRICS>.

Whipps, J; Lewis, K; Cooke, R. 1988. Mycoparasitism and plant disease control (en línea). Manchester, Manchester University Press. p. 161-187. Consultado 18 sep. 2023. Disponible en https://scholar.google.co.uk/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=UNMIPKwAAAAJ&citation_for_view=UNMIPKwAAAAJ:FPJr55Dyh1AC.

Whitman, W; Coleman, D; Wiebe, W. 1998. Prokaryotes: the unseen majority (en línea). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95(12):6578-6583. DOI: <https://doi.org/10.1073/PNAS.95.12.6578>.

Zhang, J; Bei, S; Li, B; Zhang, J; Christie, P; Li, X. 2019. Organic fertilizer, but not heavy liming, enhances banana biomass, increases soil organic carbon and modifies soil microbiota. *Applied Soil Ecology* 136:67-79. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2018.12.017>.

ANEXOS

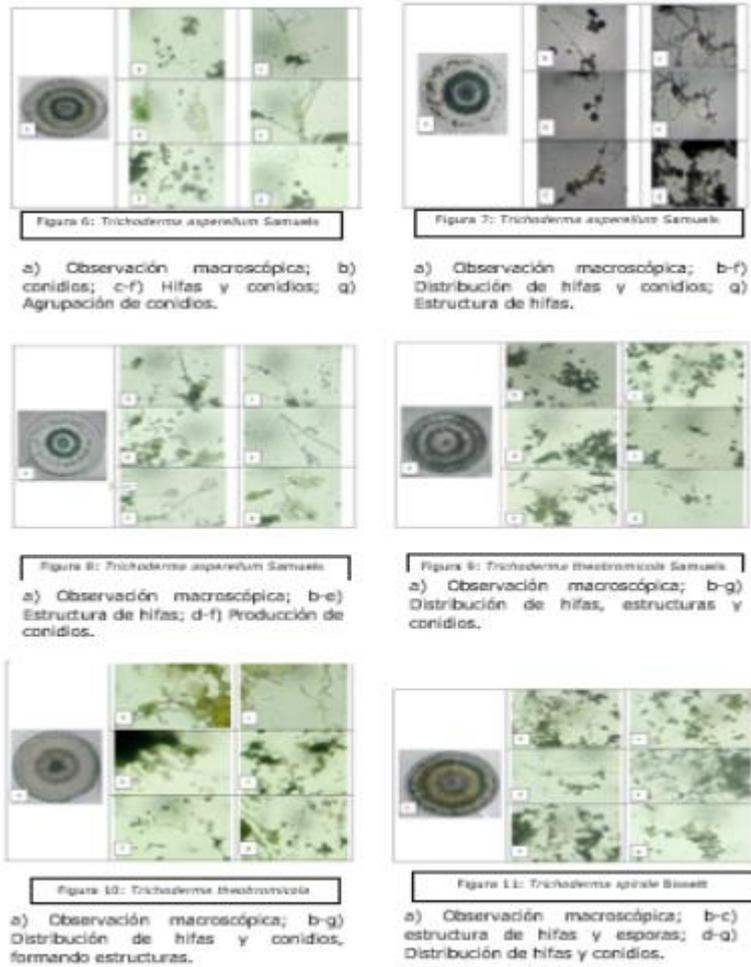


Fig 1. Estudios de microbiota bananera realizados en Ecuador.



Fig 2. Placas con actinomicetos encontrados en suelos de banano en Ecuador.

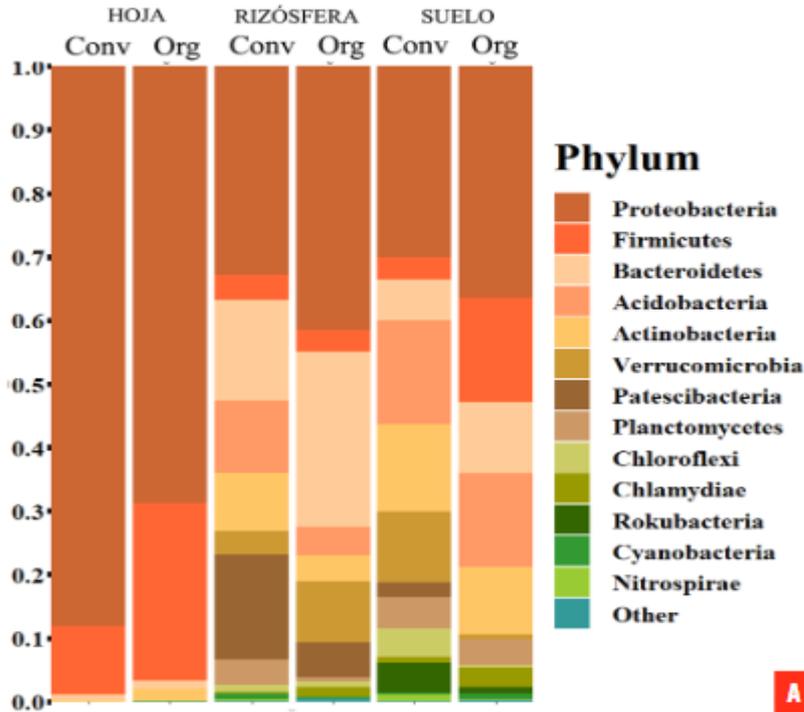


Fig 3. Mapa de microbioma de dos suelos bananeros en Ecuador.

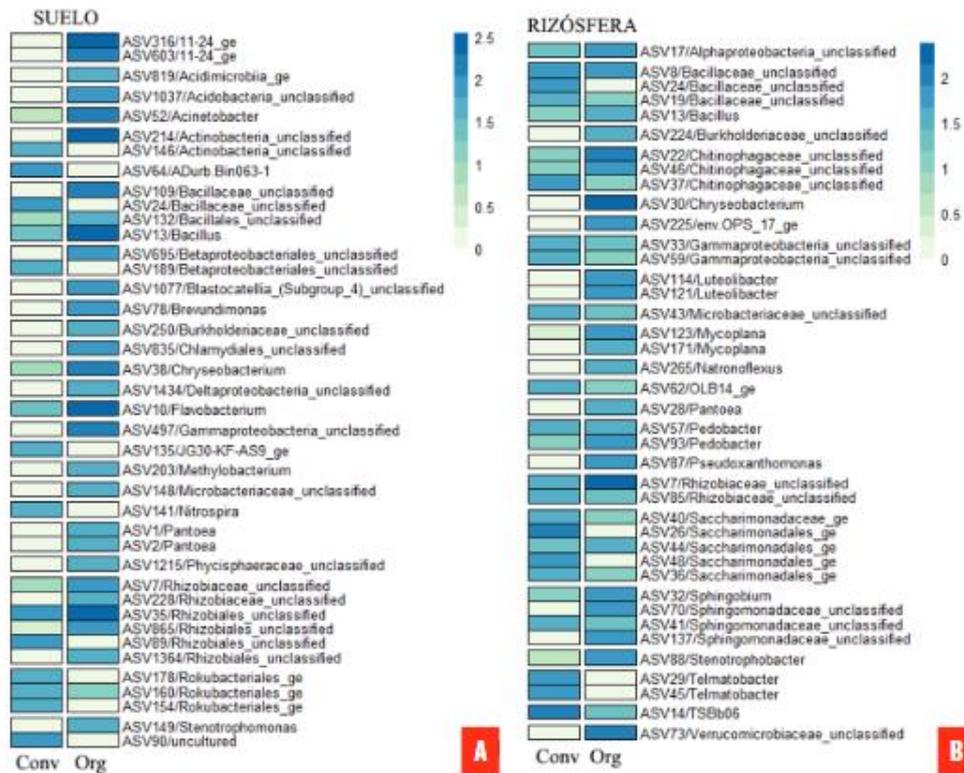


Fig 4. Especies asociadas a rizosfera y suelos en suelos bananeros en Ecuador.

Fig 5. Causas y consecuencias de la erosión del suelo

