



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente Práctico de examen de grado de carácter Complexivo,
presentado a H. Consejo Directivo, como requisito previo a la
obtención del título de:

INGENIERO AGRONOMO

TEMA:

“Uso de microorganismo eficientes (ME) como alternativa
sustentable y sostenible en la producción Agrícola”.

AUTOR:

Nick Yosue Cercado Vera

TUTOR:

Ing. Agr. Simón Farah Asang MSc.

Babahoyo- Los Ríos- Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente Práctico de examen de grado de carácter Complexivo,
presentado a H. Consejo Directivo, como requisito previo a la
obtención del título de:

INGENIERO AGRONOMO

TEMA:

“Uso de microorganismo eficientes (ME) como alternativa
sustentable y sostenible en la producción Agrícola”.

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

Ing. Agr. Carlos Barros Veas, MSc

PRESIDENTE

Ing. Agr. Marlon Pazos Roldan, MSc

PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Nessar Rojas Jorgge, MSc

SEGUNDO VOCAL

La responsabilidad por la Investigación análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este componente práctico del examen Complexivo son de exclusividad del autor.

Nick Yosue Cercado Vera

DEDICATORIA

Este trabajo investigativo se lo dedico en especial a DIOS por ser parte de mi inspiración y darme la oportunidad de culminar con mis estudios y de haber conocido grandes amigos en el transcurso de mi carrera universitaria, también va dedicado a mi querido Padre LUIS ALBERTO CERCADO CALIXTO por todos sus esfuerzos y sacrificios que ha hecho para que yo pueda cumplir con esta meta que me la propuse para que se llene de orgullo y satisfacción de que todos sus esfuerzos no han sido en vano, por darme su apoyo y confianza incondicional, y por ser parte fundamental en mi vida, a mi Hermano LUIS ALBERTO CERCADO VERA por todo su apoyo brindado al cual respeto y admiro quien ha sido mi ejemplo de superación y dedicación, gracias a ustedes he podido culminar una etapa más de estudio.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por darme la vida, la capacidad, inteligencia y sabiduría para poder culminar mis estudios universitarios.

A la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias por acogerme en sus aulas y darme la oportunidad de estudiar y contribuir de forma positiva con mi formación académica y profesional.

A mis catedráticos que fueron los guías durante el trayecto de mi carrera los cuales me ilustraron y aportaron con sus conocimientos y experiencias en todo el proceso de mi carrera Universitaria.

Mi mayor gratitud a mi padre por ser el pilar fundamental de mi educación y haberme inculcado sus buenos valores, y demostrarme que cuento con él en todo momento.

A mis amigos por estar ahí cuando más los necesite, les agradezco de todo corazón y por ser unas excelentes personas.

A mi tutor Ing. Agr. Simón Farah Asang, por su contribución, paciencia y colaboración para poder realizar este trabajo investigativo.

RESUMEN

Esta investigación se estableció en compilar información sobre el uso de microorganismo eficientes (ME) como alternativa sustentable y sostenible en la producción Agrícola, las diferentes fuentes de investigación nos dan a conocer sobre la importancia que tienen los microorganismos en la naturaleza y en sus relaciones con el hombre es cada día más evidente. Los microorganismos utilizados como biofertilizantes tienen un papel sustancial. El desarrollo y uso de los biofertilizantes se contempla como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales. A través de la aplicación de los microorganismos eficientes, se busca identificar los puntos más sensibles del manejo del cultivo para aumentar su rendimiento y disminuir la cantidad de agroquímicos utilizados. Por último, cabe considerar que el costo de los insumos agrícolas es altamente dependiente de variables internacionales y que sus efectos en el ambiente pueden ser perjudiciales cuando su uso es excesivo y no controlado. Según las fuentes consultadas, informan, que los principales géneros de ME benéficos en la agricultura son las siguientes: *Azorhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Herbaspirillum*, *Paenobacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Penicillium* y *Glomus*; estos géneros de microorganismos se desarrollan en el ambiente y sirven para ser utilizados como biofertilizantes, que hablaremos de cada uno de ellos en la presente investigación.

Palabras clave: Biofertilizantes, Microorganismos, *Azobacter*, *Rhizobium*.

SUMMARY

This research was established to compile information on the use of efficient microorganisms (ME) as a sustainable and sustainable alternative in Agricultural production, the different sources of research tell us about the importance of microorganisms in nature and in their relationships with the man is more evident every day. Microorganisms used as biofertilizers play a substantial role. The development and use of biofertilizers is seen as an important alternative for the partial or total substitution of mineral fertilizers. Through the application of efficient microorganisms, the aim is to identify the most sensitive points of crop management to increase its yield and reduce the amount of agrochemicals used. Finally, it should be considered that the cost of agricultural inputs is highly dependent on international variables and that their effects on the environment can be detrimental when their use is excessive and uncontrolled. According to the sources consulted, they report that the main beneficial ME genera in agriculture are the following: *Azorhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Herbaspirillum*, *Paenobacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Penicillium* and *Glomus*; These types of microorganisms develop in the environment and serve to be used as biofertilizers, which we will talk about each of them in this research.

Keywords: Biofertilizers, microorganisms, *Azobacter*, *Rhizobium*.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
INDICE GENERAL	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
II. MARCO METODOLÓGICO	3
2.1. DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO	3
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.3. JUSTIFICACIÓN	3
2.4. FUNDAMENTACION TEÓRICA	4
2.4.1. Origen de los microorganismos eficientes	4
2.4.2. Que son los microorganismos eficientes	4
2.4.3. Importancia de los microorganismos eficientes en la agricultura .	4
2.4.4. Importancia de los microorganismos eficientes en el suelo	5
2.4.5. Importancia de los microorganismos eficientes en los tratamientos de aguas negras.....	6
2.4.6. Importancia de los microorganismos eficientes en las plantas.....	6
2.4.7. Uso de microorganismos eficientes en la Agricultura	8
2.4.8. Principales microorganismos eficientes utilizados en la agricultura	10

2.4.9. Los biofertilizantes.....	11
2.4.10. Microorganismos aliados a la agricultura sostenible.....	13
2.4.11. Microorganismos aliados a la agricultura sustentable.....	14
2.4.12. Organismos fijadores de nitrógeno y grupos de plantas con los cuales establecen simbiosis	14
2.4.13. Listado de los principales de los microorganismos eficientes en la agricultura.....	15
2.4. Hipótesis	23
2.5. Metodología de la investigación.....	23
2.5.1. Modalidad de estudio	23
2.5.2. Métodos	23
2.5.3. Factor de estudio.....	24
III. RESULTADO DE LA INVESTIGACION.....	25
Desarrollo del caso.....	25
Situaciones detectadas	25
Situaciones planteadas	25
IV. CONCLUSIONES.....	26
V. RECOMENDACIONES	27
VI. BIBLIOGRAFIAS.....	28

I. INTRODUCCIÓN

La Tecnología de los Microorganismos Eficientes, fue desarrollada por Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. A comienzos de los años sesenta, el Profesor Higa comenzó la búsqueda de una alternativa que reemplazara los fertilizantes y plaguicidas sintéticos y en los últimos años ha incursionado en su uso en procesos de compostaje, tratamiento de aguas residuales, ganadería y para el uso en la limpieza del hogar (Arismendi et al. 2010).

Los EM son un grupo muy grande de organismos, que cumplen multitud de funciones en el suelo y mantienen en orden los ciclos normales de múltiples sustancias. Esta labor es permanente y gracias a ella la vida en el suelo se mantiene. Estos organismos viven naturalmente en el suelo (bacterias, hongos, actinomicetos) y cumplen múltiples funciones, especialmente degradando y/o transformando diversos materiales para que sean aprovechados en la nutrición de las plantas. Intervienen además en los ciclos biogeoquímicos en la naturaleza (Luna y Mesa 2016).

Los ME han mostrado efectos beneficiosos para el tratamiento de aguas negras, reducción de malos olores, en la producción de alimentos libres de agroquímicos, el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, fábricas de papel, mataderos y municipalidades, entre otros (Pazmiño 2020).

El uso de los microorganismos eficientes en la agricultura está en función de la zona, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros factores; con la aplicación de microorganismos benéficos el suelo retiene más agua, lo que implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos; dicha mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua (Tanya Morocho et al. 2019).

A través de la aplicación de los microorganismos eficientes, se busca identificar los puntos más sensibles del manejo del cultivo para aumentar su rendimiento y disminuir la cantidad de agroquímicos utilizados. Por último, cabe considerar que el costo de los insumos agrícolas es altamente dependiente de variables internacionales y que sus efectos en el ambiente pueden ser perjudiciales cuando su uso es excesivo y no controlado.

La utilización de agentes microbianos ha demostrado ser eficaces en el control de fitonematodos en el suelo. Los microorganismos asociados con la rizosfera de las plantas favorecen el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de procesos vitales como la promoción del crecimiento de las plantas y preservar las plantas de los agentes fitoparasiticos. Los microorganismos eficientes establecen diferentes nichos en la zona de la raíz y con ello pueden contender por espacio y nutrientes, lo cual limita el desarrollo de especies fitopatógenas, lo cual conlleva a la actividad supresiva de los microorganismos eficientes la cual se puede dar mediante la producción de compuestos con actividad antimicrobiana (antibióticos y compuestos antifúngicos), la producción del sideroforos, la inducción de resistencia, producción de metabolitos, antibiosis, activación de sistemas antioxidantes en plantas, activación de genes de resistencias en las plantas (Tanya Morocho et al. 2019).

Objetivos

Objetivo General

- Determinar la importancia del uso de Microorganismos Eficientes en la agricultura.

Objetivos Específicos

- Establecer los beneficios de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción agrícola.
- Describir las principales especies de microorganismos eficientes usados en la agricultura.

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO

El tema de investigación escogido para el proceso de titulación y optar por el título de Ingeniero Agrónomo es:

“Uso de microorganismo eficientes (ME) como alternativa sustentable y sostenible en la producción Agrícola”.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En los sistemas de producción agrícola de nuestro entorno, el método más usado para la nutrición vegetal es mediante la utilización de insumos sintéticos o los llamados fertilizantes sintéticos, mismos que a su vez tienen como resultados óptimos en referencia a la sustentabilidad a corto plazo, siendo que su sostenibilidad en el tiempo no siempre se mantendrá.

Uno de los principales problemas del uso continuo y discriminado de fertilizantes sintéticos, es la contaminación que producen tanto al suelo como a los diferentes mantos freáticos, en especial los fertilizantes nitrogenados. La utilización recurrente y en dosis altas puede causar intoxicación en las plantas por la alta concentraciones de elementos, en los suelos puede modificar las propiedades físicas y químicas del suelo, de igual manera afecta al desarrollo de los microorganismos esenciales en el reciclaje de nutrientes y simbióticos del suelo.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Los microorganismos eficientes (ME), son un grupo muy grande de organismos, que cumplen multitud de funciones en el suelo y mantienen en orden los ciclos normales de múltiples sustancias. Esta labor es permanente y gracias a ella la vida en el suelo se mantiene. Aunque muchas especies son causantes de graves enfermedades tanto para el hombre como para el resto de seres vivos, incluidas las plantas cultivadas, sus beneficios compensan con creces los problemas causados.

En agricultura, los microorganismos son de gran utilidad para el desarrollo de cultivos sanos y vigorosos. Son imprescindibles para mantener la fertilidad del suelo, de hecho, los que carecen de flora microbiana, son suelos pobres y desequilibrados. Por tanto, es de vital importancia el conocimiento sobre los ME y su uso alternativo en los procesos de producción agrícola.

2.4. FUNDAMENTACION TEÓRICA

2.4.1. Origen de los microorganismos eficientes

El Ingeniero Agrícola Dr. Teuro Higa, profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, crea una tecnología en la década de los ochenta relacionada con el uso de los microorganismos, el cual consistía en un cultivo mixto de microorganismos benéficos de ocurrencia natural de diferentes especies de microorganismos eficaces (bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras) que pertenecen a los géneros *Lactobacillus* (bacterias ácido lácticas), *Saccharomices* (levaduras) y *Rhodopseudomonas* entre otras bacterias fotosintéticas o fototróficas, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbial de los suelos y plantas (Ramírez Marrache et al. 2019).

2.4.2. Que son los microorganismos eficientes

Los ME agrupan una gran diversidad microbiana entre la cual encontramos: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con capacidad fermentativa. Desde el punto de vista agrícola los ME promueven la germinación de semillas, benefician la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos y permiten una reproducción más exitosa en las plantas (Ramírez Marrache et al. 2019).

2.4.3. Importancia de los microorganismos eficientes en la agricultura

En la actualidad obtenemos de los microorganismos multitud de productos: bebidas fermentadas, derivados lácteos, pan, probióticos, productos cárnicos fermentados, ácidos orgánicos, alcohol industrial, aminoácidos, vitaminas, enzimas, biopolímeros, antibióticos, proteínas terapéuticas, insulina, factores de crecimiento humano (Arismendi et al. 2010).

A pesar que muchas especies son causantes de graves enfermedades tanto para el hombre como para el resto de seres vivos, incluidas las plantas cultivadas, sus beneficios compensan con creces los problemas causados (Soriano 2020).

En la agricultura, los microorganismos eficientes son de gran utilidad para el desarrollo de cultivos sanos y vigorosos. Son indispensables para mantener la fertilidad del suelo, de hecho, los que carecen de flora microbiana, son suelos pobres y desequilibrados, a los que es necesario mantener un aporte constante y desmesurado de fertilizantes de síntesis (Tanya Morocho et al. 2019).

Los biofertilizantes elaborados con base en bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno (BFN), se utilizan en cultivos de interés para el país como las leguminosas, constituyéndose en una opción para mejorar el rendimiento de los cultivos, a través del suministro de nitrógeno.

El nitrógeno es un elemento significativo para el desarrollo de las plantas, sin embargo, en el suelo se encuentra en formas poco disponibles para ellas, por lo que recurren a mecanismos de fijación biológica a través de microorganismos (Conn y Margarita 2010).

La inoculación de BFN ha sido utilizada como opción para reducir la fertilización química nitrogenada. Para la elaboración de inoculantes con base en estos microorganismos, es indispensable conocer características fenotípicas y genotípicas de las cepas y estabilidad del inoculante durante el almacenamiento a diferentes temperaturas, con el fin de asegurar la vida útil del producto, su calidad y eficiencia (Conn y Margarita 2010).

2.4.4. Importancia de los microorganismos eficientes en el suelo.

Los ME del suelo, son los encargados de la dinámica de transformación y desarrollo. En un gramo de tierra, encontramos millones de microorganismos beneficiosos para los cultivos.

Estos microorganismos beneficiosos que se encuentran en el suelo, son bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios. Un suelo productivo es

aquel que contiene una reserva adecuada de elementos nutritivos disponibles para la planta, o una población microbiana que libere nutrientes que permitan un buen desarrollo vegetal (Cervantes 2018).

2.4.5. Importancia de los microorganismos eficientes en los tratamientos de aguas negras.

Hay una gran diversidad de métodos para la descontaminación de aguas y aguas residuales (AR), entre los que se encuentran la utilización de microorganismos, denominados eficientes (ME), y su importancia resulta de que ellos no generan subproductos contaminantes y, además, son eficientes (Novoa y Carvajal 2015).

En los primeros indicios de la aparición de los microorganismos fueron utilizados para mejorar la calidad del suelo y la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas respectivamente, así como suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades). Este estudio fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y se completó en 1982 (Romero y Vargas 2017).

2.4.6. Importancia de los microorganismos eficientes en las plantas

Las micorrizas contribuyen a la nutrición, particularmente en la absorción de fósforo por las plantas, ya sea en ecosistemas agrícolas o naturales. Esta relación simbiótica también mejora la captación de agua y otros nutrientes, además de la transferencia de nitrógeno a partir de diferentes fuentes. La simbiosis micorrícica no sólo influye en el ciclado de nutrientes en el sistema suelo-planta, sino que también mejora la sanidad vegetal a través de una protección incrementada contra el estrés, ya sean biótico (por ej., ataque de patógenos), o abiótico (por ej, sequía, salinidad, metales pesados, contaminantes orgánicos, etc.), y mejoran la estructura del suelo a través de la formación de microagregados, necesarios para un buen estado nutricional e hídrico del suelo (Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales y Cano 2011).

2.4.6.1. Efectos de los ME sobre la fisiología de la planta

Son conocidos como los efectos positivos que tiene la aplicación de ME sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la mejora en la nutrición. Existen varios microorganismos que son responsables de la solubilización de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el N₂ atmosférico convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas. Asimismo, el incremento en profundidad y superficie del sistema radical permite una mejor adquisición del agua (Morocho y Leiva-Mora 2019).

2.4.6.2. Efecto de los ME sobre enraizamiento

Algunos microorganismos tienen la capacidad de producir cambios en el balance fitohormonal principalmente en la producción de ácido indol acético, así como en la habilidad para solubilizar minerales del suelo como los fosfatos haciéndolos más disponibles. De manera similar existen numerosos hongos y bacterias capaces de solubilizar minerales que contienen potasio mediante la producción de ácidos orgánicos e inorgánicos y la producción de polisacáridos (Sindhu et al., 2016).

2.4.6.3. Efecto sobre la inducción de la floración

Algunos investigadores han trabajado con la porción cultivable del microbiana de *A. thaliana* en plantas que retienen el efecto de oración temprana y han demostrado que los microorganismos pueden modificar múltiples rasgos de las plantas incluyendo el desarrollo del follaje y la oración. Asimismo, al inocular mezclas de microorganismos en el cultivo de fresa se logró reducir las demandas de productos químicos, y se incrementó el número de oves el número de frutos y la calidad de los mismos (mayor cantidad de azúcares solubles, ácidos orgánicos, vitaminas (ácido ascórbico y ácido fólico) (Bisen et al., 2015).

2.4.6.4. Efecto sobre el incremento de biomasa

Dentro de los ME algunas bacterias pueden promover el crecimiento vegetal y con ello la calidad de biomasa, la cual puede ser utilizada como alimento directo, producción de biocombustible o en la fabricación de piensos (Nele et al., 2009).

En particular las bacterias endofíticas pueden colonizar los tejidos internos de órganos en la planta y con ello contribuir crecimiento en biomasa. Se considera que las bacterias endofíticas pueden al igual que las rizobacterias contribuir a una mejor adquisición de nutrientes y otros recursos que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas (Santoyo et al., 2016).

2.4.6.5. Efecto sobre la germinación de semillas

Existe un enfoque popular para el tratamiento de semillas que incluye la inoculación de estas con microorganismos benéficos (aspecto biológico) y la hidratación de semillas (aspecto fisiológico) para protegerlas de varias enfermedades transmitidas por semillas y por el suelo conocido como biopriming y osmopriming.

Este tratamiento es capaz de activar cambios en las características de las plantas y facilitar la germinación y el crecimiento uniformes de las semillas asociados con la inoculación de microorganismos. Se utilizan comúnmente en muchos cultivos hortícolas para favorecer el crecimiento y la uniformidad de la germinación (Bisen et al., 2015).

La aplicación de microorganismos benéficos a las semillas es un mecanismo eficiente para la colocación de inóculos microbianos en el suelo, donde estarán bien posicionados para germinar y colonizar las raíces de las plántulas, protegiéndolas contra plagas y enfermedades (Morocho y Leiva-Mora 2019).

2.4.7. Uso de microorganismos eficientes en la Agricultura

En cuanto a los microorganismos utilizables como fertilizantes, existen multitud de trabajos sobre bacterias y hongos aplicables para la mejora de los cultivos y cada vez son más las publicaciones e investigaciones que se están haciendo sobre la ventaja de su uso, como alternativa a los insumos agrícolas utilizados hasta ahora (Soriano 2020).

Su gran variedad de tipos metabólicos, es decir, cepas diferentes de una misma especie, pueden tener diversos usos y aplicaciones, aumentando así su potencial.

Entre los candidatos para su uso en fertilización, la lista es bastante extensa y en constante aumento. En principio destacan diversas especies como (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Rhizobium*...), levaduras (*Saccharomyces*, *Candida*...) y hongos (*Glomus*, *Trichoderma*...) (Soriano 2020).

La importancia que tienen los microorganismos en la naturaleza y en sus relaciones con el hombre es cada día más evidente. Cuando la agricultura tiene la necesidad de adoptar medidas conservacionistas, los microorganismos utilizados como biofertilizantes tienen un papel sustancial. El desarrollo y uso de los biofertilizantes se contempla como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales (Grageda-Cabrera et al. 2016).

Los beneficios que presenta el uso de ME en la agricultura pueden concretarse de la siguiente manera:

- a) Fitoestimulantes, estimulan la germinación de las semillas y el enraizamiento por la producción de reguladores del crecimiento, vitaminas y otras sustancias.
- b) Biofertilizantes, incrementan el suministro de los nutrimentos por su acción sobre los ciclos biogeoquímicos, tales como la fijación de N₂, la solubilización de elementos minerales o la mineralización de compuestos orgánicos.
- c) Mejoradores, mejoran la estructura del suelo por su contribución a la formación de agregados estables; d) Agentes de control biológico de patógenos, desarrollan fenómenos de antagonismo microbio-microbio
- d) Biorremediadores, eliminan productos xenobióticos tales como pesticidas, herbicidas y fungicidas.
- e) Mejoradores ecofisiológicos, incrementan la resistencia al estrés tanto biótico como abiótico (Grageda-Cabrera et al. 2016).

Los microorganismos eficientes tienen numerosas aplicaciones agrícolas debido a que funcionalmente favorecen la germinación de semillas, incrementan la floración, aumentan el crecimiento y desarrollo de los frutos, incrementan la biomasa, garantizan una reproducción exitosa en las plantas, mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a

varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades (Tanya Morocho et al. 2019).

2.4.8. Principales microorganismos eficientes utilizados en la agricultura

2.4.8.1. Bacterias fototróficas (*Rhodopseudomonas spp.*)

Estas bacterias sintetizan sustancias útiles de secreciones de raíces, materia orgánica y/o gases dañinos (ej: ácido sulfhídrico) con el uso de luz solar y calor del suelo como fuentes de energía. Estas sustancias útiles contienen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, que promueven el crecimiento y desarrollo de la planta.

Los metabolitos hechos por estos microorganismos son absorbidos directamente por las plantas y actúan como sustrato para el incremento poblacional de microorganismos benéficos. Por ejemplo, en la rizósfera las micorrizas vesiculares, arbuscular (VA) se desarrollan gracias a la disponibilidad de compuestos nitrogenados (aminoácidos) que son secretados por las bacterias fototróficas. Las micorrizas VA en respuesta incrementa la solubilidad de fosfatos en el suelo y por ello otorgan fósforo que no era disponible a las plantas. Las micorrizas VA también pueden coexistir con *azobacter* y *rizobiums*, incrementando la capacidad de las plantas para fijar nitrógeno de la atmósfera (Nishikawa 2016).

2.4.8.2. Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*)

Se definen como una clase funcional que designa un grupo heterogéneo de bacterias Gram positivas, no patógenas, no toxigénicas, fermentadoras, caracterizadas por producir ácido láctico a partir de carbohidratos, lo que las hace útiles como cultivos iniciadores para la fermentación de alimentos. Comparten otros rasgos comunes como ser aerotolerantes, no forman esporas, no reducen el nitrato y no producen pigmentos (Sánchez y Tromps 2014).

El grupo se subdivide en bacterias homo y heterofermentativas en función de los productos de su metabolismo. Las homofermentativas se identifican porque el único producto de la fermentación de los carbohidratos es el ácido láctico,

mientras que las segundas pueden originar, además, dióxido de carbono, etanol o ácido acético.

Los géneros más utilizados para la obtención de alimentos y bebidas fermentadas son *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus* y dentro del género *Streptococcus* la especie *S. thermophilus* (Sánchez Miranda y Peña Rodríguez 2016).

2.4.8.3 Levaduras (*Saccharomycetes spp.*)

Desde la antigüedad las levaduras han sido utilizadas en la elaboración de cervezas, pan y vino, pero los fundamentos científicos de su cultivo y uso en grandes cantidades fueron descubiertos por el microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX.

Las levaduras son organismos eucariotas con gran diversidad respecto a su tamaño, forma y color. Son consideradas hongos unicelulares y generalmente sus células son ovaladas, pero también pueden encontrarse en forma esférica, cilíndrica o elíptica. Son de mayor tamaño que las bacterias, alcanzando un diámetro máximo de entre cuatro y cinco μm . Se reproducen por fisión binaria o gemación y algunas pueden ser dimórficas o bifásicas y crecen como micelio bajo condiciones ambientales especiales. Son resistentes a antibióticos, sulfamidas y otros agentes antibacterianos de forma natural. También se conoce una secuencia completa de su genoma y se mantiene en constante revisión, lo que ha permitido la manipulación genética de aproximadamente 6600 genes que codifican el genoma de levadura (Suárez-Machín et al. 2016).

2.4.9. Los biofertilizantes

El término biofertilizantes es muy extenso, representando desde microorganismos, abonos verdes y estiércoles, hasta extractos de plantas. De manera resumida, podemos decir que son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección. Estos microorganismos se encuentran de forma natural en el suelo y abarcan diversos grupos; sin embargo,

su población es afectada por el manejo de suelo y uso excesivo de agroquímicos (Molina 2015).

Los biofertilizantes son fertilizantes orgánicos que suministran a las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo, al mismo tiempo que mejoran la calidad del suelo, ayudando a conseguir un entorno microbiológico optimizado y natural. Los biofertilizantes son actualmente un producto imprescindible para la agricultura ecológica, ya que ayudan a mejorar la producción agrícola y a conseguir grandes cosechas sin dañar en ningún momento el medio ambiente y siguiendo siempre unas directrices totalmente respetuosas con el suelo, la naturaleza y el desarrollo sostenible.

2.4.9.1. Cómo funciona un biofertilizantes

Las principales funciones de los biofertilizantes son las siguientes:

- Son fijadores del nitrógeno, indispensables para la alimentación de las plantas.
- Además de alimentarlas, protegen a las plantas ante amenazas de tipos de microorganismos patógenos que se pueden encontrar en los suelos.
- Sirven para aumentar la absorción de nutrientes indispensables, como el zinc y el fósforo.
- Regeneran el suelo.
- Son estimulantes del crecimiento (Keith 2018).

Los microorganismos que componen los biofertilizantes son los que hacen es transformar el nitrógeno atmosférico en orgánico y entregarlos a las plantas. Todo el proceso es natural, puesto que se extraen elementos del propio suelo y, tras una producción en masa, se devuelven a las plantas y la propia tierra. De esta forma, se cierra un ciclo donde no participa ningún producto artificial ni dañino (Probelte 2019).

2.4.9.2. Ventajas del uso de biofertilizantes en la agricultura

Los biofertilizantes provienen de animales, restos vegetales, alimentos y otras fuentes orgánicas naturales. Estas son las principales ventajas de su uso:

- Los biofertilizantes permiten el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

- Consumen menos energía para su producción, por lo que ayuda a una gestión sostenible de los recursos.
- Sustituyen a los fertilizantes químicos, por lo que no dañan el medio ambiente.
- Mejoran el entorno donde se usan, puesto que recuperan la materia orgánica del suelo y permiten la fijación de carbono en él mismo, mejorando la capacidad de absorber agua.
- También mejoran la textura del suelo, incrementan su vida útil y lo mantienen en condiciones de cultivo óptimas.
- Los alimentos tratados con biofertilizantes son más sanos, ya que mantienen intactos todos sus nutrientes y no se encuentran en contacto con productos químicos que podrían ser perjudiciales para los consumidores (Probelte 2019).

2.4.10. Microorganismos aliados a la agricultura sostenible

Para una agricultura cada vez más rentable y sostenible es necesaria una buena salud del suelo. La producción agrícola actual requiere de estrategias que reduzcan los insumos de agua, fertilizantes y pesticidas, para asegurar el rendimiento vegetal a un costo relativamente bajo sin deterioro de la fertilidad del suelo. Los microorganismos son imprescindibles para mantener la fertilidad y salud de los suelos agrícolas para desarrollar cultivos sanos y vigorosos, lo que determina alimentos más saludables libres de residuos para la alimentación humana y animal, además de un menor impacto ambiental (González 2020).

Los microorganismos asociados a las raíces de las plantas mejoran, estimulan y facilitan el sano desarrollo de las plantas a dosis inferiores de fertilizante nitrogenados, fosforados u otros necesarios para un rendimiento rentable. Estos microorganismos en su mayoría se originan de la naturaleza bacteriana y mediante su correcta aplicación permiten mejorar la absorción de fertilizantes, además de proteger a las raíces del ataque de fitopatógenos. La agricultura actual demanda el uso reducido de plaguicidas de síntesis químico y la utilización cada vez mayor de agentes biológico para el control de plagas y enfermedades, haciendo los sistemas más sostenibles (Landeró et al. 2016).

Desde varios años la aplicación de nematicidas químicos fue una tendencia generalizada en muchos países para disminuir los daños ocasionados por

nematodos, sin embargo su uso se ha visto limitado por el incremento de sus costos y provocar selección de microflora en el suelo, degradante de las sustancias activas, destrucción de enemigos naturales, un rápido resurgimiento de las poblaciones tratadas, aparición de especies secundarias, así como peligros directos e indirectos para el hombre y el medio ambiente. Esto ha dado lugar a la búsqueda de alternativas biológicas como parte de los programas de manejo integrado de plagas (González 2020).

2.4.11. Microorganismos aliados a la agricultura sustentable

Una forma de crear sustentabilidad es utilizar microorganismos que promuevan el desarrollo de las raíces de las plantas para que necesiten menos agua, así el suelo se vuelve sustentable al evitar contaminación por sales (Vásquez 2012).

2.4.12. Organismos fijadores de nitrógeno y grupos de plantas con los cuales establecen simbiosis

- *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Allorhizobium*: leguminosas de origen templado y tropical
- *Azorhizobium*: *Sesbania* (Leguminosa)
- Frankia: *Alnus*, *Casuarina*, *Myrica*, *Comptonia*, *Coriaria*
- Nostoc: hongos, briofitos (*Blasia*), gimnospermas (*Macrozamia*) y angiospermas (*Gunnera*)
- Anabaena: pteridofitos (*Azolla*) (Ruiz 2015).

Según Diver (2001), las principales especies son:

- *Lactobacillus plantarum*, *L. casei* y *Streptococcus lactis* (bacterias del ácido láctico).
- *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, (bacterias fotosintéticas).
- *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* (levaduras).
- *Streptomyces albus* y *S. griseus* (actinomicetos).
- *Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp.* y *Mucor hiemalis* (hongos fermentación).

2.4.13. Listado de los principales microorganismos eficientes en la agricultura.

Genero	Especies reconocidas	Hábitat	Mecanismos
<i>Azorhizobium</i>	<i>caulinodans</i>	Endófito	FBN, solubilización de P
<i>Azospirillum</i>	<i>amazonense,</i> <i>brasileense,</i> <i>irakense,</i> <i>lipoferum,</i>	Rizósfera, endófito	FBN, producción de fitohormonas, incremento en la absorción de nutrientes, producción de sideróforos, biocontrol y producción de vitaminas
<i>Azotobacter</i>	<i>armeniacus,</i> <i>chroococcum,</i> <i>vinelandii</i>	Rizósfera,	FBN, producción de fitohormonas, solubilización de P, producción de vitaminas y sideróforos
<i>Bacillus</i>	<i>amyliloliquefaciens</i> ; <i>subtilis</i>	Rizósfera,	Promoción del crecimiento vegetal, biocontrol
<i>Bradyrhizobium</i>	<i>japonicum</i>	Rizósfera endófito	FBN, producción de fitohormonas y sideróforos
<i>Herbaspirillum</i>	<i>seropedicae</i>		FBN y producción de fitohormonas
<i>Paenobacillus</i>	<i>polymixa</i>	Rizosfera, endófito	FBN y producción de fitohormonas
<i>Pseudomonas</i>	<i>fluorescens;</i> <i>aurantiaca; putida</i>	Rizósfera	Producción de fitohormonas, incremento en la absorción de nutrientes y producción de sideróforos

<i>Rhizobium</i>	<i>Leguminosarum, meliloti, phaseoli, sp</i>	Endófito	FBN, producción de fitohormonas, incremento en la absorción de nutrientes, solubilización de P, producción de vitaminas y sideróforos
<i>Penicillium</i>	<i>bilai</i>	Rizósfera	Solubilización de P
<i>Glomus</i>	<i>intraradices</i>	Endosimbionte rizósfera	Incrementos en la absorción de P

2.4.13.1. Genero *Azospirillum*

Son bacterias de vida libre que habitan en la rizósfera de las plantas, pueden estimular el crecimiento de las plantas a través de mecanismos directos e indirectos tales como la síntesis de fitohormonas, la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de nutrientes, la producción de medios de transporte de nutrientes, el control de fitopatógenos del suelo, etcétera (Vital y Mendoza 2014).

Las bacterias de este género fueron descubiertas por la Dra. Johana Dobereiner y ganó importancia en la década de los 70 por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. En razón de la aptitud de fijar nitrógeno en vida libre, esa bacteria fue denominada *Azospirillum* (Domingues Duarte et al. 2020).

El *Azospirillum* posee un metabolismo de carbono y nitrógeno flexible que aumenta su capacidad de competir por la colonización de la rizósfera, además de que se los denominan diazótrofos endófitos facultativos por colonizar tanto el interior como la superficie de las raíces (Domínguez Duarte et al. 2020).

Modo de acción de las bacterias *Azospirillum*

La fabricación de reguladores vegetales es uno de los principales mecanismos, ya que trastorna el crecimiento de las plantas, modifica la morfología de las raíces y maximiza el uso del suelo, que a su vez intensifica la disminución del nitrato asimilable disponible en el suelo y, la FBN (Vital y Mendoza 2014).

- Producción de reguladores vegetales (auxinas, citocininas y giberelinas).
- Reducción asimilatoria de nitrato.
- Fijación biológica del N₂.
- Resistencia al estrés hídrico.
- Aumento del sistema radical.
- Mayor absorción de agua y nutrientes.
- Control biológico.

2.4.13.2. Genero *Azotobacter*

Es una bacteria y su principal característica consiste en la fijación del nitrógeno presente en la atmósfera, de manera que quede accesible para la planta, lo que significa un aporte natural de nitrógeno (EuroAgro 2020).

Este género de bacterias comprende bacterias con forma bacilar, reaccionan a la tinción de Gram negativas y en cultivos viejos como Gram variables

Son fijadores de nitrógeno; en vida libre fijan al menos 10 mg de N₂ por gramo de carbohidrato (glucosa) consumido. Requieren molibdeno para fijar nitrógeno que puede ser parcialmente reemplazado por vanadio. Utilizan nitrato y sales de amonio y ciertos aminoácidos como fuentes de nitrógeno. Son catalasas positivas. El rango de pH en el que crecen en presencia de nitrógeno combinado es 4.8-8.5 el pH óptimo para crecer cuando fijan nitrógeno es 7.0-7.5 (Mato 2017).

Modo de acción *Azotobacter*

Las capacidades metabólicas y genéticas por las que *A. vinelandii* ha sido y es objeto de estudio son principalmente:

- Fijan nitrógeno en presencia de oxígeno por tres sistemas diferentes de nitrogenasa.
- Posee mecanismos de protección de la nitrogenasa.
- Tiene una alta capacidad respiratoria que en condiciones diazotróficas o de fijación de nitrógeno es hasta 10 veces más alta que la de *Escherichia coli*.
- Produce dos polímeros de uso industrial: el polisacárido extracelular alginato y el poliéster intracelular polihidroxibutirato.
- Sufre un proceso de diferenciación morfológica para formar quistes resistentes a la desecación (Mato 2017).

2.4.13.3. Genero *Bacillus*

El género *Bacillus* fue reportado por primera vez por Cohn (1872), quien lo describió como bacterias productoras de endosporas resistentes al calor. Las especies de *Bacillus* pertenecen al Reino Bacteria; Filo Firmicutes; Clase *Bacilli*; Orden *Bacillales* y Familia *Bacillaceae*.

En la actualidad el género incluye más de 336 especies, las cuales por su similitud genética pueden clasificarse en distintos grupos, siendo los más destacados:

- a) El grupo de *B. cereus*, asociado a patogenicidad, que incluye a *B. cereus-anthraxis-thuringiensis*.
- b) los bacilos ambientales que son caracterizados por su presencia en distintos hábitats, como el grupo de *Bacillus subtilis*, comprendido por *B. subtilis-licheniformis-pumilus*.
- c) el grupo de *B. clausii-halodurans*.
- d) el grupo que incluye a *Bacillus sp* (Villarreal-Delgado et al. 2018).

Las especies del género *Bacillus* tienen características especiales, tales como, la formación de endosporas termorresistentes a agentes perjudiciales como la desecación, la radiación, los ácidos grasos y los desinfectantes químicos, que les posibilita ocupar un lugar importante como agentes de control biológico.

Habitualmente, se encuentran en el suelo formando parte de la rizosfera de las plantas, comportándose como colonizadores eficaces, debido a que son productoras de sustancias, tales como: hormonas, antibióticos y metabolitos termoestables que le proporcionan la capacidad de conquistar determinados ambientes agrícolas y, por ende, impiden el establecimiento de microorganismos patógenos (López y Pazos 2005).

Cultivos y aplicaciones

- Flores (Claveles, Rosas, etc)
- Frutales (Fresa, Mora, Uva, Melón, etc)
- Hortalizas (Tomate, Ají, zanahoria, Pimiento, Berenjena, Alcachofa, Lechuga y Espárragos)
- Plantas Aromáticas (Tomillo, Orégano, Eneldo, Menta, Hierbabuena)
- Tubérculos (Papa, Yuca)
- Gramíneas (Caña, Maíz, Sorgo, Arroz)
- Leguminosas (Soja) • Arbustos (Café), Cítricos, entre otros.

2.4.13.4. Genero *Bradyrhizobium*

Este género se creó para englobar un grupo de bacterias capaces de fijar dinitrógeno in simbiosis con múltiples leguminosas como soja, altramuza, cacahuete, carilla y numerosos arbustos y árboles tropicales. Se agruparon por ser de mayor tamaño que los rizobios, crecer más lentamente y no acidificar medios con

azúcares. En esta revisión se describe su taxonomía, vida en el suelo, simbiosis (factores de nodulación y receptores, tipos de nódulos y proceso infectivo), genética y genómica, metabolismo, importancia agrícola, entre otros aspectos.

Estas bacterias son bacilos de 0.5-0.9 μm por 1.2-3.0 μm ., desplazándose con un flagelo polar o subpolar; este género consiste de cepas de lento crecimiento, productoras de álcali, crecen en colonias circulares hasta 1 mm., de diámetro opacas y raramente translúcidas, blancas, convexas y con tendencia a tener textura granulosa, se desarrollan durante 5 – 10 días de incubación (Suárez-Machín et al. 2016).

2.4.13.5. Genero *Herbaspirillum*

Son bacterias fijadoras de nitrógeno, descritas por Baldani el año 1986 en cereales y frutas, pertenecientes a la clase Betaproteobacteria. El género tiene 10 especies: *H. autotrophicum*, *H. chlorophenolicum*, *H. frisingense*, *H. hiltneri*, *H. huttiense*, *H. lusitanum*, *H. putei*, *H. rhizosphereae*, *H. rubrisubalbicans* y *H. seropedicae*. *Herbaspirillum spp.* Es muy notorio encontrarse en la naturaleza, el suelo, agua, raíces de plantas, pozos y aguas subterráneas. Fue aislado inicialmente en pacientes con fibrosis quística y posteriormente en hospederos inmunocomprometidos.

Los miembros de este grupo de bacilos Gram negativos no fermentadores plantean un desafío para la identificación definitiva del género y especie; debido a similitudes filogenéticas y fenotípicas. (Muñoz y Sakurada 2018).

2.4.13.6. Genero *Paenobacillus*

Es una especie de bacteria creadora de patrones, descubierta por primera vez a principios de los 90 por el grupo de Ben-Jacob. Es un microorganismo social que forma colonias con arquitecturas complejas y dinámicas. Este género comprende bacterias anaerobias facultativas formadoras de endospores originalmente incluidas dentro del género *Bacillus* y luego reclasificadas como un género separado en 1993. Las bacterias que conciernen a este género se han detectado en una variedad de ambientes tales como: suelo, agua, rizosfera, materia vegetal, forraje y larvas de insectos, así como muestras clínicas (Fonca 2017).

2.4.13.7. Genero *Pseudomonas*

Existe un gran número de especies de *Pseudomonas*, entre la especie más importante *P. aeruginosa*. El número de infecciones en humanos originadas por otras especies en conjunto es mucho más bajo que el producido por *P. aeruginosa* (Acosta 2018).

Las bacterias del género *Pseudomonas* se encuentran más a menudo como colonizadores y contaminantes, pero son capaces de causar infecciones oportunistas. La asignación de nombres para las especies tiene poca importancia clínica además de diferenciarla de *P. aeruginosa*.

Los estudios varían en cuanto a la frecuencia de su aislamiento en casos de bacteriemia, artritis, abscesos, heridas, conjuntivitis e infecciones de vías urinarias. En términos generales, a menos que se aísle en cultivos puros de muestras de alta calidad (toma directa), es difícil asignar importancia patógena a cualquiera de las diversas especies del género *Pseudomonas* (Acosta 2018).

2.4.13.8. Genero *Rhizobium*

Es un género de bacterias del suelo más conocidas por la simbiosis que establecen con las leguminosas. Estas bacterias Participan en importantes procesos como en el ciclo de los nutrimentos como el carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P). Requieren de ciertas condiciones importantes para el establecimiento del nódulo-asociaciones simbióticas entre bacterias y plantas (López 2017).

Son microorganismos preparados para inducir la formación de nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico en las raíces de las plantas de la familia leguminosae (y en sólo otra no leguminosa, parasponia). algunos rizobios también son capaces de inducir nódulos en el tallo de leguminosas (*Sesbania, aeschynomene*)(EcuRed 2017).

Beneficios y aplicaciones

La fijación del nitrógeno es un proceso biológico muy importante, debido a que involucra la toma del nitrógeno en la atmósfera, en forma de N₂ y se reduce a NH₄⁺. Así, el nitrógeno puede entrar y ser usado en el ecosistema. El proceso es

de gran importancia en distintos tipos de ambientes, llámese terrestre, de agua dulce, marino o ártico (Gelambi 2018).

El nitrógeno es considerado como un elemento que limita, en la mayoría de los casos, el crecimiento de los cultivos y actúa como un componente limitante.

A partir del punto de vista comercial, los rizobios pueden ser usados como potenciadores en la agricultura gracias a su habilidad de fijar el nitrógeno. Por ello, existe un comercio relacionado al proceso de inoculación de dichas bacterias (Gelambi 2018).

La inoculación del rizobio tiene efectos muy positivos en cuanto al crecimiento de la planta, al peso y al número de semillas que esta produce. Estos beneficios han sido comprobados experimentalmente por decenas de estudios con leguminosas.

2.4.13.9. Genero *Penicillium*

Es un hongo filamentoso hialino, saprófito perteneciente al filo *Ascomycota*. Macroscópicamente las colonias son de crecimiento rápido; al principio de color blanco y con el tiempo adquieren color azul, azul verdoso, verde, gris oliva o tonos rosados, con reverso amarillo cremoso. La textura puede ser plana, filamentosa, aterciopelada o algodonosa dependiendo de la especie; además puede presentar gotas de exudado (Pazmiño 2020).

Diferentes especies del género: *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum* o *P. notatum*, *P. citrinum*, *P. crustosum*, *P. frequentans* o *P. glabrum*, *P. patulum* o *P. griseofulvum*, *P. expansum*, *P. verrucosum* o *P. casei*, *P. oxalicum*, *P. glaucum*, *P. citreonigrum*, *P. citreoviride*, *P. roqueforti*, *P. puberrelum*.

Importancia económica y médica

Es el hongo productor de penicilina más conocido y también puede producir algunos alcaloides como la roquefortina C, meleagrina y chrisogina. Otras especies de este género son beneficiosas para los seres humanos. Los quesos tales como el roquefort, brie, camembert, stilton, etc. se crean a partir de su

interacción con algunos *Penicillium* y son absolutamente seguros de comer (Garcés 2018).

2.4.13.10. Genero *Glomus*

Son hongos que desarrollan esporocarpos irregulares, hipogeos o en ciertos casos epigeos y con restos vegetales, habitualmente de pequeño tamaño, no excediendo los 2 cm de diámetro.

Esporas clamidosporoides de elipsoidales a subglobosas, muy grandes, de 30 a 250 μm de diámetro, más o menos lisas, de amarillentas a parduscas, habitualmente originadas al final de una hifa, cuyo extremo emprende a dilatarse hasta convertirse en la espora; el esporangiotecio aparece continuo a la hifa generativa, sin un eusporio, y en la madurez el contenido esporal se separa de la hifa mediante un falso septo u oclusión, creado por la pared esporal al engrosarse (Trape 2020).

2.4. Hipótesis

Al realizar un estudio sobre el uso de microorganismo eficientes (ME) como alternativa sustentable y sostenible en la producción Agrícola, nos permitirá conocer cuáles son los beneficios o efectos que llegan a tener en la agricultura.

2.5. Metodología de la investigación

2.5.1. Modalidad de estudio

El método de investigación será el método bibliográfico, realizado en libros y revistas, páginas web y consulta a técnicos de la Facultad De Ciencias Agropecuarias (FACIAG).

2.5.2. Métodos

Los métodos de estudio manejados en el presente trabajo investigación fueron:

- Deductivo: Este método busca deducir lógicamente cuales son los beneficios sobre el uso de microorganismo eficientes (ME) como alternativa sustentable y

sostenible en la producción Agrícola, en el presente trabajo de investigación a su inicio se manifestó la importancia de los ME en la agricultura.

- Inductivo: Debido a este método se alcanzan conclusiones generales a partir de hipótesis o antecedentes de manera particular, partiendo de la hipótesis que con los principales géneros de ME podemos conocer sobre el uso de microorganismo eficientes (ME) como alternativa sustentable y sostenible en la producción Agrícola, llegamos a la conclusión general de que si puede ser posible el uso de los mismo en la agricultura.

2.5.3. Factor de estudio

El presente trabajo de investigación tuvo como factores de estudio los siguientes factores:

- Microorganismos eficientes (ME).
- Agricultura.
- Biofertilizantes

III. RESULTADO DE LA INVESTIGACION

Desarrollo del caso

En el actual trabajo de investigación no se encontraron contradicciones entre los diferentes autores.

Situaciones detectadas

Durante el periodo de la presente investigación hemos podido detectar que el uso de microorganismos eficientes en la agricultura es una fuente de grandes beneficios para los diferentes cultivos.

Se detectó presencia de un gran número de microorganismos Eficientes que sirven de biofertilizantes para el suelo y por ende a las plantas.

Situaciones planteadas

Desarrollar métodos o mecanismos que permitan a los agricultores conocer más sobre el uso de los microorganismos eficientes (ME) en la agricultura y como deberían ser aplicados.

Conocer sobre los microorganismos benéficos a las semillas es un mecanismo eficiente para la colocación de inóculos microbianos en el suelo, donde estarán bien posicionados para germinar y colonizar las raíces de las plántulas, protegiéndolas contra plagas y enfermedades.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con la información recopilada se concluye lo siguiente:

Los microorganismos eficientes (ME), comprenden una gran variedad microbiana representada por bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con actividad fermentativa.

Los microorganismos eficientes (ME) tienen numerosas aplicaciones agrícolas que favorecen la germinación de semillas, incrementan la floración, aumentan el crecimiento y desarrollo de los frutos, aumentan la biomasa, garantizan una reproducción exitosa en las plantas, mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades.

Los ME Incrementan la actividad fotosintética y la absorción agua y nutrientes en las plantas, también reducen los tiempos de maduración de abonos orgánicos en particular el composteo, lo cual ofrece importantes aplicaciones agrícolas.

Existe una gran diversidad de microorganismo eficientes (ME), que ayudan a la descomposición vegetal.

Gracias a la presente investigación se pudo comprobar que los microorganismos eficientes (ME) son de gran importancia en la agricultura sostenible y sustentable.

V. RECOMENDACIONES

Tomando como referencia las conclusiones planteadas anteriormente se recomienda:

Implementar capacitaciones como alternativa para que los agricultores conozcan sobre los microorganismos eficientes y su gran importancia en la agricultura.

Recomendar a los productores que utilicen productos a base de microorganismos eficientes.

Desde el punto de vista comercial, recomendar los rizobios como potenciadores en la agricultura gracias a su habilidad de fijar el nitrógeno.

Utilizar microorganismos que promuevan el desarrollo de las raíces de las plantas para que necesiten menos agua, así el suelo se vuelve sustentable a las sales.

VI. BIBLIOGRAFÍAS

Acosta. 2018. Pseudomonas y otros bacilos gramnegativos oportunistas | Sherris. Microbiología médica, 6e | Access Medicina | McGraw-Hill Medical. Access Medicina (en línea, sitio web). Disponible en <https://accessmedicina.mhmedical.com/Content.aspx?bookid=2169§ionid=162984423>.

Arismendi, E; Pacheco, F; Cárcamo, M. 2010. Microorganismos Eficientes, ¿fórmula mágica? (en línea, sitio web). Disponible en http://www.rapaluruguay.org/organicos/articulos/microorganismos_eficientes.html.

Cervantes, M. 2018. Microorganismos del suelo beneficiosos para los cultivos. (en línea, sitio web). Disponible en https://www.infoagro.com/hortalizas/microorganismos_beneficiosos_cultivos.htm.

Conn, M; Margarita, L. 2010. Caracterización de las cepas ICA L9 e ICA J96, de bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno y pruebas de estabilidad de inoculantes elaborados para cultivos de arveja y soya (en línea) (En accepted: 2010-12-09t15:54:42z).. Disponible en <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/824>.

Domingues Duarte, CF; Cecato, U; Trento Biserra, T; Mamédio, D; Galbeiro, S; Domingues Duarte, CF; Cecato, U; Trento Biserra, T; Mamédio, D; Galbeiro, S. 2020. Azospirillum spp. en gramíneas y forrajeras. Revisión (en línea). Revista mexicana de ciencias pecuarias 11(1):223-240. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>.

EcuRed. 2017. Rhizobium - EcuRed (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.ecured.cu/Rhizobium>.

EuroAgro. 2020. microazot.pdf (en línea, sitio web). Disponible en <http://euroagroec.com/wp-content/uploads/2013/12/microazot.pdf>.

Fonca. 2017. Cultivos de Paenibacillus y Bacillus Mycoides. Primera parte – Comunicaciones Especulativas (en línea, sitio web). Disponible en

<http://interspecifics.cc/comunicacionesespeculativas/2017/06/26/cultivos-primer-parte/>.

Garces. 2018. Penicillium - EcuRed (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.ecured.cu/Penicillium>.

Gelambi, M. 2018. Rhizobium: características, morfología, hábitat y beneficios (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.lifeder.com/rhizobium/>.

González, A. 2020. Microorganismos, los aliados de la agricultura sostenible - Cajamar Caja Rural (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/investigacion/bioeconomia/noticias/microorganismos-los-aliados-de-la-agricultura-sostenible/>.

Grageda-Cabrera, OA; Díaz-Franco, A; Peña-Cabriales, JJ; Vera-Núñez, JA. 2016. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura (en línea). Revista mexicana de ciencias agrícolas 3(6):1261-1274. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342012000600015&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Keith, A. 2018. ¿Qué es un biofertilizante y por qué deberías usarlo? – El Blog de Aviporto (en línea, sitio web). Disponible en <http://aviporto.com/blog/2016/05/06/que-es-un-biofertilizante-y-por-que-deberias-usarlo-biof/>.

Landero, B; Obando, S; Salmerón, F; Valverde, L; Vivas, E. 2016. Agricultura sostenible para enfrentar los efectos del cambio climático en Nicaragua (en línea, sitio web). Disponible en <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/12896.pdf>.

López, AIS; Pazos, V. 2005. Aislamiento y selección de bacterias pertenecientes al género Bacillus con potencialidades para el control biológico en semilleros de tabaco. (3):5.

Lopez, F de SS de. 2017. Bacterias fijadoras de nitrogeno del genero Rhizobium (en línea, sitio web). Disponible en

<https://www.fertilab.com.mx/blog/269-bacterias-fijadoras-de-nitrogeno-del-genero-rhizobium/>.

Luna, A; Mesa, R. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores (en línea, sitio web). Disponible en [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/84-Texto%20del%20art%C3%ADculo-181-1-10-20170222%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/84-Texto%20del%20art%C3%ADculo-181-1-10-20170222%20(1).pdf).

Mato, DV. 2017. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. (3):13.

Molina. 2015. Los Biofertilizantes en la Agricultura | Intagri S.C. (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/biofertilizantes-en-agricultura>.

Morocho, MT; Leiva-Mora, M. 2019. Microorganismos e cientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. :11.

Muñoz, B; Sakurada, A. 2018. Herbaspirillum spp. (en línea). Revista chilena de infectología 35(5):545-546. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0716-10182018000500545>.

Nishikawa, T. 2016. Guia de la Tecnologia de EM (en línea). :36. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf>.

Novoa, MEB; Carvajal, ME. 2015. Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual. :100.

Pazmiño, J. 2020. “Importancia del uso de microorganismos del género Trichoderma sp. para el control biológico de los cultivos” (en línea, sitio web). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7963/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000064.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Probelte. 2019. Probelte - ¿Cómo funcionan los biofertilizantes en la agricultura ecológica? (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.probelte.es/noticia/es/-como-funcionan-los-biofertilizantes-en-la-agricultura-ecologica/60>.

Ramírez Marrache, K; Florida Rofner, N; Escobar Mamani, F. 2019. Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) (en línea). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 6(2):21-28. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2409-16182019000200004&Ing=es&nrm=iso&tIng=es.

Romero, T de J; Vargas, D. 2017. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas (en línea, sitio web). Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha08317.pdf>.

Sánchez, L; Tromps, J. 2014. Caracterización in vitro de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico (en línea). Revista de Salud Animal 36(2):124-129. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-570X2014000200008&Ing=es&nrm=iso&tIng=en.

Soriano, F. 2020. Blog – AEFA – Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (en línea, sitio web). Disponible en <https://aefa-agronutrientes.org/blog>.

Suárez-Machín, C; Garrido-Carralero, NA; Guevara-Rodríguez, CA. 2016. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. :10.

Tanya Morocho, M; Leiva-Mora, M; Tanya Morocho, M; Leiva-Mora, M. 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas (en línea). Centro Agrícola 46(2):93-103. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852019000200093&Ing=es&nrm=iso&tIng=es.

Trape, D. 2020. Glomus (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.asturnatura.com/genero/glomus.html>.

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales; Cano, MA. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp. Una revisión (en línea). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 14(2). DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.771>.

Villarreal-Delgado, MF; Villa-Rodríguez, ED; Cira-Chávez, LA; Estrada-Alvarado, MI; Parra-Cota, FI; Santos-Villalobos, S de los; Villarreal-Delgado, MF; Villa-Rodríguez, ED; Cira-Chávez, LA; Estrada-Alvarado, MI; Parra-Cota, FI; Santos-Villalobos, S de los. 2018. El género Bacillus como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola (en línea). Revista mexicana de fitopatología 36(1):95-130. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0185-33092018000100095&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Vital, L; Mendoza, A. 2014. Volumen XXVII - Número 2 - Revista: La ciencia y el hombre - Universidad Veracruzana (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol27num2/articulos/Azospirillum.html>.