



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente Práctico del Examen de grado de carácter Complexivo
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias
Agropecuarias, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Uso de las bacterias endófitas para el mejoramiento productivo en
cultivos de ciclo corto en el Cantón Babahoyo.”

AUTOR:

Andy Ariel Sánchez León.

TUTOR:

Ing. Agr. Rosa Guillén Mora. Mg.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

RESUMEN

“Uso de las bacterias endófitas para el mejoramiento productivo en cultivos de ciclo corto en el Cantón Babahoyo”.

Autor:

Andy Ariel Sánchez León.

Tutor:

Ing. Agr. Rosa Guillén Mora. Mg.

Los cultivos de ciclo corto representan un eslabón muy importante para la economía de nuestro país (Ecuador), en especial para el cantón Babahoyo, debido a que generan fuentes de empleo.

Las bacterias endófitas son aquellas que, en alguna etapa de su vida, colonizan los tejidos internos de las plantas, o en ocasiones a grandes números, sin ocasionar daños a los hospederos.

Estas bacterias cumplen una gran variedad de funciones como ser promotoras de crecimiento vegetal, control biológico sobre una diversidad de fitopatógenos, mejoran la eficiencia de los procesos de fitoremediación de compuesto tóxicos en la rizósfera. Estos microorganismos son fuentes inagotable de más de 20.000 compuestos biológicamente activos, los cuales influyen de manera directa en el rendimiento y supervivencia de las plantas hospederas. Las bacterias endófitas son reportadas por producir un número de metabolitos como antibióticos, metabolitos secundarios incluyendo algunos compuestos antitumorales, agentes antiinflamatorios, permitiendo mejorar la productividad agrícola.

Existen diferentes técnicas sobre el uso de bacterias endófitas que pueden usarse para el mejoramiento agrícola en los cultivos de ciclo corto.

Palabras claves: Bacterias endófitas, uso, mejoramiento, agricultura.

SUMMARY

"Use of endophytic bacteria for productive improvement in crop cycle crops in Babahoyo Canton".

Short-cycle crops represent a very important link for the economy of our country (Ecuador), especially for the Babahoyo canton, because they generate sources of employment.

Endophytic bacteria are those that, at some stage of their life, colonize the internal tissues of plants, or sometimes in large numbers, without causing damage to the hosts.

These bacteria fulfill a great variety of functions such as being plant growth promoters, biological control over a diversity of phytopathogens, and improving the efficiency of the phytoremediation processes of toxic compounds in the rhizosphere. These microorganisms are inexhaustible sources of more than 20,000 biologically active compounds, which directly influence the performance and survival of host plants. Endophytic bacteria are reported to produce a number of metabolites such as antibiotics, secondary metabolites including some antitumor compounds, anti-inflammatory agents, allowing to improve agricultural productivity.

There are different techniques on the use of endophytic bacteria that can be used for agricultural improvement in short-cycle crops.

Keywords: Endophytic bacteria, use, improvement, agriculture.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN	II
SUMMARY	III
ÍNDICE GENERAL	IV
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema de estudio.	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Preguntas orientadas	4
1.4. Justificación	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general.	5
1.5.2. Objetivo Específicos	5
1.6. Fundamentación teórica.....	5
1.6.1. ¿Que son bacterias endófitas?	5
1.6.2. Origen de las bacterias endófitas.....	5
1.6.3. Generalidades de las bacterias endófitas	6
1.6.4. Importancia de las bacterias endófitas.....	6
1.6.5. Localización de las bacterias endófitas.....	7
1.6.6. Función de las bacterias endófitas.....	8
1.6.7. Ingreso de las bacterias endófitas a la planta y sus beneficios.	9
1.6.8. Aplicaciones y estudios del uso de las bacterias endófitas	10
1.6.9. Aislamiento de las bacterias endófitas	11
1.6.10. Bacterias promotoras del crecimiento en plantas: Bacterias endófitas...	12

1.6.11. Bacterias endófitas asociadas al cultivo de arroz.....	12
1.6.11.1. ¿Cómo actúan las bacterias endófitas en el cultivo de arroz?	13
1.6.12. Bacterias endófitas asociadas al cultivo de maíz tolerante y susceptible a la sequía.....	14
1.6.12.1. ¿Cómo actúan las bacterias endófitas en el cultivo de maíz?.....	16
1.6.13. Bacterias endófitas asociada al cultivo de soja.	17
1.6.13.1. ¿Cómo actúan las bacterias endófitas en soja?	17
1.6.14. Uso de las bacterias endófitas como agentes de control biológico	18
1.7. Hipótesis	19
1.8. Metodología de la investigación	19
1.8.1.Modalidad de estudio.....	19
1.8.2. Métodos.....	19
1.8.3. Factores de estudios	20
CAPITULO II.....	21
RESULTADO DE LA INVESTIGACION	21
2.1. Desarrollo del caso	21
2.2. Situaciones detectadas	21
2.3. Situaciones planteadas	22
CONCLUSIONES	23
RECOMENDACIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	25

INTRODUCCIÓN

Las plantas y las bacterias endófitas han evolucionado desarrollando diferentes tipos de interacciones entre ellas estas pueden ser tipo comensalitas, mutualista y/o patogénicas. Prácticamente todas las plantas están colonizadas por una diversidad de bacterias conocidas como endófitas. Estas bacterias endófitas pueden ser detectadas en un momento particular dentro de los tejidos de plantas aparentemente sanos. La mayor parte de las endófitas colonizan diferentes compartimentos de la planta como apoplasto, incluyendo los espacios intercelulares de las paredes de las células y vasos del xilema (González 2018).

Cientos de ellas son capaces de colonizar los órganos reproductores de las plantas, ejemplificando, flores, frutos y semillas, Forman infecciones discretas dentro de los tejidos de plantas sanas para todo o casi todo su ciclo de vida (Baéz et al. 2019).

Existe una relación compleja entre las bacterias endófitas y la planta hospedadas, se cree que estas estimulan el crecimiento de plantas a través de la movilización de nutrientes del suelos, produciendo varios reguladores del aumento vegetal, defensa de plantas a fitopatógenos por el control o inhibición de dichos, mejorar la composición del suelo, los procesos de biorremediación de los suelos contaminados por el secuestro de metales pesados tóxicos y compuestos xenobióticos dentro los tejidos vegetales, las plantas cultivadas como arroz, maíz y soya se conocen con relativa profundidad el papel de las bacterias endófitas en el crecimiento vegetal y en la protección contra Fitopatógenos, Recientemente ha sido demostrada que bacterias endófitas son capaces de producir camptoteticina, un

compuesto similar a los producido por la especie vegetal *Camptotheca acuminata* (Villavicencio 2020).

Las bacterias endófitas desarrollan la mayoría de su periodo de vida en el interior de la planta sin provocar indicios de mal en ella. Se encuentra en pequeño agregados dispersos en todo el cuerpo de la planta primordialmente en los alrededores de las células de la epidermis y la exodermis y en las células del cortex. En este hábitat se genera el intercambio de nutrientes, gases integrados y se beneficia su actividad metabólica, las bacterias endófitas viven asintómicamente en los tejidos de las plantas y se han encontrado en casi todos los estudios de planta hasta la fecha. Ellas juegan un papel fundamental en las ocupaciones fisiológicas de la plantas hospedera e influyendo en el mejoramiento productivo ya estos pueden darse por estrés y resistencia a patologías, insectos y nematodos. Las endófitas también elevan el crecimiento de la planta y la capacidad de fijar nitrógeno en las plantas o cultivos hospederos (Pérez et al. 2013).

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema de estudio.

El presente trabajo investigativo trata sobre la temática “Uso de las bacterias endófitas para el mejoramiento productivo en cultivos de ciclo corto en el Cantón Babahoyo”.

1.2. Planteamiento del problema.

Los problemas en el sistema de producción de los cultivos de ciclo corto, en el Ecuador y por qué decirlo a nivel mundial es la falta de conocimientos sobre las bacterias endófitas en la agricultura y la ayuda que pueden dar para la rentabilidad de los cultivos de ciclo corto.

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 que pueden ser de gran ayuda para la alimentación del mismo.

1.3. Preguntas orientadas

¿Cómo reconocer la presencia de las bacterias endófitas?

¿Qué beneficios presentan el uso de las bacterias endófitas?

¿Cuáles son las condiciones en que favorecen al desarrollo de los cultivos de ciclo corto?

1.4. Justificación

Las bacterias endófitas están implicados en la protección natural de la planta contra enfermedades bacterianas, fúngicas y virales y pueden representar una fuente importante de agentes de control biológico. Producen gran cantidad de compuestos con actividad antimicrobiana e insecticida que mejoran la competitividad de la planta y la salud de las personas; esto se hace importante, debido a que existen microorganismos patógenos que afectan la sanidad de los seres vivos, los cuales también son una amenaza importante y crónica a la producción de alimentos, la estabilidad de los ecosistemas y la salud de los seres humanos en todo el mundo.

El presente trabajo investigativo está relacionado en el mejoramiento de los cultivos de ciclo corto con el uso de bacterias endófitas con el fin de contribuir al conocimiento de la biodiversidad de cultivos en e4l que puede ser usada estas bacterias.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general.

Determinar el beneficio de las bacterias endófitas en la producción de los cultivos de ciclo corto.

1.5.2. Objetivo Específicos

- Conocer el proceso que cumple las bacterias endófitas externa e interna en los cultivos de ciclo corto.
- Identificar cuáles son cultivos de ciclo corto en los que se presenta mejor asociación con las bacterias endófitas del suelo.

1.6. Fundamentación teórica

1.6.1. ¿Que son bacterias endófitas?

Las Bacterias endófitas son aquellas bacterias que habitan en tejidos de las plantas, especialmente espacios intercelulares, raramente en espacios intracelulares y dentro de tejidos vasculares sin causar síntomas de enfermedad en la planta (EcuRed 2020).

1.6.2. Origen de las bacterias endófitas

Las primeras evidencias de la asociación entre microorganismos endófitos y las plantas, se originaron gracias a las observaciones en los tejidos y las hojas fosilizadas, lo que soporta la inferencia de que la asociación planta - endófito pudo haber ocurrido junto con la aparición de las primeras plantas en la tierra.

Las diferentes disputas sobre el origen de las bacterias y la forma de penetración, además de los mecanismos de colonización, consideran la hipótesis de que se originaron desde semillas, la rizósfera (parte del suelo inmediata a las raíces vivas, de microflora de filoplano o de material utilizado para la propagación vegetativa) (Camelo 2016).

1.6.3. Generalidades de las bacterias endófitas

Estas bacterias tienen la capacidad de establecerse en la rizósfera, el filósfero, epífitos y el interior de tejidos de plantas. Los endófitos están protegidos de tensiones del medio ambiente y de la competencia microbiana de la planta (González 2018).

Se desarrollan parte de su ciclo de vida en el interior de los tejidos de la planta sin causar síntomas de daño en ella, colonizando los alrededores de las células de la epidermis, la exodermis, y las células de la corteza. La presencia de las bacterias endófitas diazótroficas, fijadoras de nitrógeno, ha sido detectada en raíz, tallo y hoja, de diferentes plantas, por ejemplo se realiza estudios de los genes involucrados en la detección de la actividad fijadora de nitrógeno (Vásquez y Álvarez 2018).

1.6.4. Importancia de las bacterias endófitas

La rizósfera comprende el volumen de suelo que rodea las raíces, misma porción que es influenciada química, física y biológicamente por la raíz de la planta. Generando un hábitat favorable para la proliferación de microorganismos y ejerce un impacto potencial en la salud de la planta y fertilidad del suelo (Ortiz-Galeana et al. 2018).

Los exudados de la raíz son compuestos ricos en aminoácidos, monosacáridos y ácidos orgánicos, los cuales sirven como fuente principal de alimento y mantienen el crecimiento dinámico y actividad de varios microorganismos dentro de las inmediaciones de las raíces. Estos organismos colonizadores de raíz pueden ser de vida libre, parásitos o sapófitos y, su diversidad continúa dinámica, permitiendo un cambio frecuente en la estructura de la comunidad y abundancia de especies (Singh 2006).

Un grupo significativo de estas comunidades microbianas, que ejercen efectos benéficos en el crecimiento de plantas sobre la colonización de la raíz, fueron llamadas rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas (PGPRs). El crecimiento acrecentado de la planta por (PGPRs) es cuantificado como un incremento en la emergencia de plántulas, vigor, biomasa, proliferación de sistema radicular y rendimiento en varias especies de plantas. (Zacarías 2009).

1.6.5. Localización de las bacterias endófitas

Las bacterias endófitas ingresan en el tejido vegetal sobre todo en la zona de la rizósfera; sin embargo, también pueden penetrar por las aperturas naturales aéreas de plantas, como en flores, tallos, cotiledones o a través de daño foliar.

Normalmente, pueden entrar en los tejidos a través de las aberturas que se forman en los puntos de emergencia de las raíces laterales, colonizando las radículas, así como las uniones de las raíces principales y secundarias, posteriormente los espacios intercelulares de la raíz, el parénquima y células corticales, algunos penetrando al cambium para alcanzar al tejido vascular incluyendo al de hojas y tallos (EcuRed 2020).

En el interior de la planta, las bacterias endófitas se sitúan cerca del punto de entrada o dispersas dentro de ella, ya que se han aislado de toda la planta incluyendo las semillas. Las preferencias de ubicación en sitios específicos, parece ser característico de compatibilidad especie-cepa. Las bacterias endófitas se localizan principalmente en la zona cortical de la raíz de la mayoría de las plantas, ya sea de manera latente o activa; pueden localizarse en los espacios intracelulares, intercelulares o en el tejido vascular.

Se ha demostrado que las bacterias endófitas son capaces de interactuar de una manera muy eficiente con sus hospederos, comparadas con aquellas que habitan en la filósfera o rizósfera (Ali et al., 2014).

De hecho, la rizósfera es uno de los ecosistemas más diversos como una fuente de adquisición de endófitos para las plantas, ya que las grietas de las raíces, así como las diversas heridas de tejidos que ocurren como resultado del crecimiento de la planta, entre otros daños mecánicos, permiten a las bacterias rizosféricas penetrar y colonizar los tejidos internos (Ortiz-Galeana et al. 2018).

1.6.6. Función de las bacterias endófitas

En la antigüedad se desconocían las funciones de los endófitos debido al desconocimiento de las mismas. En su inicio, las bacterias endófitas fueron consideradas como patógenos latentes o como contaminantes de una incompleta desinfección de la superficie, pero desde aquel tiempo han surgido diferentes reportes demostrando que son capaces de promover el crecimiento y la salud de la planta (EcuRed 2020).

Los microorganismos endófitos también inhiben a patógenos, debido a que ayudan a promover la contaminación, solubilizan fosfatos y contribuyen a la asimilación del nitrógeno por las plantas.

Las bacterias endofíticas alcanzan tener dos efectos principales.

1. Es posible que, incrementen la capacidad de las plantas de absorber los nutrientes del suelo, mediante el incremento y desarrollo de raíces, de tal manera ayuda a la solubilización de los fosfatos y la fijación biológica del nitrógeno.
2. Se documenta el potencial de estos microorganismos como agentes controladores de patógenos. Este fenómeno de biocontrol se presenta debido a que los endófitos pueden establecer una relación mutualista con la planta desde su interior, mediante la cual le confieren protección contra factores bióticos y abióticos adversos (Pérez-Cordero et al. 2015).

1.6.7. Ingreso de las bacterias endófitas a la planta y sus beneficios.

La penetración de las bacterias en las plantas puede ocurrir por estomas, heridas áreas de emergencia de las raíces laterales, debido a que dichas bacterias pueden producir enzimas hidrolíticas capaces de degradar la pared celular de los vegetales (Pérez et al. 2009).

Las bacterias endófitas forman parte importante en las actividades fisiológicas de las plantas hospedadas e influyendo en el mejoramiento en las respuestas al estrés y resistencia a enfermedades, insectos y nematodos.

También producen metabolitos secundarios muy importantes para las plantas que pueden afectar la regulación osmótica de la planta y cambiar la morfología de ciertas partes de la raíz. La colonización de plantas por bacterias endófitas como

agentes de control biológico induce a diferentes modificaciones en la pared celular que inducen la formación de una barrera estructural en el sitio potencial del ataque del Fitopatógenos (Vélez-Terranova et al. 2014).

Dichas bacterias se benefician a causa de las condiciones favorables que se encuentran dentro de la planta, no solo se encuentran protegidas a los cambios climáticos abióticos bruscos a los que estarían expuestos en el suelo sino a la concentración de nutrientes que es mayor dentro de la planta y no se ven sujetos a la competencia por recursos con otras bacterias (Morocho et al. 2019).

1.6.8. Aplicaciones y estudios del uso de las bacterias endófitas

Se ha encontrado varios estudios sobre las bacterias endófitas del álamo es capaz de biodegradar numerosos compuestos explosivos como es el caso de 2, 4, 6, trinitrotolueno (también conocido como TNT, un explosivo mundialmente utilizado), estas bacterias fueron capaces de mineralizar el 60% de estos explosivos en forma de dióxido de carbono en aproximadamente dos meses.

Otro de los estudios realizados fue en plantas de arveja las cuales fueron inoculadas con una bacteria endófitas del género *Pseudomonas*, capaz de degradar el herbicida, 2,4, ácido diclorofenoxiacético, también conocida como 2,4- D. En plantas inoculadas crecieron saludablemente y análisis en sus tejidos no mostraron una alta acumulación del herbicida en sus tejidos y claros efectos de intoxicación como crecimiento retardado, caída de las hojas y desarrollo de callos en sus raíces (Mayz y Manzi 2017).

Las bacterias endófitas han sido reportadas como agentes de control para fitopatogenos en diversos cultivos de ciclo corto, se ha comprobado que los mecanismos de control biológico mediado por bacterias endófitas están basados en diferentes mecanismos los cuales influyen antibióticos, la competencia por los nutrientes y nichos (CNN), o inductoras de resistencia sistemática (ISR). La activación de inductoras de resistencia sistemática se por las rutas bioquímicas de la hormona de etileno y el ácido jasmonico, si las plantas no presentara estas rutas el ISR no sería visible (Villarreal-Delgado et al. 2018).

1.6.9. Aislamiento de las bacterias endófitas

El aislamiento tradicional de las bacterias endófitas se basa en el uso de medios artificiales de agar con diferentes nutrientes y antibióticos. Existen diversos protocolos para elaborar medios que permiten el crecimiento selectivo de hongos y bacterias endófitas. El procedimiento de aislamiento consiste en esterilizar superficialmente el material vegetal que se desea examinar y ponerlo en cajas petri con el medio escogido. Esta preparación se mantiene en condiciones controladas hasta que los endófitos colonicen el medio (Zacarías 2009).

La esterilización superficial del material se realiza con soluciones de alcohol o cloro, para luego recortar en pedazos que se insertan en medio de aislamiento sólido. Luego de unos días de incubación es posible observar a simple vista el crecimiento de los hongos y bacterias sobre la superficie del agar. (La metodología de aislamiento basada en medios de cultivo presenta varios inconvenientes, entre los que se destaca en que no todos los microorganismos crecen en medios artificiales, lo que hace que la detección de muchos de ellos no sea posible mediante el cultivo en el laboratorio (Pantoja y Enrique 2016).

Esto conlleva a una subestimación de la diversidad microbiana endófitas. Posibles soluciones a este problema son el uso de técnicas moleculares que permitan detectar la presencia de los microorganismos sin necesidad de crecer los individuos, mediante la 14 amplificación de su ADN, y la optimización de los métodos de aislamiento tradicionales.

1.6.10. Bacterias promotoras del crecimiento en plantas: Bacterias endófitas

Las bacterias que promueven el crecimiento de las plantas son conocidas como PGPB (Plant Growth Promoting Bacteria) las cuales son utilizadas en la formulación de productos que se añaden a los cultivos con el fin de lograr mayor productividad (Regueira 2018).

Las bacterias endófitas promotoras de crecimiento tienen la capacidad de colonizar el interior de las plantas y establecer un tipo especial de relación en la que ambos organismos pueden obtener beneficios de esta interacción. También poseen diferentes mecanismos para la promoción de crecimiento, dentro de ellos se incluyen: actividad solubilizadora de fosfato, producción de fitohormonas, fijación biológica de nitrógeno, biosíntesis de sideróforos y el suministro de nutrientes esencial (Moreno et al. 2018).

1.6.11. Bacterias endófitas asociadas al cultivo de arroz

Las plantas de arroz se ven atacadas por muchas enfermedades causadas por múltiples fitopatógenos que dan como resultados la baja producción y la pérdida de los cultivos a nivel mundial. La aplicación de pesticidas para el control de estas enfermedades ha sido una técnica empleada, pero no ha traído eficacia en sus resultados y además acarrear un inminente peligro para el ambiente (Porcuna 2018).

Las bacterias endófitas viven de forma asintóticamente dentro de los tejidos de la planta. Estas bacterias juegan un papel importante en las actividades fisiológicas de las plantas hospederas e influyendo en el mejoramiento al estrés y resistencia a enfermedades, insectos y nematodos. Los endófitos también incrementan el crecimiento de la planta y la capacidad de fijar nitrógeno en la planta hospedera (Camelo 2016).

Las bacterias endófitas constituyen una búsqueda invaluable de metabolitos secundarios y sería una fuente de nuevos fármacos de importancia biotecnológica y un programa de gestión contra enfermedades de las plantas. Trabajos previos en arroz han encontrado bacterias diazotróficas, rizobiales, bacterias fototrófica anoxigénicas y bacterias endófitas, su función en la planta en la promoción del crecimiento, fijación del nitrógeno y resistencia a enfermedades (Mollo et al. 2019).

En busca de estrategias efectivas para el manejo de enfermedades, el control biológico con bacterias endófitas se convierte en una alternativa amigable en la sustitución de productos químicos (Pérez et al. 2013).

1.6.11.1. ¿Cómo actúan las bacterias endófitas en el cultivo de arroz?

Se ha demostrado que ciertas bacterias endófitas, denominadas también bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), son capaces de favorecer el crecimiento de las plantas, debido a que tienen la capacidad de transformar el nitrógeno atmosférico en formas metabolizables para los vegetales, entre otras propiedades (Vila 2015).

La caracterización de las bacterias en el cultivo de arroz y su comportamiento se presenta en forma orgánica en su 98% y solo un 2% se encuentra en forma de minerales inorgánicos que pueden servir a la nutrición vegetal, debido a esta baja proporción es la razón por lo que el empleo de fertilizantes nitrogenados ha sido una práctica recurrente en la agricultura extensiva (Frioni 2006).

La asociación simbiótica Rizobio- leguminosa ha sido muy estudiada debido a que es de gran uso en las prácticas agrícolas. Consiste en la infección de las células de la raíz por parte de rizobios y la formación de estructuras tumorales características llamados nódulos donde las bacterias llevan a cabo la fijación biológica de nitrógeno. (Vila 2015).

1.6.12. Bacterias endófitas asociadas al cultivo de maíz tolerante y susceptible a la sequía.

El maíz (*Zea mays*) actualmente el segundo cultivo alimenticio más importante en términos de fuentes de energía y un contenido de proteína de aproximadamente 9.2% en la nutrición humana (FAO 2016). La productividad de esta gramínea se limita por factores bióticos por varias plagas y enfermedades y abióticos como sequía, deficiencia de nutrientes, salinidad y altas temperaturas (Grover et al. 2007).

La sequía es el término meteorológico para la escasez de agua y es uno de los factores ambientales de estrés más importantes que afectan la germinación, vigor de la planta y productividad de los cultivos agrícolas y una posible alternativa para hacer frente a este problema es la generación de conocimiento sobre los microorganismos de las plantas que desempeñan una función importante en la expresión de resistencia al estrés por factores abióticos (Gond et al. 2015).

Los microorganismos endófitos son bacterias, hongos o virus que habitan, parte o todo su ciclo de vida, en el tejido interno de las plantas sin causar daño a su hospedante y que establecen una interacción simbiótica que modulan la sanidad de la planta y su habilidad para adaptarse a diferentes factores de estrés del ambiente (Hardoim et al. 2015).

Las bacterias endófitas representan un subgrupo dentro de la comunidad de bacterias de la rizosfera y rizoplano que colonizan el tejido interno de las raíces de la planta hospedante y que le confiere ventajas ecológicas sobre otras poblaciones que colonizan en forma epífita. Diversas especies de estas bacterias son Gram positivas y Gram negativas que se han aislado de diferentes tipos de tejido en numerosas especies de plantas (Sánchez-Bautista et al. 2018).

Existen evidencias del efecto positivo que inducen los microorganismos endófitos mediado por la expresión de mecanismos como el antagonismo, resistencia sistémica inducida (RSI) y adquirida (RSA), promotores del crecimiento de la planta, y la inducción de una respuesta de adaptación al estrés ambiental.

La relación entre la planta hospedante y la comunidad bacteriana endofíticas refleja la coevolución en el proceso de colonización influenciado por el genotipo, etapa de crecimiento, estado fisiológico y tejido de la planta, así como por las características del suelo, prácticas agronómicas y condiciones ambientales como la temperatura, agua y el suministro de nutrientes (Higgins et al. 2007).

En Maíz, la inoculación de estos microorganismos se relaciona con un incremento en la germinación, altura de la planta, biomasa radical y aérea que mejora el rendimiento. De tal manera, se ha demostrado la eficiencia con la inoculación de estas bacterias en maíz promoviendo tolerancia al stress por sequía

(Fan et al. 2015), mediado por el incremento de la longitud y biomasa de la raíz mejorando la absorción de agua y nutrientes. Las bacterias endófitas pueden inducir tolerancia contra enfermedades abióticas como salinidad y sequía, mientras que algunas poblaciones confieren tolerancia a factores de estrés específico y son responsables de la supervivencia de las plantas bajo esas condiciones particulares del ambiente (Gond et al. 2015).

Los microorganismos que establecen una interacción positiva con las raíces de las plantas desempeñan un papel clave en sistemas agrícolas con un promisorio potencial biotecnológico para su uso en una agricultura sostenible (Sánchez-Bautista et al. 2018).

1.6.12.1. ¿Cómo actúan las bacterias endófitas en el cultivo de maíz?

Muchas bacterias son amigas del maíz; claro, es una amistad no tan altruista, pero si es mutuamente benéfica. La planta les habla a las bacterias del suelo a través de su raíz, empleando un lenguaje químico y proporcionándoles nutrientes como deliciosos azúcares, aminoácidos, proteínas y vitaminas; con todo ello, las motiva a formar parte de su equipo. Por su parte, algunas bacterias, a cambio de nutrientes orgánicos, le proporcionan a la planta ayuda para la solubilización de ciertos minerales que están en el suelo, pero que las plantas no pueden tomar por sí mismas, como fósforo, nitrógeno o hierro (Vila 2015).

Otras bacterias producen fitohormonas, que son compuestos que ayudan en el desarrollo de las plantas, como en la formación de tallos, raíces, floración, maduración de los frutos y defensa contra otros patógenos (Fitohormonas: reguladores de crecimiento y bioestimulantes 2017).

A las bacterias que proveen el desarrollo de las plantas son llamadas bacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPR (por sus siglas en inglés). Por otra parte, algunas bacterias son como soldados de batalla contra patógenos que atacan a la planta, algunas de ellas producen antibióticos que solo afectan a organismos dañinos para plantas; e incluso algunas bacterias, ayudan a la planta, peleándose químicamente con ella y así la entrenan para defenderse de los verdaderos enemigos (INECOL 2021).

1.6.13. Bacterias endófitas asociada al cultivo de soja.

Los estudios que abordan a los microorganismos endófitos de la soja, desde sus inicios se han enfocado en los patógenos latentes. Estas infecciones latentes ocasionadas por patógenos son consideradas uno de los más altos niveles de parasitismo debido a la coexistencia temporal del hospedante y el parásito, con un mínimo daño hacia el hospedante (Perelló y Simón 2016).

Las infecciones endofíticas son asintomáticas en la estación de crecimiento del cultivo sin embargo, hacia el final del ciclo o por muerte de tejidos o por condiciones ambientales favorables para el patógeno, se manifiestan ocasionando daños en la calidad y los rendimientos de granos de soja. De tal manera que las infecciones latentes son consideradas relevantes en epidemiología, en el control de enfermedades de las plantas y en el mejoramiento para el logro de resistencias o tolerancias frente a patógenos (Larran et al. 2016).

1.6.13.1. ¿Cómo actúan las bacterias endófitas en soja?

Las bacterias que promueven el crecimiento de las plantas incluyen un grupo heterogéneo de microorganismos tales como las cianobacterias, bacterias que establecen relaciones simbióticas con las plantas, y otras que colonizan los tejidos de las plantas (rizosféricas/endofíticas) (Wevar et al. 2019).

Las bacterias promotoras del crecimiento en las plantas, han demostrado ser una herramienta útil en agricultura, porque permiten el incremento directo en el crecimiento y la productividad vegetal, al proveer la disponibilidad de recursos nutritivos para la planta (fijación de nitrógeno atmosférico, solubilización de fósforo, etc.), o por modular los niveles de hormonas vegetales, de producirlas; de tal forma indirecta por disminuir o inhibir completamente los efectos nocivos de diversos patógenos vegetales (Rodríguez 2017).

1.6.14. Uso de las bacterias endófitas como agentes de control biológico

El creciente aumento de la población humana ha obligado a los países, utilizar estrategias para producir alimento a gran escala para satisfacer las necesidades a nivel mundial. La pérdida de los cultivos por problemas fitosanitarios sigue siendo uno de los problemas grave debido al aumento de las enfermedades que se presentan durante el desarrollo de estos cultivos (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017).

Los microorganismos endófitos han sido reportados como agentes de control para fitopatógenos en diversos cultivos, se ha comprobado que los mecanismos de control biológico mediado por bacterias endófitas están basados en diferentes mecanismos los cuales incluyen antibiosis, la competencia por los nutrientes y nichos (CNN) y la resistencia sistémica inducida (ISR). Hasta ahora, sólo el papel de la ISR en el control biológico mediado por endófitas ha sido confirmado en planta. Este hecho ha sido elucidado mediante observaciones microscópicas de bacterias endófitas dentro de la planta, donde se inducen cambios morfológicos asociados con el ISR y reducir los síntomas de la enfermedad en los lugares donde el propio endófito está ausente (Sánchez-Fernández et al. 2013)

1.7. Hipótesis

Al realizar el uso de bacterias endófitas en los cultivos de ciclo corto en el cantón Babahoyo, evitará problemas en el suelo y en las plantas, lo cual nos permitirá mejorar la productividad de los cultivos.

1.8. Metodología de la investigación

1.8.1. Modalidad de estudio

La técnica de investigación de este documento práctico se realizará en la compilación bibliográfica de información obtenida de textos como revistas, enciclopedia, artículos científicos, tesinas, tesis y páginas web.

La información obtenida será sometida a técnicas de análisis y síntesis, con la finalidad de conocer sobre el uso de bacterias endófitas como técnica de mejoramiento productivo en los cultivos de ciclo corto.

1.8.2. Métodos

Los métodos de estudio aplicados en el presente trabajo de investigación:

- **Deductivo:** Este método busca deducir lógicamente las consecuencias de un problema
- **Inductivo:** A través de este método se alcanzan conclusiones generales a partir de hipótesis o antecedentes en particular que presente la investigación.

1.8.3. Factores de estudios

En el presente trabajo investigativo tiene como factores de estudio los siguientes:

- Cultivos de ciclo cortó.
- Bacterias endófitas.
- Mejoramiento de los cultivos.

CAPITULO II

RESULTADO DE LA INVESTIGACION

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento tiene como finalidad compilar información referente al uso de las bacterias endófitas para el mejoramiento productivo en cultivos de ciclo corto en el cantón Babahoyo.

Las bacterias endófitas son capaces de aumentar la capacidad de las plantas, de asimilar los nutrientes del suelo, mediante el incremento y desarrollo de raíces, de tal manera ayuda a la solubilización de los fosfatos y la fijación biológica del nitrógeno.

2.2. Situaciones detectadas

Durante el periodo de la investigación pudimos detectar que son muy escasos los estudios realizados sobre el uso de las bacterias endófitas para el mejoramiento productivo de los cultivos de ciclo cortos en la zona de Babahoyo.

Las bacterias endófitas promotoras de crecimiento tienen la capacidad de colonizar el interior de las plantas y establecer un tipo especial de relación en la que ambos organismos y pueden obtener grandes beneficios de esta interacción.

Las bacterias endófitas pueden ser usadas como un control biológico para plagas y enfermedades, al mismo tiempo mejorar la vida útil de los suelos y fijar los nutrientes en las plantas.

2.3. Situaciones planteadas

Es de gran importancia dar a conocer a los pequeños y medianos agricultores de la zona de Babahoyo sobre el uso de las bacterias endófitas, debido a que puede ser una buena opción para mejorar la producción de los cultivos de ciclo corto.

Disminuir malas técnicas agrícolas para mejorar la rentabilidad de los cultivos de ciclo corto.

Realizar estudios sobre el uso de las bacterias endófitas en la zona de Babahoyo en los cultivos de ciclo corto para dar a conocer a los agricultores los beneficios que puede tener el uso de las mismas.

CONCLUSIONES

Por la información recopilada se concluye lo siguiente:

El uso de bacterias endófitas, se proyecta como un método para emplear nuevas técnicas agrícolas para mejorar la productividad de los cultivos de ciclo corto en la zona de Babahoyo.

La mayoría de los agricultores de la zona de Babahoyo no cuentan con conocimientos sobre los beneficios que posee el uso de bacterias endófitas en la agricultura.

Las bacterias endófitas se ven beneficiadas a causa de las condiciones favorables que se encuentran dentro de la planta por lo que sería muy buena técnica de uso para mejorar la productividad de los cultivos de ciclo corto.

Los cultivos de ciclo corto que tienen una mejor asociación con las bacterias endófitas son arroz, maíz y soja.

RECOMENDACIONES

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Concientizar a todos los productores, en especial a los productores de cultivos de ciclo corto a que pongan en práctica el uso de bacterias endófitas para el mejoramiento de la agricultura en la zona de Babahoyo.

Establecer en los cultivos de ciclo corto un control biológico a base de uso de bacterias endófitas.

Realizar la rotación de los cultivos para evitar que se desarrolle una resistencia de los diferentes ingredientes activos, de plaga o enfermedades que puedan afectar el uso de las bacterias endófitas.

Brindar charlas o capacitaciones sobre el uso de las bacterias endófitas para el mejoramiento de la productividad de los cultivos de ciclo corto a los pequeños y medianos agricultores.

BIBLIOGRAFÍA

Baéz, N; Ferrera, O; Guevara, E; Reverchon, F. 2019. Los microbios de las plantas, una mirada a la biotecnología. Ecología (en línea, sitio web). Consultado 3 abr. 2021. Disponible en <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/699-los-microbios-de-las-plantas-una-mirada-a-la-biotecnologia>.

Camelo, D. 2016. Bacterias endofitas (en línea). . Consultado 5 abr. 2021. https://www.academia.edu/24089744/BACTERIAS_ENDOFITAS_RESUMEN.

EcuRed. 2020. Bacteria endófitas - EcuRed. Informativa (en línea, sitio web). Disponible en https://www.ecured.cu/Bacteria_end%C3%B3fita.

Fitohormonas: reguladores de crecimiento y bioestimulantes. 2017. (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.redagricola.com/cl/fitohormonas-reguladores-de-crecimiento-y-bioestimulantes/>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2017. EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION 2017: aprovechar los sistemas... alimentarios para lograr una transformacion rural. Place of publication not identified, FOOD & AGRICULTURE ORG.

González, Á. 2018. Endófitos antagonistas de patógenos del tomate [*Solanum lycopersicum* L.].” (en línea, sitio web). Consultado 3 abr. 2021. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/71047/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

INECOL. 2021. Bacterias, aliadas de la agricultura (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1129-bacterias-aliadas-de-la-agricultura>.

Larran, S; Perelló, A; Simón, MR. 2016. "Estudio de la micobiota endofítica asociada a trigo y soja y su significancia en la interacción con patógenos fúngicos" (en línea, sitio web). Consultado 5 abr. 2021. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/54499/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Mayz, JC; Manzi, LV. 2017. Bacterias hidrocarburoclásticas del género *Pseudomonas* en la rizosfera de *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (en línea). *Revista Colombiana de Biotecnología* 19(1):29-37. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n1.57408>.

Mollo, GR; Ferrando, L; Scavino, AF. 2019. AISLAMIENTO DE BACTERIAS ENDÓFITAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN PLANTAS DE ARROZ CULTIVADAS EN DIFERENTES SUELOS. :20.

Moreno, A; Garcia, V; Reyes, L; Vasquez, J; Cano, P. 2018. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable (en línea, sitio web). Consultado 5 abr. 2021. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v20n1/0123-3475-biote-20-01-68.pdf>.

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. Consultado 5 abr. 2021. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S025357852019000200093&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Ortiz-Galeana, MA; Hernández-Salmerón, JE; Valenzuela-Aragón, B; e losSantos-Villalobos, S d; Rocha-Granados, M del C; Santoyo, G; Ortiz-Galeana, MA; Hernández-Salmerón, JE; Valenzuela-Aragón, B; e losSantos-Villalobos, S d; Rocha-Granados, M del C; Santoyo, G. 2018. DIVERSIDAD DE BACTERIAS ENDÓFITAS CULTIVABLES ASOCIADAS A PLANTAS DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi CON ACTIVIDADES PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL

(en línea). Chilean journal of agricultural & animal sciences 34(2):140-151. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000403>.

Pantoja, F; Enrique, L. 2016. Identificación de bacterias endofitas aisladas de Teocintle y Maíz con potencial para promover el crecimiento vegetal. (en línea) (En accepted: 2016-03-17t18:58:05z). . Consultado 4 abr. 2021. Disponible en <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/16810>.

Perelló, A; Simón, R. 2016. (en línea, sitio web). Consultado 16 abr. 2021. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/54499/Documento_completo-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Pérez, A; Pérez, R; Chamorro, M. 2013. BACTERIAS ENDOFITAS ASOCIADAS A CULTIVO DE ARROZ CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA SOBRE *Burkholderia glumae* (en línea). s.l., s.e. Disponible en <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/18-Texto%20del%20art%C3%ADculo-74-1-10-20151020.pdf>.

Pérez, A; Sierra, JR; Valen, H. 2009. Biología y perspectiva de microorganismos endófitos asociados a plantas (en línea). Revista Colombiana de Ciencia Animal 1(2):286-301. Consultado 5 abr. 2021. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3269742>.

Pérez-Cordero, A; Barraza-Roman, Z; Martínez-Pacheco, D. 2015. Identificación de bacterias endófitas resistentes a plomo, aisladas de plantas de arroz. (en línea). Agronomía Mesoamericana 26(2):257. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19281>.

Porcuna, L. 2018. Manejo de Plagas y enfermedades en producción ecológica (en línea, sitio web). Consultado 5 abr. 2021. Disponible en https://www.alcoi.org/export/sites/default/es/areas/medi_ambient/cimal/descargas/MA-NEJO-PLAGAS-Y-ENFERMEDADES-EN-PRODUCCION-ECOLOGICA.pdf.

Regueira, E. 2018. ENDÓFITOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL DEL TOMATE [*Solanum lycopersicum* (L.)] (en línea). :43. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/68971/Documento_completo.%20Regueira%20Esteban.pdf-PDFA2u.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Rodríguez, EP. 2017. Producción de bacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPBs) a partir de residuos de la industria agroalimentaria. :39.

Sánchez-Bautista, A; León-García de Alba, CD; Aranda-Ocampo, S; Zavaleta-Mejía, E; Nava-Díaz, C; Goodwin, PH; Leyva-Mir, SG; Sánchez-Bautista, A; León-García de Alba, CD; Aranda-Ocampo, S; Zavaleta-Mejía, E; Nava-Díaz, C; Goodwin, PH; Leyva-Mir, SG. 2018. Bacterias endófitas de la raíz en líneas de maíces tolerantes y susceptibles a sequía (en línea). *Revista mexicana de fitopatología* 36(1):35-55. DOI: <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1710-3>.

Sánchez-Fernández, RE; Sánchez-Ortiz, BL; Sandoval-Espinosa, YKM; Ulloa-Benítez, Á; Armendáriz-Guillén, B; García-Méndez, MC; Macías-Rubalcava, ML. 2013. Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas* 16(2):132-146.

Vasquez, C; Álvarez, T. 2018. Aislamiento, selección y caracterización de bacterias endófitas promotoras del crecimiento de plantas. (en línea, sitio web). Consultado 3 abr. 2021. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18261/T1940.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Vélez-Terranova, M; Gaona, RC; Sánchez-Guerrero, H. 2014. Uso de metabolitos secundarios en las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. :12.

Vila, NE. 2015. Caracterización de bacterias endófitas asociadas a variedades de arroz (*Oryza sativa*) y su comportamiento frente a BPCV. :80.

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. DOI: <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>.

Villavicencio. 2020. Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. | Orius Biotech | Soluciones para la producción agropecuaria sostenible (en línea, sitio web). Consultado 3 abr. 2021. Disponible en https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutrici%C3%B3n_vegetal.

Wevar, O; Ibañez; Vezza; Talano; Agostini. 2019. REBIOS 2019 XII Reunión Nacional Científico Técnica de Biología del Suelo desarrollada en la Facultad de Agronomía de la UBA (en línea, sitio web). Consultado 15 abr. 2021. Disponible en <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/4291/Libro%20ReBios%202019%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Zacarías, MIN. 2009. Aislamiento y caracterización de bacterias endófitas de papa asociadas con síntomas de punta morada. :54.