



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 para obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

“Importancia de los microbiomas del suelo en la producción agrícola sostenible de solanáceas”

AUTORA:

Ivonne Nuria García Villacres

TUTOR:

Ing. Agr. Eduardo Neptali Colina Navarrete, Mg.Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

El suelo es el principal factor de toda actividad agrícola para una agricultura sostenible, de tal manera el microbioma del suelo tiene la finalidad de preservar los recursos naturales, mejorar la calidad ambiental con una reducción de contaminantes ambientales posibles y de esta manera maximizar la calidad agrícola. Un microbioma es una gran variedad de microorganismos formada por diversidades de miles y millones de hongos, bacterias, actinomicetos y protozoos, el microbioma del suelo hace referencia al conjunto de microorganismos que se encuentran en este ecosistema y que forman parte de procesos vitales relacionados a su ambiente como en el crecimiento de las plantas, en el ciclo del carbono y de otros nutrientes. El presente estudio tuvo como objetivo establecer la importancia de los microbiomas del suelo, en la producción agrícola sostenible de las solanáceas. De modo que para llevar a cabo la investigación se promovió a la recopilación de información procesada mediante las técnicas de análisis, síntesis y resumen de diversas fuentes bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales. La determinación de los microbiomas del suelo implica una combinación de técnicas moleculares, genéticas y microscópicas que permiten caracterizar la diversidad y la función de las comunidades microbianas. Se detectó que mediante la inoculación deliberada del microbioma del suelo en la familia *solanácea* comprende una herramienta prometedora para gestionar un agente que permite la protección del cultivo y abastecimiento de nutrientes. De tal forma se concluye que la identificación de microbiomas del suelo hoy en día es una herramienta importante para mejorar la producción de cultivos de *solanáceas* ya que permite aumentar el potencial del consorcio suelo-planta.

Palabras claves: Microorganismos, bacterias, hongos, producción.

SUMMARY

The soil is the main factor of all agricultural activity for sustainable agriculture, in this way the soil microbiome has the purpose of preserving natural resources, improving environmental quality with a reduction of possible environmental contaminants and in this way maximizing agricultural quality. Therefore, a microbiome is a great variety of microorganisms formed by diversities of thousands and millions of fungi, bacteria, actinomycetes and protozoa. The soil microbiome refers to the set of microorganisms that are found in this ecosystem and that are part of vital processes. related to their environment such as the growth of plants, the cycle of carbon and other nutrients. The objective of this study was to establish the Importance of soil microbiomes in the sustainable agricultural production of *Solanaceae*. So, to carry out the research, the exhaustive compilation of information processed through analysis, synthesis, and summary techniques of various bibliographic sources available on different digital platforms was promoted. The determination of soil microbiomes involves a combination of molecular, genetic, and microscopic techniques that allow the diversity and function of microbial communities to be characterized. It was detected that through the deliberate inoculation of the soil microbiome in the *Solanaceae* family it comprises a promising tool to manage an agent that allows crop protection and nutrient supply. In this way, it is concluded that the identification of soil microbiomes today is an important tool to improve the production of solanaceous crops since it allows increasing the potential of the soil-plant consortium.

Keywords: Microorganisms, bacteria, fungus, production.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	II
SUMMARY.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VI
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.....	5
1.5. Líneas de investigación.....	5
2. DESARROLLO	6
2.1. Marco Conceptual	6
2.1.1. Que son los Microbiomas	6
2.1.2. Beneficios de los microbiomas en los suelos.....	7
2.1.3. Identificación de microbiomas.	9
2.1.4. Identificación de microbiomas en solanáceas en Ecuador.....	11
2.1.1. Manejo de microbiomas en solanáceas en producción sostenible	12
2.1. Marco Metodológico.....	13
2.2. Resultados	14
2.3. Discusión de resultados	15
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
3.1. CONCLUSIONES	17

3.1. RECOMENDACIONES	17
4. REFERENCIAS	19
ANEXOS.....	25
Figura 1. <i>Azospirillum</i> , bacteria benéfica para el tomate.	25
Figura 2. Evaluación de biochar en cultivos de tomate.....	25
Figura 3. Vista microscópica de <i>Azospirillum brasilense</i>	26
Figura 4. Hongos micorrizicos	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. <i>Azospirillum</i> , bacteria benéfica para el tomate.....	25
Figura 2. Evaluación de biochar en cultivos de tomate	25
Figura 3. Vista microscópica de <i>Azospirillum brasilense</i>	26
Figura 4. Hongos micorrizicos	26

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

El suelo es la base fundamental de toda actividad agrícola para una agricultura sostenible, La sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola es un conjunto de estrategias ecológicas renovadas con el fin de preservar los recursos naturales, mejorar la calidad ambiental con una reducción de contaminantes ambientales posibles y de esta manera maximizar la calidad agrícola.

Un microbioma es una gran variedad de microorganismos formada por una mezcla microscópica de miles y millones de hongos, bacterias, actinomicetos y protozoos los cuales cumplen un rol fundamental en los procesos biogeoquímicos de la materia siendo los responsables de toda la degradación de la materia orgánica muerta (Rodríguez 2002).

La variabilidad del microbioma del suelo es un indicador biológico fundamental para evaluar la salud de este, constituyendo una comunidad de microorganismos como hongos, bacterias, actinomicetos y protozoos que se encargan de colonizar el suelo, interactuar con las plantas y ejercer influencia en su crecimiento. En resumen, el microbioma representa la vida presente bajo la superficie terrestre, desempeñando un papel crucial en el rendimiento de los cultivos y en su estado de salud, lo que a su vez potencia su capacidad agrícola.

El microbioma del suelo se modifica por factores ambientales como el pH, la calidad y cantidad de carbono orgánico, la humedad, la disponibilidad de nitrógeno y fósforo, la textura del suelo, la temperatura, las especies, diversidad de plantas Por la

diversidad de cultivos y la Intensificación de las rotaciones, aumentando la diversidad de estos, mejorando la estructura física del suelo (Wall 2021).

El desarrollo sostenible de las solanáceas busca armonizar el crecimiento del sector agrícola con las capacidades del entorno ecológico del planeta, manteniendo un enfoque en la promoción de la equidad. Este enfoque alternativo implica la búsqueda de la máxima rentabilidad económica en la producción agrícola, lo cual debe ser considerado por las autoridades para asegurar tanto una producción agrícola y ganadera racional, como una distribución justa de los ingresos, teniendo en cuenta que el suelo es el pilar fundamental de toda actividad (Cadenas 2003).

1.2. Planteamiento del problema

En Ecuador, la producción agrícola tiene un gran impacto en el desarrollo de la productividad y la sostenibilidad, lo que desafía a los agricultores a producir más alimentos, preservar el medio ambiente y la salud de los seres vivos. Los países desarrollados y en desarrollo deben introducir nuevas alternativas productivas que mejoren la calidad de los alimentos y al mismo tiempo salven el medio ambiente (Hidalgo 2017).

Las prácticas agrícolas pueden generar efectos adversos en el medio ambiente, con repercusiones tanto dentro como fuera de los terrenos agrícolas. La complejidad de los elementos que influyen en la sostenibilidad agrícola demanda un enfoque de sistemas que sea integral, participativo y global. Para llevar a cabo una agricultura sostenible, es necesario considerar las condiciones ambientales, sociales y económicas en las que se desarrolla la actividad agrícola (Leiva 1998).

La preservación de la salud del suelo es crucial para mantener niveles óptimos de productividad agrícola. Sin embargo, las estrategias destinadas a esta conservación abarcan una amplia gama de prácticas, algunas de las cuales no son muy difundidas, posiblemente debido a la falta de conocimiento al respecto. Estas estrategias, aunque muy variadas, se encuentran documentadas de manera dispersa en la literatura científica (Acosta 2022).

Las prácticas agrícolas han tenido un impacto negativo en la diversidad de los ecosistemas, y por esta razón, se están planteando alternativas de desarrollo sustentable en el ámbito agrícola que se basen en los pilares económicos, ecológicos y sociales. Estas opciones comprenden la introducción de métodos de manejo alternativos, con la finalidad de obtener cosechas sostenibles mediante el aumento de la materia orgánica en el suelo (MOS) y la mejora de sus propiedades físicas y químicas. En tiempos recientes, se han adoptado enfoques de manejo alternativo, para lograr producciones sostenibles mediante el aumento de (MOS) (Hasang *et al.* 2021).

Los suelos albergan una amplia diversidad de microorganismos, muchos de los cuales desempeñan funciones beneficiosas para los cultivos. Dentro de esta comunidad microscópica, los hongos juegan un papel destacado al colonizar las raíces de las plantas y establecer relaciones simbióticas con ellas (Moscoso 2022).

1.3. Justificación

El presente caso de estudio se realiza debido al gran impacto que tiene la agricultura sostenible de las solanáceas en diferentes ámbitos económicos y sociales, dada la necesidad de incrementar la producción para un desarrollo económico dentro de la producción agrícola en el Ecuador siendo la agricultura la base fundamental. Si

optamos por metodologías que englobe los diferentes microbiomas de suelos reducirá el impacto ambiental y los costes asociados al consumo de recurso.

La preservación de un ecosistema diverso es esencial debido a su mayor capacidad de recuperación. En este contexto, es fundamental promover el desarrollo del microbiota del suelo, ya que este suelo actúa como el principal medio de interacción entre las plantas y otros organismos. La composición y diversidad del microbioma del suelo están influenciadas por varios factores, como el pH del suelo, su textura y estructura, así como la concentración de carbono presente. Estos factores desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de la salud del suelo y en el adecuado crecimiento de los cultivos.

Además, la fertilidad del suelo está estrechamente ligada a los microorganismos. La práctica de monocultivo, que implica el cultivo continuo de una misma especie de planta en un área determinada, ya es perjudicial para el suelo debido a la extracción constante de los mismos nutrientes en las mismas proporciones. Además, esta práctica puede llevar a una disminución adicional de la fertilidad del suelo debido a la pérdida de microorganismos beneficiosos. Esta combinación de factores puede resultar en una reducción significativa de los rendimientos a largo plazo en la agricultura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Establecer la Importancia de los microbiomas del suelo, en la producción agrícola sostenible de las solanáceas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los diferentes microbiomas del suelo presentes en las solanáceas.
- Definir los beneficios de los microbiomas del suelo en la producción agrícola sostenible de las solanáceas.

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. Que son los Microbiomas

El microbioma se considera un campo de investigación en crecimiento. El microbioma es una comunidad de microorganismos asociados con huéspedes como plantas, animales y humanos que tienen una relación simbiótica. Particularmente en las plantas, se ha demostrado que el microbioma asociado influye en la salud, la fisiología, la absorción de nutrientes y los mecanismos de defensa de las plantas. Asimismo, las plantas juegan un papel importante en la construcción de estas comunidades microbianas, las cuales han cobrado importancia por su capacidad para ayudar al suelo y a las plantas a resistir posibles perturbaciones (Barón 2021).

La descripción de los microbiomas es de amplia la complejidad del suelo y la complejidad de las plantas que crecen en él. Con respecto al suelo, los integrantes del microbioma lo habitan miles de millones de individuos por gramo de suelo: Se estima que en 1 gramo de suelo viven 10 mil millones de procariotas (organismos unicelulares compuestos por células sin núcleo), incluidas bacterias y arqueas, que son los organismos más pequeños conocidos (Wall 2019).

Un factor importante que sustenta la investigación del microbioma y su potencial para aplicaciones agrícolas es la disponibilidad de nuevas herramientas, como la secuenciación de ADN a gran escala. Estas técnicas permiten realizar estudios de cultivo independientes de comunidades establecidas en diferentes tejidos de manera eficiente y económicamente viable. También se pueden utilizar para determinar qué microorganismos están presentes en los tejidos vegetales, cuáles son sus posibles

funciones y cómo expresan estas funciones en diferentes condiciones ambientales, grupo y meta transcriptoma (Caro *et al.* 2021).

La diversidad y la composición de los microbiomas pueden variar significativamente de un entorno a otro (Velásquez 2022). En cuanto a la división de los microbiomas, se pueden clasificar en dos categorías principales: los microbiomas ambientales y los microbiomas humanos. Los microbiomas ambientales se encuentran en la naturaleza y pueden incluir microbiomas terrestres, acuáticos y atmosféricos. Estos desempeñan un papel clave en la descomposición de materia orgánica, la ciclación de nutrientes y la purificación del agua y el aire (Azaroual *et al.* 2022).

La comprensión de los microbiomas es esencial para abordar una variedad de cuestiones en campos como la medicina, la ecología y la agricultura. La investigación continua sobre la diversidad y la función de estos ecosistemas microbianos está arrojando luz sobre su importancia y su impacto en la salud humana y el medio ambiente, lo que podría llevar a avances significativos en la gestión y el tratamiento de enfermedades, así como en la sostenibilidad de nuestros ecosistemas naturales (Beattie *et al.* 2018).

2.1.2. Beneficios de los microbiomas en los suelos

Los microbiomas desempeñan un papel crucial en la defensa natural de las plantas contra enfermedades causadas por fitopatógenos, por ende, se enfocan en proporcionar los nutrientes esenciales para el crecimiento y una producción agrícola óptima de los cultivos. También constituyen una fuente significativa de agentes para el control biológico. Estos microorganismos generan una amplia gama de compuestos con propiedades antimicrobianas e insecticidas, lo que mejora la competitividad de las plantas y contribuye a la salud de las personas (Londoño 2015).

El microbioma del suelo se refiere al grupo de microorganismos que se encuentran en este ecosistema y que forman parte de procesos importantes relacionados con su entorno, como el crecimiento de las plantas, el ciclo del carbono y otros nutrientes. Estos procesos se ven afectados por las actividades humanas, el cambio climático y las precipitaciones (Arévalo 2021). Sin embargo, entre los muchos microorganismos que viven en la rizosfera se encuentran los géneros *Endomicorrizas*, *Rhizobium spp* y *Trichoderma spp*, que desempeñan un papel clave en el suelo (Avilés 2022).

El microbioma en el suelo es muy importante porque los procesos que ocurren en el suelo incluyen: descomposición de la materia orgánica, mineralización, formación y estabilización de agregados del suelo, ataque a rocas y minerales, ciclos biogeoquímicos, los cuales son altamente dependientes del grupo de microorganismos del suelo. Por tanto, en varios reportes se consideran que el microbiota del suelo es un factor indispensable en la fertilización de los suelos y los requerimientos nutricionales de las plantas (Quintero 2021).

Los microorganismos del suelo, como las bacterias y los hongos, contribuyen activamente a la descomposición de hojas caídas, madera muerta y otros residuos orgánicos, liberando nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el carbono en formas disponibles para las plantas. Además, los microbiomas del suelo participan en la formación de agregados del suelo, que mejoran la capacidad de retención de agua y la aireación, lo que es crucial para el crecimiento saludable de las plantas (Huang *et al.* 2021).

Estos microorganismos desenvuelven un papel benéfico en la nutrición de las plantas, los microbiomas del suelo también desempeñan un papel importante en la protección contra patógenos y en la promoción de la resistencia de las plantas a enfermedades. Algunos microorganismos del suelo actúan como biopesticidas naturales, controlando las poblaciones de organismos dañinos para las plantas. En resumen, los microbiomas del suelo son esenciales para mantener la fertilidad del suelo, mejorar la producción agrícola sostenible y preservar la biodiversidad de los ecosistemas terrestres, lo que los convierte en un componente crucial de la salud ambiental y la seguridad alimentaria a nivel global (Rosado 2022).

2.1.3. Identificación de microbiomas.

La identificación del microbioma de muestras biológicas comienza con la extracción del ADN, la amplificación y la secuenciación de los genes que codifican la subunidad 16S (ARNr) presente en los procariotas. Esta subunidad es un objetivo versátil para la identificación bacteriana, ya que a veces ayuda en la caracterización taxonómica de campos a especies. Para los hongos se utiliza la subunidad 18S (ARNr), aunque en ocasiones no proporciona una buena discriminación taxonómica (Chanco 2020).

Por otra parte, los microbiomas del suelo al ser analizados constituyen un proceso esencial para comprender su composición y función en un ecosistema particular. Se utilizan diversas técnicas y enfoques para llevar a cabo esta tarea. Uno de los métodos más comunes es la secuenciación de ADN, que permite analizar el material genético de los microorganismos presentes en una muestra de suelo. Mediante la amplificación de regiones específicas del ADN, como el gen 16S rRNA para las bacterias, o el gen ITS (espaciador transcrito interno) para los hongos, se pueden identificar las especies microbianas y estimar su abundancia relativa en la muestra. La secuenciación de ADN proporciona una visión global de la diversidad

microbiana, aunque no siempre permite identificar a nivel de especie (Gikas *et al.* 2022).

Los géneros de HMA (hongos micorrízicos arbusculares) reportados en las cinco zonas en mayor presencia fueron *Glomus* (250 fincas) y *Acaulospora* (189 fincas). El estudio también demuestra que *Gigaspora* se reportó en 4 cantones (menos Baba) en 110 fincas. Además, existe a presencia de *Rhizophagus* (menos Baba y Puebloviejo) en 23 fincas y *Scutellospora* (menos Baba y Puebloviejo) en 19 fincas. El análisis molecular realizado en las esporas de los sectores, muestran la presencia de al menos dos especies del género *Glomus*, estas son *G. aggregatum* y *G. intraradices*; y una especie del género *Gigaspora margarita* (Colina *et al.* 2022).

Además de la secuenciación de ADN, otras técnicas como la microscopía electrónica y la tinción de células microbianas también se utilizan para observar directamente la morfología y la estructura de los microorganismos en el suelo. Estos métodos pueden ser útiles para identificar microorganismos específicos o para evaluar su actividad en condiciones específicas. Asimismo, la biología molecular y la metagenómica proporcionan información sobre las funciones metabólicas de los microbiomas del suelo al analizar los genes y las vías metabólicas presentes en la comunidad microbiana (Jayaraman *et al.* 2021).

La determinación de los microbiomas del suelo implica una combinación de técnicas moleculares, genéticas y microscópicas que permiten caracterizar la diversidad y la función de las comunidades microbianas en este ambiente crucial. Estos enfoques brindan información valiosa para comprender cómo los microbiomas del suelo afectan la salud de los ecosistemas y su relevancia en la agricultura y la conservación del suelo (Khakimov *et al.* 2020).

Los hallazgos indican una restricción en la diversidad de géneros, siendo estos principalmente *Glomus* (100%), seguido de *Acaulospora* (75%) y *Gigaspora* (45%) (Colina et al., 2022). Los hallazgos evidencian una escasa variedad de especies de micorrizas registradas en las cinco áreas investigadas en la provincia de Los Ríos. Además, las poblaciones identificadas exhiben una capacidad de regeneración de hongos y producción de esporas notablemente reducida. Este fenómeno se atribuye, en gran medida, a la constante carga laboral y a la aplicación recurrente de agroquímicos en los cultivos (Colina et al. 2021).

2.1.4. Identificación de microbiomas en solanáceas en Ecuador.

La identificación de microbiomas en plantas de la familia (*Solanaceae*) en Ecuador es un campo de investigación en crecimiento, debido a la importancia económica y agrícola de estas plantas en la región. Para llevar a cabo este tipo de estudios, los investigadores emplean una variedad de técnicas moleculares y de secuenciación de ADN. Por ejemplo, se pueden utilizar análisis de metagenómica, que implican la extracción de ADN de las raíces, tallos, hojas y suelo circundante de las plantas solanáceas. Esto permite identificar no solo bacterias y hongos beneficiosos sino también patógenos que pueden afectar la salud de las solanáceas (Burton et al. 2020).

A partir de las muestras de suelo recolectadas previas al proceso de preparación, se llevó a cabo la identificación morfológica de las poblaciones de hongos micorrízicos. Se identificaron los géneros *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora rosea* y *Acaulospora* spp. Posteriormente, al concluir el ciclo de cosecha, se recolectaron nuevas muestras de diferentes lotes, revelando la presencia de los siguientes géneros: *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora rosea*, *Acaulospora* spp, *Scutellospora* spp. y *Rhizopogon* spp. (Colina et al. 2020).

Además, la tecnología de secuenciación de nueva generación (NGS) ha revolucionado la identificación de microbiomas en las plantas solanáceas en Ecuador. Estos estudios NGS permiten una visión más detallada de la comunidad microbiana, identificando no solo a nivel de especie, sino incluso a nivel de cepa. Esto es fundamental para comprender las interacciones específicas entre las plantas y sus microorganismos asociados. La identificación de microbiomas en solanáceas no solo es relevante para la agricultura y la producción de alimentos, sino que también puede tener implicaciones en la conservación de la biodiversidad de estas plantas en un contexto ecológico y de sostenibilidad (Obando 2020).

2.1.1. Manejo de microbiomas en solanáceas en producción sostenible

El manejo de microbiomas desempeña un papel fundamental en la promoción de la producción sostenible de estos cultivos en Ecuador y en todo el mundo. Una de las estrategias clave es fomentar la diversidad y la salud de los microbiomas del suelo mediante prácticas agrícolas sostenibles. Esto incluye la rotación de cultivos, la incorporación de materia orgánica en el suelo y la reducción del uso de pesticidas químicos, lo que permite que las comunidades microbianas beneficiosas prosperen y contribuyan a la nutrición y la resistencia de las plantas (Pascale *et al.* 2019).

La inoculación deliberada de solanáceas con microorganismos benéficos es otra técnica prometedora en la gestión de microbiomas. Los biofertilizantes y biocontroladores basados en microorganismos beneficiosos pueden mejorar la absorción de nutrientes y proteger las plantas de enfermedades. Esto reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos y pesticidas, lo que es beneficioso tanto para la sostenibilidad ambiental como para la rentabilidad económica de los agricultores (Prodan *et al.* 2020).

La comprensión y el manejo específico de los microbiomas de solanáceas también pueden ser adaptados a las condiciones locales en Ecuador, teniendo en cuenta las particularidades del suelo y del clima en diferentes regiones del país. Esto implica una colaboración cercana entre investigadores, agricultores y las comunidades locales para desarrollar estrategias de manejo que sean efectivas y adecuadas para la producción sostenible de solanáceas en esta región. En última instancia, la gestión adecuada de los microbiomas en solanáceas es esencial para promover la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola en Ecuador (STPE 2019).

Los numerosos microorganismos que forman parte del ciclo del microbioma del suelo y los compuestos que secretan desempeñan un papel clave en la estimulación del crecimiento de las plantas y la regulación de sus respuestas a diferentes tipos de estrés. Este grupo de microorganismos está clasificado como PGPM (Plant Growth Promotor Microorganisms) y aplicados a diferentes cultivos constituyen una alternativa sostenible a la biofertilización vegetal. Entre los mecanismos directos, los más destacados son la fijación biológica de nitrógeno, producción de fitohormonas, disolución de fosfatos, disolución de macronutrientes y producción de sideróforos (Trincherio y Groppa 2023).

2.1. Marco Metodológico

El presente documento de investigación, presentado como componente práctico, se llevó a cabo mediante la recopilación exhaustiva de información. Esto implicó una minuciosa investigación en diversas páginas web de acceso público, así como la revisión de artículos científicos, tesis de grado y diversas fuentes bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales.

Es importante destacar que toda la información recopilada será procesada mediante las técnicas de análisis, síntesis y resumen. Esto se llevará a cabo con el único propósito de presentar la información relevante y específica en relación con este proyecto.

2.2. Resultados

Los estudios sobre microbiomas en solanáceas en Ecuador han podido identificar una amplia gama de microorganismos asociados en la rizosfera, incluyendo bacterias, actinomicetos y hongos. Estas mismas investigaciones demuestran la gran variedad de funciones beneficiosas, como la mejora de la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés.

A través de la investigación realizada se evidencia que los microbiomas en el suelo se destacan por establecer un sistema de defensa natural o biológico en función de contrarrestar infestaciones de enfermedades fitopatógenas en los cultivos de solanáceas.

Además, frente a los hallazgos de diferentes estudios se manifiesta que los microbiomas en el suelo han sido de gran aporte en los cultivos de solanáceas ya que establece la interacción de diferentes mecanismos como la fijación biológica de nitrógeno, producción de fitohormonas, disolución de fosfatos, disolución de macronutrientes y producción de sideróforos en la interacción planta-suelo.

La evidencia muestra que los estudios realizados en solanáceas en Ecuador principalmente se centran en provincias productoras de naranjilla, papa y tomate de árbol, no es evidenciable trabajos en otras zonas del callejón interandino o en otras especies de esta familia. A nivel de las regiones oriente y costa, no se reportan estudios completos de microbiomas, sino mas bien estudios enfocados en micorrizas, actinomicetos y hongos, muchos menos en solanáceas.

Mediante el estudio empleado se pudo determinar que existe poca información de estudios empleados en los microbiomas del suelo relacionadas a las especies de micorrizas en el Ecuador principalmente en la provincia de Los Ríos, dado que los resultados existentes corroboran que las poblaciones que se han identificado hasta la actualidad son notablemente reducidas.

Cabe indicar que la importancia del estudio de microbiomas en solanáceas debe realizarse desde una perspectiva mas compleja, es decir, no solo recurrir a una identificación morfológica, sino utilizar herramientas biotecnológicas a partir de uso de secuenciadores moleculares. Esta apreciación es repetible en todas las especies vegetales conocidas, esto con el fin de estudiar la diversidad y principalmente a las funciones que estos cumplen en las plantas.

Entre los microorganismos de mayor importancia de las poblaciones de hongos micorrízicos. Se identificaron los géneros *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora rosea* y *Acaulospora* spp. principalmente *Glomus* (100%), seguido de *Acaulospora* (75%) y *Gigaspora* (45%).

2.3. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con las investigaciones previas sobre microbiomas en solanáceas en Ecuador, respaldando la amplia diversidad de microorganismos presentes en la rizosfera. Estos hallazgos están alineados con los trabajos de Burton *et al.* (2020) y Obando (2020), quienes también destacaron la importancia de identificar tanto microorganismos beneficiosos como patógenos en las plantas solanáceas. La presencia de esta variada comunidad microbiana sugiere que existe un potencial significativo para mejorar la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés en estos cultivos, lo cual es esencial para la producción agrícola sostenible.

La observación de que los microbiomas del suelo actúan como un sistema de defensa natural contra enfermedades fitopatógenas coincide con los hallazgos de Londoño (2015), quien destacó el papel crucial de los microbiomas en la protección de las plantas contra patógenos. Esta defensa biológica es una estrategia valiosa para reducir la dependencia de pesticidas químicos, promoviendo así prácticas agrícolas más sostenibles.

En cuanto a la limitada información sobre especies de micorrizas en Ecuador, especialmente en la provincia de Los Ríos, este hallazgo refleja la necesidad de una mayor investigación, corroborando lo señalado por Colina *et al.* (2022) quienes indican que la escasa diversidad de géneros identificados resalta la importancia de profundizar en el estudio de estas comunidades microbianas en la región, para comprender mejor su impacto en la salud y el crecimiento de las plantas. El análisis de los resultados subraya la importancia innegable de los microbiomas del suelo en el éxito de los cultivos de solanáceas, respaldando investigaciones anteriores como las de Pascale *et al.* (2019) y Prodan *et al.* (2020).

La presencia de estos microorganismos beneficiosos y sus mecanismos, como la fijación biológica de nitrógeno y la producción de fitohormonas, desempeña un papel crucial en el fomento de un crecimiento y desarrollo saludable de las plantas. Por lo tanto, la gestión adecuada de los microbiomas mediante prácticas agrícolas sostenibles se convierte en un pilar esencial para garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola en Ecuador, en conformidad con lo descrito por STPE (2019).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

En relación con la información anteriormente expuesta se concluye lo siguiente:

- Los microbiomas de suelos juegan un rol muy importante en el desarrollo de los agroecosistemas, su diversidad es fundamental en los procesos biogeoquímicos que allí se fundamentan.
- La identificación de microbiomas del suelo hoy en día es una herramienta importante para mejorar la producción de cultivos de *solanáceas* ya que permite aumentar el potencial del consorcio suelo-planta para reducir los diversos factores que afectan la producción agrícola.
- El empleo de técnicas moleculares para la identificación de microbiomas en *solanáceas* debe ser, por acción el sistema de trabajo empleado por los investigadores.
- Los beneficios de los microbiomas se fundamentan en la defensa natural de los cultivos de *solanáceas* debido a la presencia de microorganismos, hongos o bacterias benéficas, constituyendo una fuente importante de agentes de control biológico como también el aprovechamiento de nutrientes que colaboran en la lucha contra patógenos y plagas, promoviendo de esta manera la salud de los cultivos y la sostenibilidad de la agricultura.
- Los principales microbiomas identificados son los géneros *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora rosea* y *Acaulospora* spp

3.1. RECOMENDACIONES

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

- Establecer investigaciones que proporcionen resultados mediante la inoculación de agentes microbianos, hongos o bacterias benéficos del suelo acorde minimizar las diversas problemáticas por fitopatógenos causantes de enfermedades en solanáceas.
- Impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías para estudiar los microbiomas del suelo puesto que es la base de contribuir a una sostenibilidad inteligente en la agricultura - planta – independencia.

4. REFERENCIAS

- Acosta, N; Ari, V. 2022. Estrategias para la conservación de la salud del suelo: una revisión sistemática. Tesis. Ing. Ambiental, Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/102623>
- Azaroual S. E; Kasmi Y; Aasfar A; El Arroussi H; Zeroual Y; El Kadiri Y; Zrhidri A; Elfahime E; Sefiani A; Meftah, I. 2022. Investigation of bacterial diversity using 16S rRNA sequencing and prediction of its functionalities in Moroccan phosphate mine ecosystem. Scientific reports, 12(1):1-16. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41598-022-07765-5>
- Arévalo, J. 2021. Exploración e identificación del microbioma de la rizosfera del genus Inga en la Amazonía Ecuatoriana (en línea). Tesis Máster en Microbiología. Quito, Ecuador, Universidad San Francisco De Quito. Consultado 25 sep. 2023. Disponible en <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10868/4/209641.PDF>.
- Aviles, G. 2022. Importancia de los microorganismos en suelos cultivados con palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq*) en el Ecuador. Tesis. Ing. Agr. Babahoyo, Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13240/E-UTB-FACIAG-AGROP-000001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Baron, V. 2021. Comunidades sintéticas microbianas, una alternativa prometedora para la agricultura (en línea). Tesis. Ing. Microbióloga. Santiago de Chile, Chile, Universidad De Los Andes. Disponible en

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/51324/23519.pdf?sequence=1#page11>.

Beattie R. E; Henke W; Campa M. F; Hazen T. C; McAliley L. R; & Campbell J. H. 2018. Variation in microbial community structure correlates with heavy-metal contamination in soils decades after mining ceased. *Soil Biology and Biochemistry*, 126, 57-63. Disponible en http://hazenlab.utk.edu/files/pdf/2018Beattie_etal_SBB.pdf

Burton M; Ibarra, L; Ibarra, E; Lamelas, A. 2020. El potencial del microbioma en la biotecnología. Instituto de Ecología, A.C INECOL. Disponible en <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-1/quienes-somos>

Colina, E; Vera, M; Olvera, O; López, M. 2022. Caracterización morfológica de micorrizas asociadas a sistema agroforestales cacaoteros en Los Ríos. En memorias II Congreso Internacional de Investigación, Innovación y Gestión del Conocimiento. Babahoyo, Ecuador. pp 49-51. ISBN:978-9942-606-10-5

Colina, E; Vera, M; Olvera, O; López, M. 2022. Identificación de micorrizas asociadas a suelos de sistemas de asociación agroforestal en el subtrópico de la provincia de los ríos. En memorias XIV Congreso Latinoamericano de agronomía. Guayaquil, Ecuador. pp 22. ISBN: 978-9942-844-72-9

Colina, E; Vera, M; Olvera, O; Cabrera, R. 2022. Caracterización morfológica de hongos micorrízicos arbúsculares en fincas de la provincia de Los Ríos. En memorias I Congreso Internacional de Agronomía. Portoviejo, Ecuador. pp 241. ISBN: 978-9942-948-62-5

Colina, E; Paredes, E; Vera, M; Gutiérrez, X. 2020. Efecto de fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) sobre poblaciones de hongos micorrízicos, en Babahoyo. Journal of Science and Research, 5(CININGEC2020):135-155. ISSN: 2528-8083

Caro, A; González, C; Balbín, A; Berg, G; Smalla, K; Wisniewski, M; Cotes, A. 2021. Estudios del microbioma y su aplicación en el control biológico de fitopatógenos (en línea). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) 1(2):1-19. Disponible en <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/21/13/164-1?inline=1>.

Chanco, P. 2020. De Vuelta a las Raíces: Descifrando la diversidad taxonómica y funcional del microbioma de la raíz del tomate nativo y moderno de los Andes ecuatorianos (en línea). Tesis. Ing. Procesos Biotecnológicos. Quito, Ecuador, Universidad San Francisco de Quito. Disponible en <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8750/1/146087.pdf>.

Gikas, G; Parlakidis, P; Mavropoulos, T; Vryzas, Z. 2022. Particularities of fungicides and factors affecting their fate and removal efficacy: A review. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su14074056>

Hasang, E; García, S; Carrillo, M; Durango, W; Cobos, F. 2021. Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. Journal of the Selva Andina Biosphere, 8(2):26-40. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-

Moscoso, J. 2022. Uso de micorrizas en el cultivo de sandía *Citrullus lanatus*. Tesis. Ing. Agr. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13151/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000427.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Obando E. 2020. Exploration of beneficial microorganisms associated with seeds and roots of tomatoes in native soils of Ecuador. Trabajo de fin de carrera. Mayo 2020. Universidad San Francisco de Quito. Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8754>

Pascale A; Proietti S; Pantelides I. & Stringlis I. 2019. Modulation of the Root Microbiome by Plant Molecules: The Basis for Targeted Disease Suppression and Plant Growth Promotion. *Frontiers in Plant Science*. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01741>

Prodan A; Tremaroli, V; Brolin H; Zwinderman A; Nieuwdorp M. & Levin E. 2020. Comparing bioinformatic pipelines for microbial 16S rRNA amplicon sequencing. *PLOS ONE*. 15(1). Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227434>

Quintero, B. 2021. Estudio de la microbiota fúngica asociada a suelos de bosques nativos y plantaciones forestales usando técnicas independientes de cultivo en la provincia de Chimborazo. Tesis Ingeniería Forestal. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15939>

Rodríguez, V. 2002. Efecto antagónico y biocontrolador de algunos microorganismos saprofitos contra *Rhizoctonia solani* un fitopatógeno causante del (damping

off) en plantas de tomate. Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Disponible en://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/salud/rodriguez_lv/t_completo.pdf

Rosado Porto D. J. 2022. Effect of elevated atmospheric carbon dioxide concentrations on soil microbial processes and the soil microbiome <https://jlupub.ub.uni-giessen.de/handle/jlupub/7009>

Secretaría Técnica Planifica Ecuador (STPE). 2019. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Calacalí. Sistema Nacional de Información. Disponible en http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1768117730001_DIAGNOSTICO%20PDOT%20CALACALI%202015-2019_30-10-2015_23-39-24.pdf

Trincheró, J; Groppa, M. 2023. Bioinsumos y sus aplicaciones en cultivos de cannabis (en línea). Revista Eleusis 1(1):1-20. Consultado 25 sep. 2023. Disponible en <http://revistaeleusis.web.unq.edu.ar/wpcontent/uploads/sites/211/2023/07/trincheró.pdf>.

Velasquez L. 2022. Bioremediation Potential of Native *Bacillus* sp. Strains as a Sustainable Strategy for Cadmium Accumulation of Theobroma cacao in Amazonas Region. Microorganisms, 10(11), 2108. Disponible en <https://www.mdpi.com/2076-2607/10/11/2108>

Wall, L. 2019. La ecología microbiana y la agricultura (en línea). Producciones Gráficas S.A. 2(2):1-9. Consultado 25 sep. 2023. Disponible en <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/135423>

ANEXOS



Figura 1. *Azospirillum*, bacteria benéfica para el tomate.

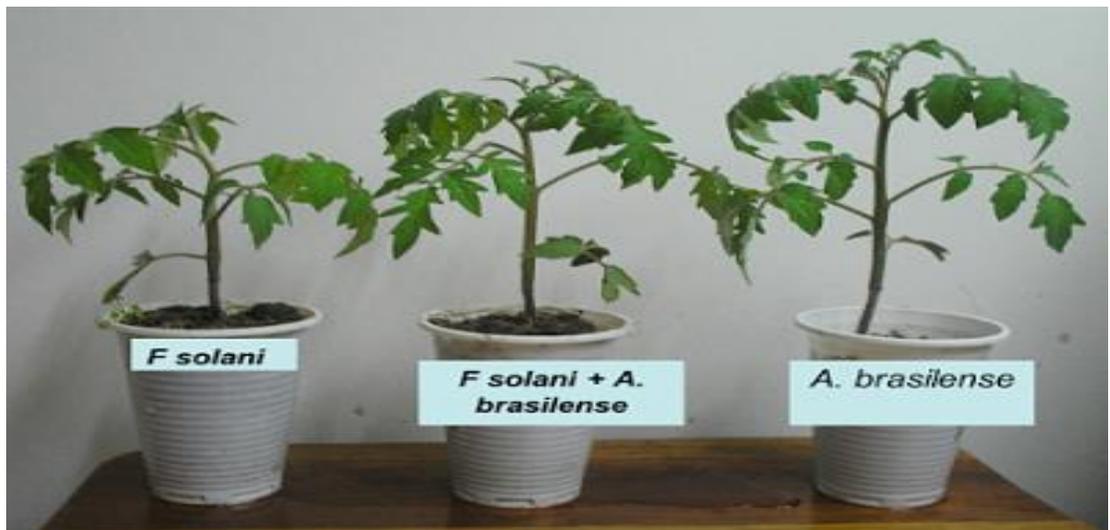


Figura 2. Evaluación de biochar en cultivos de tomate

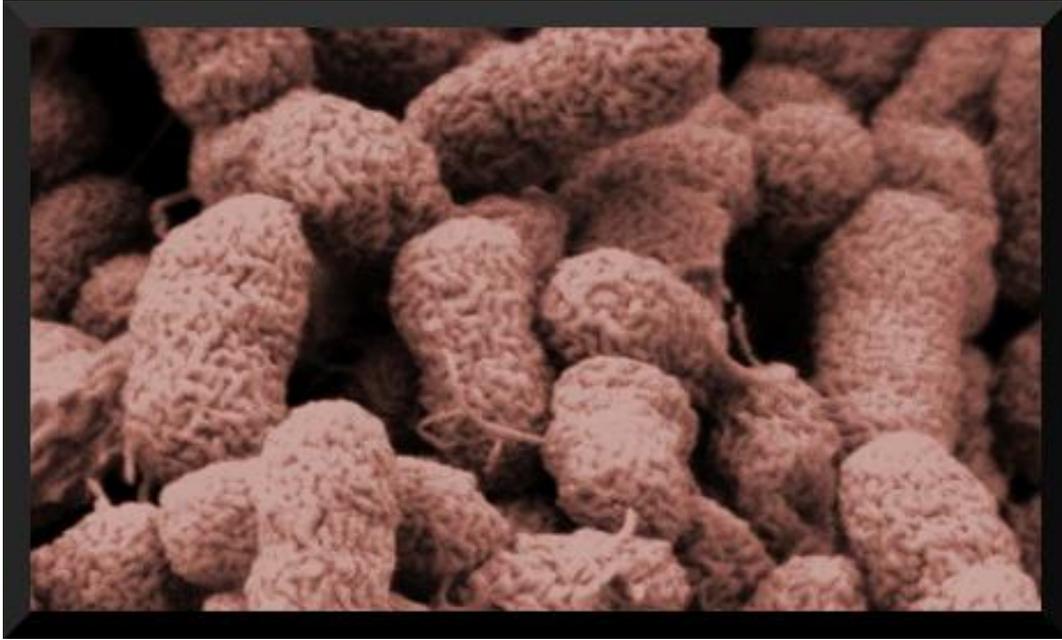


Figura 3. *Vista microscopica de Azospirillum brasilense*



Figura 4. *Hongos micorrizicos*