



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,
como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

Bacteria benéfica *Pseudomona fluorescens* como agente de control
biológico para mejorar la producción del cultivos de maíz.

AUTORA:

Arelis Andreina Aviléz Alvear.

TUTOR:

Ing. Agr. Rosa Guillén Mora, Ng.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2021

RESUMEN

El presente documento detalló sobre la Bacteria benéfica *Pseudomona fluorescens* como agente de control biológico para mejorar la producción del cultivo de maíz. El cultivo de maíz es uno de los principales cultivos que generan fuente de ingreso a los agricultores que se encargan de la producción de esta gramínea; sin embargo, debido a múltiples factores que repercuten los rendimientos, es necesario buscar alternativas que suplan este déficit; destacándose productos biológicos que no causen deterioro ambiental. Por lo detallado se determinó que las cepas de rizobacterias como *Pseudomona fluorescens* poseen efecto antagónico a los hongos *Curvularia sp*, *Fusarium sp* y *Alternaria*, constituyendo un efecto esencial con bacterias asociadas a las plantas en maíz; la contaminación ambiental causada por la humanidad debido al uso de productos químicos como fungicidas, insecticidas, nematocidas y fertilizantes inhiben la actividad de los microorganismos en el suelo a fin de mejorar la productividad agrícola, debido a que provocan desequilibrio ecológico; por lo tanto es necesario un manejo sustentable del suelo y el agua para conservar los recursos naturales en beneficio de los cultivos; las interacciones microbianas en el suelo promueven la diversidad biológica del suelo y relación con las plantas y la aplicación de *Pseudomona fluorescens* como agente de control biológico reduce la incidencia de enfermedades e influye en las características agronómicas de altura de planta, altura de inserción de la mazorca, diámetro y longitud de la mazorca y rendimiento en el cultivo de maíz.

Palabras claves: *Pseudomona fluorescens*, control biológico, rendimiento.

SUMMARY

This document detailed about the beneficial Bacterium *Pseudomona fluorescens* as a biological control agent to improve the production of the corn crop. The cultivation of corn is one of the main crops that generate a source of income for the farmers who are responsible for the production of this grass; however, due to multiple factors that affect yields, it is necessary to look for alternatives to make up for this deficit; highlighting biological products that do not cause environmental deterioration. Due to the details, it was determined that rhizobacteria strains such as *Pseudomona fluorescens* have an antagonistic effect against the fungi *Curvularia* sp, *Fusarium* sp and *Alternaria*, constituting an essential effect with bacteria associated with plants in corn; environmental pollution caused by mankind due to the use of chemical products such as fungicides, insecticides, nematicides and fertilizers inhibit the activity of microorganisms in the soil in order to improve agricultural productivity, because they cause ecological imbalance; therefore, a sustainable management of soil and water is necessary to conserve natural resources for the benefit of crops; microbial interactions in the soil promote soil biological diversity and relationship with plants and the application of *Pseudomona fluorescens* as a biological control agent reduces the incidence of diseases and influences the agronomic characteristics of plant height, ear insertion height , diameter and length of the ear and yield in the corn crop.

Keywords: *Pseudomona fluorescens*, biological control, performance.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. General	4
1.4.2. Específicos.....	4
1.5. Fundamentación teórica.....	4
1.6. Hipótesis	14
1.7. Metodología de la investigación	14
CAPÍTULO II	15
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1. Desarrollo del caso	15
2.2. Situaciones detectadas	15
2.3. Soluciones planteadas	16
2.4. Conclusiones	16
2.5. Recomendaciones	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de ciclo corto son todos aquellos cultivos cuyo ciclo de vida, es decir desde el momento que nacen hasta el momento que finiquitan su ciclo productivo, transcurren en menos de 365 días. Con la particularidad de que una vez obtenido el fruto existe la necesidad de volverlos a sembrar (Sofos, 2021).

El control biológico de plagas consiste en el uso de enemigos naturales y microorganismos para el control de sus poblaciones; sin embargo el control biológico de plagas en los últimos tiempo es indispensable para evitar el uso indiscriminado de pesticidas químicos que causan daños al ecosistemas y a la salud humana (Nicholls, 2018).

En la rizósfera, uno de los principales sitios donde se presentan microorganismos, específicamente funcionales, como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfatos, promotores del crecimiento vegetal, biocontroladores y especies patogénicas, normalmente, compiten por espacio y por nutrientes. Estas interrelaciones entre microorganismos inciden en la interacción suelo-planta-microorganismos-ambiente y repercuten, de forma directa, en el crecimiento y en el desarrollo de las especies vegetales (Cano, 2016).

Entre los microorganismos más importantes se encuentran las bacterias de los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* y hongos de los géneros *Fusarium*, *Gliocladium* y *Trichoderma*. Las bacterias del grupo de *Pseudomonas fluorescens* son consideradas las más eficaces para controlar enfermedades foliares y de las raíces. En pruebas in vitro con *Pseudomonas* sp. aislados de plátano, estos microorganismos mostraron la capacidad de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos del suelo, tales como *Fusarium oxysporium*, f. s. *lycopersici*, *Pythium ultimum*, *R. solani*, *S. rolfsii*, *Phytophthora nicotianae*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium solani* (Fernández-Larrea Vega, O. (2011).

El presente documento tuvo como finalidad resaltar la importancia de la bacteria benéfica *Pseudomonas fluorescens* como agente de control biológico.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El tema planteado trató lo referente a la bacteria benéfica *Pseudomonas fluorescens* como agente de control biológico para mejorar la producción de cultivos de maíz.

La estimulación de la germinación de la semilla y emergencia de plántulas pueden obtener mayores beneficios mediante la aplicación de las bacterias *Pseudomonas fluorescens* a través de la síntesis de las fitohormonas y proteínas.

1.2. Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas que presentan los agricultores es la baja productividad de sus cultivos, especialmente los de ciclo corto como son arroz, maíz, soya y hortalizas, lo que repercute en sus ingresos económicos y baja la calidad de vida tanto de él como de su familia.

Ciertas investigaciones en el cultivo de maíz, promueven que la falta de aplicación de bacterias benéficas a los cultivos pueden causar un sin número de factores de riesgos asociados a los bajos rendimientos como son la incidencia de insectos, plagas y la aparición de enfermedades; además los cultivos inhiben su crecimiento y desarrollo.

Por otra parte la calidad de los suelos se encuentran deteriorados constantemente por el uso indiscriminado de productos químicos como fertilizantes y pesticidas, siendo imprescindible el uso de bacterias benéficas en la agricultura, como medio de conservación de suelos.

1.3. Justificación

Un creciente consenso de consumidores, ambientalistas, legisladores y productores coinciden en que las actuales prácticas de producción tendrán que cambiar considerablemente para alcanzar una reducción significativa en el uso de pesticidas en la agricultura, desarrollando sistemas agrícolas que sean productivos, rentables, conservadores de energía, ambientalmente sanos, preservadores de los recursos naturales y que aseguren alimento sano y de calidad. Una transición exitosa de un sistema de producción química a una agricultura más sostenible, depende ampliamente de las prácticas que los productores hagan para mantener la calidad de sus suelos agrícolas. En efecto, la calidad del suelo es la clave para una agricultura sostenible (Higa y Parr 2019).

La planta de maíz, está en constante interacción con los microorganismos del suelo, entre estos las bacterias que se encuentran en su rizósfera; mediante interacción química, a través de sus raíces, la planta les proporciona diversos nutrientes, incluyendo vitaminas y aminoácidos a las bacterias; algunas bacterias como *Pseudomonas fluorescens* corresponden a la planta ayudándola a tomar minerales, o produciendo compuestos como: las fitohormonas (que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta) o los antibióticos (que ayudan a frenar el ataque de otros microorganismos contra la planta). Esta interacción benéfica planta-bacteria permite un balance entre el crecimiento y la salud de los cultivos, lo cual tiene un impacto en la producción agrícola y favoreciendo una agricultura sustentable (Ferrera y Ortiz 2020).

La bacteria *Pseudomonas fluorescens*, cumple su función como agente de control biológico y su reciente acción como patógeno de los cultivos. Su empleo como control biológico para biorremediación, y recientemente su capacidad para infectar tejido vegetal, la han hecho objeto de múltiples estudios en todo el mundo (Pérez et al. 2015)

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Describir la importancia de la bacteria benéfica *Pseudomonas fluorescens* como agente de control biológico para mejorar la producción del cultivo de maíz.

1.4.2. Específicos

- Recopilar información sobre el control biológico en cultivos de maíz.
- Establecer los beneficios de la bacteria benéfica *Pseudomonas fluorescens* como agente de control biológico.

1.5. Fundamentación teórica

Maridueña (2020) publica que:

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, es una de las especies cultivadas más productivas, además de esto el maíz tiene el más alto potencial para producción del carbohidrato por unidad de superficie por día. En el país este grano se viene cultivando desde hace siglos y es una importante fuente de ingreso para las familias ecuatorianas dedicadas a la agricultura. Hoy en día es necesario adquirir productos de calidad para obtener una cosecha abundante y fuerte, tales como fertilizantes, insecticidas y fungicidas e incluso hasta semillas que sean productivas como son los híbridos.

Iglesias *et al.* (2018) enfatizan que:

El maíz es un cultivo tradicional de la serranía andina y de la costa, se lo

cultiva desde épocas prehispánicas, conocido con el nombre de sara o kuri sara, es originario de México y llegó a costas ecuatorianas hace aproximadamente 4300 años. Por sus propiedades alimenticias y nutritivas, y su facilidad agronómica, este vegetal, se ha constituido un importante elemento de la cultura y tradiciones andinas y se lo consume en forma de grano tierno y maduro, harinas, bebidas, etc.

Desde el punto de vista de Delgado (2019):

El maíz es un cultivo de alta importancia económica en el Ecuador, se lo siembra en todo el país bajo diferentes condiciones ambientales de temperatura, humedad, régimen de lluvias, luminosidad, labranza y suelos. Este constituye la principal materia prima para la elaboración de alimentos balanceados destinados a la industria animal y su producción.

El mismo autor señala que a nivel mundial la población se ha incrementado considerablemente a partir de la última década, esto ha hecho que la frontera agrícola también aumente de la misma manera, superando anualmente los 2000 millones de hectáreas. En el mundo se siembran anualmente cerca de 120 millones de hectáreas, con rendimientos de alrededor de 480 millones de toneladas métricas anuales (Delgado 2019).

Iglesias *et al.* (2018) da a conocer que:

Este cultivo resulta fundamental para la supervivencia de las poblaciones rurales y urbanas de la región, constituyendo una importante fuente de su alimentación. La creciente demanda por la gramínea lleva a buscar estrategias de aumento de la producción expresadas en mayores niveles de rendimiento que optimicen el uso de recursos amigables con el ambiente y que sean de fácil aplicación local.

Valle y Johsimar (2019) declara que:

El maíz es un cultivo de mucha importancia económica en nuestro país, se lo siembra tanto en la costa como en la sierra. A nivel nacional la superficie cosechada de maíz duro presenta una tasa media de

crecimiento. El maíz duro seco está localizado principalmente en la región costa. La provincia de Los Ríos es la que más se dedica a este cultivo, seguido de Guayas y Loja.

Centurión y Ocampos (2015) agrega que:

El maíz, como cualquier otro cultivo presenta problemas fitosanitarios y en especial enfermedades como las manchas foliares que limitan la producción reduciendo el rendimiento. Las pérdidas atribuidas a este tipo de enfermedad se asocian con la destrucción de tejidos fotosintéticos, limitando la intercepción de la radiación solar y la producción de fotoasimilados para el llenado de granos.

Quintal (2020) señala que:

Es necesario desarrollar tecnologías, que permitan aumentar la rentabilidad de la producción de maíz de una manera sustentable. Numerosas especies de microorganismos han sido aislados de la rizósfera y actúan de forma benéfica al ser reintroducidos al campo, al proveer de nutrientes a la planta huésped, así mismo pueden influir positivamente en la morfología y crecimiento de la raíz, mediante el estableciendo de relaciones simbióticas que favorezcan a la planta. Igualmente, pueden actuar como agentes de control biológico contra fitopatógenos, por lo que ayudan indirectamente a la productividad de la planta

Según Cano (2016):

Existe una amplia gama de interrelaciones entre especies de microorganismos en los ecosistemas, tales como sinérgicas, antagónicas, de competencia física y bioquímica, moduladas por múltiples y complejos factores bióticos y abióticos. En la rizósfera, uno de los principales sitios donde se presentan microorganismos, específicamente funcionales, como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfatos, promotores del crecimiento vegetal, biocontroladores y especies patogénicas, normalmente, compiten por espacio y por nutrientes. Estas interrelaciones entre microorganismos

inciden en la interacción suelo-planta-microorganismos-ambiente y repercuten, de forma directa, en el crecimiento y en el desarrollo de las especies vegetales.

Centurión y Ocampos (2015) reportan que:

La hoja de la espiga y aquellas que se encuentran por debajo y encima de la misma pueden representar el 33 y 40 % del área total de la planta. Así, una destrucción de 25 % del área foliar del maíz en su porción terminal, próxima a la floración, puede reducir 32 % la producción.

Cano (2016) relatan que:

La multifuncionalidad de los microorganismos en los sistemas agrícolas, se expresa de acuerdo a una serie de factores bióticos, como la competencia con otros microorganismos, la composición biológica del suelo, el reconocimiento planta-microorganismo y viceversa. Igualmente, factores abióticos, como la climatología, las características físicas y químicas del suelo, que influyen directamente en el tipo de interacción de estos organismos y la expresión de los efectos benéficos, determinantes en el desarrollo de las especies vegetales.

Centurión y Ocampos (2015) refieren que:

La mancha foliar causada por el complejo de hongos *Bipolaris* sp., *Curvularia* sp., *Drechslera* sp. y *Exserohilum turcicum* puede determinar una reducción entre 18 y 50 % de rendimiento de granos en función del estado fenológico del cultivo, las condiciones climáticas, presencia del inóculo en el área y la susceptibilidad del material. Pese a que la medida de control más empleada es la química con fungicidas, no se dispone de productos eficientes e indicados para esta enfermedad en esta especie vegetal.

Centurión y Ocampos (2015) plantean que:

Ante la necesidad de favor hacer una agricultura sustentable y menos dependiente de productos fitosanitarios, se ha propiciado el estudio

de alternativas de manejo como el control biológico de enfermedades, que parte de la premisa de la utilización de antagonistas que compiten por espacio y nutrientes con los patógenos, porque llegan a nichos ecológicos donde el patógeno se encuentra protegido de otras medidas de control.

Para Trujillo *et al.* (2017) “Entre los mecanismos de control biológico mediados por rizobacterias ampliamente reconocidos se encuentran la competencia por un nicho ecológico o sustrato, la síntesis de compuestos inhibitorios como sideróforos, antibióticos, enzimas líticas y detoxificadoras, así como la inducción de resistencia sistémica en la planta”.

Aguiar (2016) menciona que:

Los problemas ambientales generados por la actividad agrícola convencional han llevado a la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan obtener los mismos resultados sin el uso de plaguicidas convencionales. Los esfuerzos por reemplazar las técnicas tradicionales de control de plagas, han impulsado a los investigadores a experimentar con organismos vivos y sus productos, como alternativas con menores consecuencias para el medio ambiente.

Cano (2016) manifiesta que:

Es difícil predecir el resultado de las interacciones entre plantas y microorganismos benéficos del suelo y, más aún, entre las especies de microorganismos; no obstante, las comunidades microbianas asociadas con el sistema de raíces, se considera que desempeñan un papel clave en el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles. La respuesta de las plantas a la inoculación depende de las compatibilidades funcionales en la fisiología y en la bioquímica de la interacción, entre los componentes microbianos; así arroja diferentes respuestas, dependiendo de la combinación de los microorganismos.

Aguiar (2016) informa que:

El concepto de control biológico, involucra la utilización de organismos

vivos para el control de una plaga específica. El organismo control puede trabajar como un depredador, patógeno o compitiendo con el agente causante de la enfermedad. Las investigaciones desarrolladas en biocontrol, han demostrado el potencial que poseen diversos microorganismos del suelo sobre una gran cantidad de patógenos vegetales. En el suelo, la región comprendida entre el sistema radicular de una planta y los microorganismos que habitan alrededor de esta, recibe el nombre de rizósfera.

Aguar (2016) indica que:

Su importancia para la planta radica en la variedad de interacciones ocurridas con los organismos presentes, muchas de estas funciones traen beneficios tanto para la planta como para el microorganismo involucrado. La actividad microbiana en la rizósfera, modifica constantemente las propiedades químicas del suelo, transformando los nutrientes en formas más asimilables para la planta y en otros casos, secreta sustancias que afectan el desarrollo vegetal. Estos organismos también se relacionan entre sí, a través de interacciones benéficas en unos casos, o compitiendo por los mismos recursos en otros.

Dalia (2019) expresa que:

Se ha comprobado que *Pseudomonas fluorescense* inducen un sistema de resistencia en las plantas que hacen que puedan tolerar el ataque de ciertos microorganismos del suelo. La cepa del género *Pseudomonas* son capaces de procesar, integrar y reaccionar a una amplia variedad de condiciones cambiantes en el medio ambiente, y muestran una alta capacidad de reacción a señales fisicoquímicas y biológicas. Se han descrito cepas capaces de adquirir resistencia a metales pesados, disolventes orgánicos y detergentes, lo cual les permite explotar una amplia gama de fuentes de carbono como nutrientes, así como colonizar ambientes y nichos que difícilmente son colonizables por otros microorganismos. Por ello su papel es crucial en la mejora en el mantenimiento y la calidad medio ambiental.

Trujillo *et al.* (2017) exponen que:

Las bacterias del género *Pseudomonas*, es del grupo más estudiados porque tienen la capacidad de producir reguladores del crecimiento vegetal y otros metabolitos con efecto antagónico y represivo del crecimiento de patógenos en la rizosfera, por lo que resulta de gran importancia la caracterización y selección de cepas autóctonas de estos géneros, los cuales muestran efecto antagónico ante patógenos que atacan a cultivos de importancia económica, de forma tal que se puedan aprovechar sus potencialidades como agentes de control biológico.

Dalia (2019) explican que:

Las enfermedades de las plantas suelen ser un limitante en la producción de cualquier cultivo, por lo que un factor importante a considerar es su control. Es por esto, la importancia de las bacterias del género *Pseudomonas* para su biocontrol de las enfermedades en plantas causadas por hongos, omicosis vegetal, son conocidas desde los primeros registros históricos, aunque la prueba de la patogénesis de estos organismos en las plantas no fue obtenida hasta 1807 y su demostración definitiva en 1853, con los trabajos de Anton de Bary, que dieron lugar al nacimiento de la patología vegetal.

Cano (2016) estima que:

Bacterias del género *Pseudomonas*, usualmente, catalogados como agentes de control biológico (BCA) y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM), dependen de interacción suelo-planta-microorganismos-ambiente para expresar sus potenciales efectos benéficos; sin embargo, en la interacción se pueden presentar efectos sinérgicos, que potencialicen los beneficios o, por el contrario, efectos antagónicos o simplemente que no ocurra ningún efecto en el crecimiento y en el desarrollo de las plantas.

Dalia (2019) difunde que:

Las plantas de maíz sufren una serie de enfermedades y plagas durante su fase de crecimiento. Los hongos fitopatógenos no solo manchan,

desfiguran o causan la podredumbre, si no también reducen su valor en el mercado. Las pérdidas causadas por fitopatógenos pueden ser altas. Por lo tanto, se busca la utilización de bacterias del género *Pseudomonas* como alternativa de fungicidas contaminantes, debido a su capacidad de inhibir el crecimiento de ciertos microorganismos fitopatógenos como bacterias, hongos, nematodos y virus. Estos organismos ejercen ciertos mecanismos de acción antagonista que involucran la producción de compuestos fitopatógenos.

Rainey (2019) determinan que:

Las *Pseudomonas* saprofitas son bacterias colonizadoras de raíces comunes que pueden mejorar la salud de las plantas. La explotación eficiente de estas bacterias en la agricultura requiere el conocimiento de los rasgos que mejoran el desempeño ecológico en la rizósfera.

Hernández *et al.* (2016) destacan que:

Los efectos directos de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal son: la síntesis de fitohormonas, producción de sideróforos, solubilización de minerales y la fijación del nitrógeno atmosférico, entre otros. Entre los mecanismos de biocontrol mediados por rizobacterias ampliamente reconocidos se encuentran: La competencia por un nicho ecológico o sustrato, la síntesis de compuestos inhibitorios.

Gámez (2019) describen que:

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, por sus siglas en inglés “Plant Growth Promoter Rhizobacteria”, son bacterias benéficas que tienen la capacidad de colonizar las raíces y estimular el crecimiento de la planta. La actividad de las promotoras del crecimiento vegetal se ha reportado para las cepas pertenecientes a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Pseudomonas*.

La misma fuente acota que la promoción de crecimiento de plantas puede generarse a través de interacciones directa de los microbios benéficos y la planta huésped e indirectamente por medio de su

actividad antagonista contra patógenos de la planta. Con base en estas benéficas interacciones planta-microorganismo, es posible desarrollar inoculantes microbianos para su utilización en biotecnología agrícola. Dependiendo de su modo de acción y efectos, estos productos pueden ser utilizados como biofertilizantes, fitoestimuladoras y biopesticidas. En la actualidad hay evidencias de aumento del mercado de inoculantes en todo el mundo, con una tasa de crecimiento anual del 10 % (Gámez 2019)

De acuerdo a Hernández *et al.* (2016):

Las rizobacterias ofrecen una alternativa ecológica para controlar el ataque de patógenos y/o mejorar el rendimiento de los cultivos, por lo que actualmente se utilizan las técnicas de avanzada para entender sus mecanismos de acción. Pueden promover el crecimiento por vías directas o indirectas, cuyos elementos específicos no han sido debidamente caracterizados. Los efectos directos pueden evidenciarse en ausencia de otros microorganismos, es decir, la planta sólo interactúa con el microorganismo en estudio, mientras que los mecanismos indirectos se pueden observar en la interacción del microorganismo de interés con un fitopatógeno, mediante la cual se reducen los efectos dañinos en el vegetal.

Uribe *et al.* (2017) consideran que:

Las *Pseudomonas*, y especialmente las fluorescentes, son bacterias de gran importancia como colonizadores vegetales. Su importancia radica en que ellas usualmente producen un efecto benéfico sobre las plantas, bien sea como promotores del crecimiento vegetal o como inhibidores de crecimiento de algunos hongos o bacterias fitopatógenas. Los mecanismos sugeridos para lograr tal inhibición incluyen la producción de antibióticos, la producción de compuestos quelantes del hierro, producción de enzimas hidrolíticas y competencia por sitios nutricionalmente favorables (o ricos en nutrientes).

Sil (2015) comenta que “La cantidad de especies asociadas a un

cultivo es muy amplia, por ello las investigaciones de los procesos metabólicos de las bacterias del género *Pseudomonas* y específicamente del subgrupo *fluorescente* asociadas a la rizósfera de maíces de alta calidad proteica”.

Uribe *et al.* (2017) asegura que “Las *Pseudomonas fluorescentes* se pueden encontrar en la superficie foliar y al nivel de la raíz, especialmente en la rizosfera, donde la colonización de la microflora depende de características como el tipo de planta y manejo e irrigación del suelo”.

Aguar (2016) argumenta que:

Dentro de las investigaciones realizadas, *Pseudomonas fluorescens* encabeza la lista de especies analizadas como agente de control biológico, debido a su capacidad para colonizar la rizósfera de un amplio rango de especies vegetales, y porque posee un metabolismo versátil, que le permite ser cultivada sin dificultades. Los ensayos que se han realizado sobre diversas cepas de esta especie para control biológico, han demostrado su eficacia contra una gran variedad de patógenos.

Uribe *et al.* (2017) acota que:

Algunos trabajos realizados previamente han demostrado la influencia de la planta en la selección de los microorganismos presentes en su propia rizosfera. En este sentido, se encontraron diferencias en términos de la diversidad y composición de las *Pseudomonas fluorescentes* en la raíz de plantas. Sus resultados sugieren que tales diferencias pueden ser explicadas en términos de la composición del exudado radicular, mostrando así la importancia del efecto rizosférico para seleccionar la microflora propia de un sistema radicular determinado.

Por otra parte, si bien la planta puede influir en el tipo de microflora presente en su rizosfera, ésta obviamente va a depender de las poblaciones presentes en el suelo, las cuales a su vez van a estar determinadas por una serie de factores que van desde los efectos rizosféricos ejercidos por las plantas de cultivos anteriores hasta las condiciones físico-químicas del suelo (Uribe *et al.* 2017).

1.6. Hipótesis

Ho= la Bacteria benéfica *Pseudomona fluorescens* no actúa como agente de control biológico para mejorar la producción del cultivo de maíz.

Ha= la Bacteria benéfica *Pseudomona fluorescens* actúa como agente de control biológico para mejorar la producción del cultivo de maíz.

1.7. Metodología de la investigación

Para la elaboración del presente documento se recopiló información de textos, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos.

La información obtenida fue resumida y analizada en función de la importancia de la bacteria benéfica *Pseudomona fluorescens* como agente de control biológico para mejorar la producción del cultivo de maíz.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento detalló sobre la Bacteria benéfica *Pseudomona fluorescens* como agente de control biológico para mejorar la producción del cultivo de maíz.

El cultivo de maíz es uno de los principales cultivos que generan fuente de ingreso a los agricultores que se encargan de la producción de esta gramínea; sin embargo, debido a múltiples factores que repercuten los rendimientos, es necesario buscar alternativas que suplan este déficit; destacándose productos biológicos que no causen deterioro ambiental.

Actualmente la promoción de disminuir la utilización de productos fitosanitarios que afectan al ecosistema es cada vez mayor para lo cual se buscan alternativas entre las que se encuentra el control biológico con microorganismos o sus metabolitos. Se considera como buen agente de control biológico a aquel que replica los resultados satisfactorios obtenidos en laboratorio reduciendo la intensidad de la enfermedad en condiciones de campo (Centurión y Ocampos 2015).

2.2. Situaciones detectadas

Entre las situaciones detectadas se presentan:

El cultivo de maíz presenta bajos rendimientos por unidad de superficie, debido a falta de paquetes tecnológicos adecuados que suplan las deficiencias nutricionales que presenta la plantación.

Existen enfermedades, como la mancha foliar, en el cultivo de maíz que son controladas con productos químicos los mismos que causan deterioro en el suelo y contaminación ambiental.

Ciertos agricultores se rehúsan a utilizar productos biológicos, debido a la falta de confiabilidad para controlar patógenos.

2.3. Soluciones planteadas

Las soluciones planteadas son:

Generar siembra de maíz comercial, apuntando a tecnologías innovadoras que permitan obtener mayor rendimiento del cultivo, mediante el control de plagas, enfermedades y malezas.

Utilizar el control biológico para patógenos perjudiciales en el cultivo de maíz, a fin de aumentar el potencial de control de plagas que no dañen el medio ambiente.

Aplicar productos a base de *Pseudomona fluorescens* como agente de control biológico para el control de enfermedades y favorecer el desarrollo de las características agronómicas del cultivo de maíz.

2.4. Conclusiones

Por lo detallado anteriormente, se concluye que:

Cepas de rizobacterias como *Pseudomona fluorescens* poseen efecto antagónico a los hongos *Curvularia sp*, *Fusarium sp* y *Alternaria*, constituyendo un efecto esencial con bacterias asociadas a las plantas en maíz.

La contaminación ambiental causada por la humanidad debido al uso de productos químicos como fungicidas, insecticidas, nematicidas y fertilizantes inhiben la actividad de los microorganismos en el suelo a fin de mejorar la productividad agrícola, debido a que provocan desequilibrio ecológico; por lo tanto es necesario un manejo sustentable del suelo y el agua para conservar los recursos naturales en beneficio de los cultivos.

Las interacciones microbianas en el suelo promueven la diversidad biológica del suelo y relación con las plantas.

La aplicación de *Pseudomona fluorescens* como agente de control biológico reduce la incidencia de enfermedades e influye en las características agronómicas de altura de planta, altura de inserción de la mazorca, diámetro y longitud de la mazorca y rendimiento en el cultivo de maíz.

2.5. Recomendaciones

Por lo expuesto, se recomienda:

Promover capacitación a los agricultores, concientizándolos para que reduzcan la aplicación de productos químicos que causan contaminación de suelos y ambiente y sean sustituidos por productos biológicos.

Utilizar *Pseudomona fluorescens* como agente de control biológico en el cultivo de maíz, a fin de controlar enfermedades y promover el buen desarrollo de la plantación y características agronómicas de altura de planta, altura de inserción de la mazorca, diámetro y longitud de la mazorca y rendimiento en el cultivo de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar Falconí, R. 2016. Efecto de los hongos micorrícicos arbusculares y *Pseudomonas fluorescens* en el control de *Meloidogyne* spp. en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Revista Ciencia. Revista Semestral de la Escuela Politécnica del Ejército Quito, Ecuador. Volumen 15, número 1. ISSN 1390-1117
- Cano, M. (2016). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31.
- Cano, M. A. (2016). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31.
- Centurión, A. F., Ocampos, C. J. G. (2015). Control biológico del complejo de hongos causantes de la mancha foliar en maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*) con bacterias benéficas. *Investigación Agraria*, 16(2), 83-92.
- Centurión, A. F., Ocampos, C. J. G. (2015). Control biológico del complejo de hongos causantes de la mancha foliar en maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*) con bacterias benéficas. *Investigación Agraria*, 16(2), 83-92.
- Dalia, M. O., Isabel, A. P. M., Carlos, S. S. J., Jeannette, T. M. A., David, V. M. J. 2019. Utilización de *Pseudomonas* como Biocontrol Fitopatógeno en el Maíz de Sinaloa.
- Delgado Loor, E. V. (2019). Manejo y control de *Agrotis ipsilon* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en el barrio El Tejar, ciudad de Ibarra (Bachelor's thesis, El Angel: UTB, 2019).
- Fernández, O., Larrea Vega. (2011). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. *Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios*

No-Sintéticos. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 62 p . 9 6 - 1 0 0.

- Ferrera-Rodríguez, O., Ortiz-Castro, R. 2020. Bacterias, aliadas de la agricultura. Instituto de Ecología, INECOL. 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>
- Gámez Carrillo, R. M. 2019. Evaluación de *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus amyloliquefaciens* como bacterias promotoras de crecimiento en plántulas de banano cv. Williams.
- Hernández-Rodríguez, A., Heydrich-Pérez, M., Velázquez-del Valle, M. G., Hernández-Lauzardo, A. N. (2016). Perspectivas del empleo de rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24(1), 42-49.
- Higa, T. y Parr, J. 2019. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. Disponible en <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MICROORGANISMOS-DEL-SUELO-PARA-LA-AGRICULTURA.pdf>
- Iglesias Abad, S., Alegre Orihuela, J., Salas Macías, C., Egúez Moreno, J. (2018). El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 25-32.
- Maridueña Guerrero, M. K. (2020). Sistemas de producción del maíz (*Zea mays*), en el cantón Babahoyo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2020).
- Nicholls, C. I. (2018). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico* (Vol. 2). Universidad de Antioquia.
- Pérez Álvarez, Sandra, Coto Arbelo, Orlando, Echemendía Pérez, Mayra, Ávila Quezada, Graciela. (2015). *Pseudomonas fluorescens* Migula, ¿control biológico o patógeno?: *Pseudomonas fluorescens*, biological control or pathogen?. *Revista de Protección Vegetal*, 30(3), 225-234. Recuperado en 06 de abril de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522015000300008&lng=es&tlng=es.
- Quintal Vargas, Y. Y. (2020). Bacterias rizósfericas asociadas al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con potencial biofertilizante en el estado de Campeche.

- Rainey, P. (2019). Adaptación de *Pseudomonas fluorescens* a la rizosfera vegetal. *Microbiología ambiental*, 1 (3), 243-257.
- Sil Palacios, G. (2015). Caracterización de *Pseudomonas* sp. asociadas a diferentes variedades de maíz (Bachelor's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).
- Sofos. 2021. Estructura Vertical de los Cultivos de Ciclo Corto. Disponible en <http://www.sofoscorp.com/estructura-vertical-de-los-cultivos-de-ciclo-corto/>
- Trujillo, I., Díaz, A., Hernández, A., Heydrich, M. (2017). Antagonismo de cepas de *Pseudomonas fluorescens* y *Burkholderia cepacia* contra hongos fitopatógenos del arroz y el maíz. *Revista de Protección Vegetal*, 22(1), 41-46.
- Uribe, D., Ortiz, E., Portillo, M., Bautista, G., Cerón, J. (2017). Diversidad de *pseudomonas fluorescentes* en cultivos de papa de la region cundiboyacense y su actividad antagonista in vitro sobre *Rhizoctonia solani*. *Revista colombiana de biotecnología*, 2(1), 50-58.
- Valle, S., Johsimar, C. (2019). "Manejo integrado de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)" (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2019).