



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



TRABAJO DE TITULACION

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:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Influencia de los microorganismos benéficos en los sistemas de producción agroforestal de cacao en la zona de Los Ríos”

AUTOR:

Alfredo Pastor Olvera Santillán

TUTOR:

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

Influencia de los microorganismos benéficos en los sistemas de producción agroforestal de cacao en la zona de Los Ríos

En la actualidad la creciente preocupación por parte de los agricultores y técnicos agrícolas debido a la resistencia de plagas y enfermedades y ante la excesiva presencia de estas mismas, causadas por el uso excesivo de pesticidas, monocultivo, la deficiencia de nutrientes y la contaminación de los suelos en general, además de la inactivación biológica, ha conllevado a la búsqueda de alternativas para contrarrestar dichas problemáticas que aquejan y perjudican a los agricultores en el proceso de producción. Varios análisis basados en los resultados de investigaciones realizadas han determinado que el uso de microorganismos en asociación con los sistemas de producción agro forestales, en la actualidad son una de las alternativa más viable a aplicar en la producción de cacao, puesto que nos brindan ventajas y beneficios por ambas partes, debido a que el uso de microorganismos permiten mejorar y obtener una producción más eficiente en cuanto a cantidad y calidad, además de servir como materia prima para el desarrollo o elaboración de productos derivados de ellos, lo cual permite llevar un manejo más orgánico de la producción, por su parte un sistema agroforestal brinda muchos beneficios puesto que permite mejorar fertilidad del suelo y su capacidad de retención de agua, permite mantener un equilibrio dentro del cultivo protegiendo la sanidad vegetal, limita el desarrollo de plagas y evita la erosión del suelo, además de servir como instrumento para un desarrollo rural sostenible, todo esto de una manera amigable con el medio ambiente, es decir nos permite obtener una producción eficiente, orgánica y rentable.

Palabras claves: Microorganismos, Sistemas Agroforestales, Cacao, Agroecología.

SUMMARY

Influence of beneficial microorganisms in cocoa agroforestry production systems in the Los Ríos area

Currently, the growing concern on the part of farmers and agricultural technicians due to the resistance of pests and diseases and their excessive presence, caused by the excessive use of pesticides, monoculture, the deficiency of nutrients and the contamination of the soils in general, in addition to biological inactivation, has led to the search for alternatives to contradict these problems that afflict and harm farmers in the production process. Several analyzes based on the results of research carried out have determined that the use of microorganisms in association with agroforestry production systems is currently one of the most viable alternatives to apply in cocoa production, since they provide us with advantages. and benefits for both parties, due to the fact that the use of microorganisms allows to improve and obtain a more efficient production in terms of quantity and quality, in addition to serving as raw material for the development or elaboration of products derived from them, which allows to carry out A more organic management of production is carried out. On the other hand, an agroforestry system provides many benefits since it improves soil fertility and its water retention capacity, allows a balance to be maintained within the crop, protecting plant health, limits the development of pests and prevents soil erosion, in addition to serving as an instrument for sustainable rural development, all this in a friendly way with the environment, that is, it allows us to obtain an efficient, organic and profitable production.

Keywords: Microorganisms, Agroforestry Systems, Cocoa, Agroecology.

INDICE GENERAL

RESUMEN	III
SUMMARY	IV
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1 DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO.	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.5.1 Requerimientos edafo-climáticos del cacao	5
1.5.2 Requerimientos nutricionales	6
1.5.3 Importancia del cultivo de cacao en Los Ríos	6
1.5.4 Sistema de producción agroforestal.....	7
1.5.5 Tipos de sistemas de producción agroforestales.....	8
1.5.5.1 Sistemas agroforestales secuenciales	8
1.5.5.2 Sistemas agroforestales simultáneos.....	9
1.5.6 Ventajas de los sistemas de producción agroforestales	9
1.5.7 Uso de microorganismos en la producción de cacao.....	10
1.5.7.1 Microorganismos endófitos	11
1.5.7.2 Bacterias como agentes de biocontrol y bioestimulantes en el cacao.....	12
1.5.7.3 Bacterias fotosintéticas y fototróficas	13
1.5.7.4 Bacterias ácido lácticas	13
1.5.8 Importancia de los microorganismos benéficos	14
1.5.9 Ventajas del uso de microorganismos benéficos	15
1.6 HIPOTESIS.....	15
1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	16

1.7.1	Modalidad de estudio.....	16
CAPITULO II: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		17
2.1	Desarrollo del caso de estudio	17
2.2	Situaciones detectadas	17
2.3	Soluciones planteadas	18
2.4	CONCLUSIONES.....	19
2.5	RECOMENDACIONES.....	20
BIBLIOGRAFIA		21

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales (SAF) son una alternativa al problema de los monocultivos; permiten su traslado porque están asociados a la asociación de árboles forestales con otros cultivos, o con ganado, o con ambos. Optimizar la producción por unidad de superficie respetando el principio de rendimientos sostenibles (Coello y Haro 2012).

En Ecuador, el 80% de la superficie cacaotera se concentra en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas, El Oro y Santa Elena, mientras que el resto se distribuye en las provincias de Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi, Pichincha, Azuay, Sucumbíos, Orellana, Napo y Zamora Chinchipe (Quimiz 2021).

El valor de la producción del sistema agroforestal cacaotero de los pequeños y medianos productores de la provincia de Los Ríos depende de factores productivos y condiciones socioeconómicas (Espinoza y Rios 2016).

La producción de los sistemas agroforestales de cacao en la provincia de Los Ríos corresponde principalmente a pequeños y medianos agricultores, quienes por lo general no mecanizan sus operaciones, utilizan muchos fertilizantes, actualmente utilizan las mejores semillas disponibles, manejan bajas densidades de plántulas, no siguen buenas prácticas agrícolas y con el tiempo mejoran las prácticas durante el verano. Desafortunadamente, la eficiencia y la baja rentabilidad de los equipos de producción actuales limitan y alientan a un tipo de productor a buscar otro cultivo, lo que resulta en un efecto cascada para los dos tipos de productores (Anchundia 2018).

En la actualidad el uso excesivo o abuso de químicos a nivel mundial, ha causado severos daños ambientales, los cuales se ven reflejados en la inactivación biológica y desaprovechamiento de su producción (Quimiz 2021).

El uso de microorganismos benéficos (MB), es una herramienta fundamental y muy útil para el desarrollo de una agricultura limpia y respetuosa con el entorno de producción. Estos agentes biológicos han demostrado su eficacia en el control de plagas a través de diferentes mecanismos de acción. Además, confirman sus efectos sobre los organismos promotores del crecimiento vegetal, y su impacto en la mejora de la absorción de nutrientes, elementos

implicados en la división celular, estructura de las paredes celulares. Incluso afectan el rendimiento de los cultivos, aumentando los rendimientos hasta en un 20% (Mata, Rivero y Segovia 2018).

Los sistemas agroforestales y los microorganismos en conjunto brindan una producción eficiente, puesto que esta asociación permite trabajar directamente con los microorganismos o productos derivados de ellos que permiten llevar un manejo de la producción, control de plagas y enfermedades de forma más orgánica, por su parte el uso de los SAF (sistemas agroforestales), también brinda beneficios que permiten mejorar o conservar la fertilidad del suelo, fomentan un microclima que aumentan la productividad y asegura una producción estable y de buena calidad, además de permitir la captura de CO₂.

CAPITULO I:

MARCO METODOLÓGICO

1.1 DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO.

Puesto que los sistemas agroforestales a travez del tiempo han sido una de las alternativa mas sustentables en la produccion agropecuaria. Estos diseños han planteado la posibilidad de realizar un estudio sobre la influencia que tienen los microorganismos al trabajar en asociacion con los sistemas agroforestales, presentando grandes beneficios para la produccion y brindando una mayor seguridad para el cultivo.

Esta asociacion brinda multiples ventajas para el productor, puesto que los agroecosistemas en conjutnto con los microorganismos aportan importantes beneficos al cultivo como tambien al suelo, lo cual permite llevar una relacion simbioteca asegurando obtener una produccion mas eficiente en cuanto a calidad y cantidad, brindandole asi una mejor rentabilidad al productor.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las principales problematicas para los pequeños y medianos agricultores en la actualidad, es la deficiencia de nutrientes en el suelo o la presencia excesiva de plagas y enfermedades, lo cual es principalmente causado por el uso excesivo de pesticidas, el monocultivo, la erosion y la contaminacion de suelos en general. Todos esto factores impiden que un sistema de produccion se pueda desarrollar con normalidad.

Al momento de establecer un sistema de produccion no solo se debe tener en cuenta ciertos factores, si no tambien el como lidiar con ciertos inconvenientes ya sea de carácter natural o biologico que puedan presentarse antes y durante el establecimiento de nuestra produccion, es por ello que hoy en dia surge la necesidad de buscar alternativas para hacer frente a estas problematicas, las cuales buscan contrarrestar a las mismas, en su mayoria las alternativas que en la actualidad se utilizan son de carácter organico o biologico.

En la actualidad el uso excesivo de pesticidas y químicos al momento de producir son una de las principales problemáticas que aquejan al consumidor ya que representan una amenaza a su salud, en cuanto al productor esto también representan una desventaja, puesto que los productos orgánicos hoy en día son los que ganan más espacio en el mercado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La productividad de los agroecosistemas depende sustancialmente de la actividad de diversos microorganismos que establecen relaciones benéficas con las plantas. Además de la gama de microorganismos benéficos, existe una diversidad de otros organismos microscópicos presentes en el suelo cuya influencia también puede ser de relevancia en el crecimiento de las plantas.

El efecto benéfico sobre la planta es resultado de la capacidad de algunos de estos microorganismos, En la actualidad, los inoculantes microbianos, incluyendo biofertilizantes, bioestimulantes y biopesticidas, formulados a partir uno o varios microorganismos benéficos, debidamente seleccionados por su alta eficiencia e inocuidad, representan un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable para mejorar la cantidad y calidad de cultivos.

Los microorganismos representan una alternativa frente a las prácticas de la agricultura intensiva, caracterizada por el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos y plaguicidas para acelerar la generación de cultivos, y consecuentemente una mayor producción de alimentos, que generaron de manera simultánea problemas de tipo ambiental, ecológico y económico, incluyendo, desarrollo de resistencia, contaminación de mantos freáticos y aguas superficiales, disminución la fertilidad del suelo, intoxicación accidental, casos de envenenamiento, aumento en los costos de producción, y una pérdida significativa de diversidad biológica (Rodríguez 2020).

Los sistemas agrícolas tienen un gran impacto en la agricultura, ya que representan una amplia gama de intereses, ya que hacen importantes contribuciones económicas. Su importante aporte a la probada soberanía alimentaria local, la diversidad de productos alimenticios, así

como su eficiencia en el trabajo, uso y manejo de la tierra se convertirán en un modelo que garantice el derecho a la alimentación adecuada en todo el país.

La implementación de los SAF representa una serie de ventajas para el productor al momento de establecer un sistema de producción, ya que estos permiten la producción de un cultivo más estable, reducen la pérdida de agua superficial y erosión del suelo además de mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales como agua, luz y nutrientes lo cual ayuda a mejorar la productividad.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Establecer la influencia de microorganismos benéficos en los sistemas de producción agroforestal de cacao en la zona de Los Ríos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los principales microorganismos benéficos presentes en los sistemas de producción agroforestal de cacao en Los Ríos.
- Determinar la influencia de los microorganismos benéficos en los sistemas agroforestales de cacao sobre los procesos productivos.

1.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5.1 Requerimientos edafo-climáticos del cacao

Las condiciones climáticas que afectan el desarrollo óptimo del cacao son principalmente la temperatura y las precipitaciones; incluyendo los efectos de los fuertes vientos, la luz, la radiación solar y la humedad relativa. Se adapta muy bien desde 0 m hasta 800 m. El mejor desarrollo del cacao se demuestra con una temperatura media anual de 21° C. Temperaturas muy altas o muy bajas pueden inducir cambios fisiológicos en la planta. La temperatura afecta la formación de flores. En cuanto a las precipitaciones, el cacao es muy

sensible a la escasez y exceso de agua, las precipitaciones deben ser de 1.500 - 2.500 mm/año (Batista 2009).

El suelo debe estar provisto de medidas que promuevan el exceso de drenaje. Los vientos fuertes afectan las hojas secando, muriendo y cayendo, afectando la capacidad de las plantas para autoalimentarse, en lugares donde esto es un problema, se deben colocar cortavientos para evitar daños. Sus requerimientos de suelo incluyen que prefiere suelo rico en materia orgánica, arcilloso franco, profundo, bien drenado y que tenga una topografía regular. El cacao es un cultivo que se adapta a una gran variedad de suelos, desde arcillas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y suelos arcillosos con un pH entre 5 y 7 (Leon, Calderon y Mayorga 2016).

1.5.2 Requerimientos nutricionales

El cacao, como cualquier otro cultivo, necesita suelo fértil para crecer y reproducirse, un suelo fértil, además de la apariencia deseada, también debe tener una buena composición química, estar provisto de macronutrientes básicos como: Nitrógeno, Fósforo, Potasio; Macroelementos como: Calcio, Magnesio y oligoelementos como: Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc interfieren en el metabolismo de las plantas (Suarez *et al.* 2010).

La experiencia de Ecuador muestra que a medida que mejora el nivel de tecnología, la productividad de las huertas se puede duplicar o incluso triplicar. Entre las estrategias de mejora tecnológica se destacan el uso de clones de cacao, riego, podas higiénicas y fertilización adecuada, según las necesidades del cultivo (Leon, Calderon y Mayorga 2016).

1.5.3 Importancia del cultivo de cacao en Los Ríos

Ecuador es reconocido internacionalmente por producir cacao con un delicioso sabor, la producción de cacao es de fundamental importancia para la economía ecuatoriana, representa el tercer lugar en cuanto a exportaciones agrícolas y es una importante fuente de ingresos e

importaciones para más de 150.000 pequeños productores de la Costa, Tierras bajas y sierra amazónicas (Chavez *et al.* 2019).

La producción de cacao en la provincia de Los Ríos corresponde principalmente a pequeños y medianos agricultores, pequeños productores de cacao de las categorías Nacional y CCN51 que comercializan sus productos como limo o cacao semiseco a través de detallistas e intermediarios (Morales *et al.* 2015).

A través de un análisis realizado en la provincia de Los Ríos se determinó que los productores de cacao ganan en promedio un 7% de su inversión, los minoristas un 10%, las organizaciones de base un 8% y los minoristas exportan un 16%. De estos porcentajes se desprende que el productor sigue siendo el que obtiene el menor porcentaje de beneficio, pero el que más se esfuerza en este ámbito y el que mayor riesgo asume frente a los factores más importantes: factores exógenos incontrolables (Morales *et al.* 2018).

1.5.4 Sistema de producción agroforestal

Los sistemas agroforestales (SAF) son una alternativa al problema de los monocultivos; permiten su traslado porque están asociados a la asociación de árboles forestales con otros cultivos, o con ganado, o con ambos. Optimizar la producción por unidad de superficie respetando el principio de rendimientos sostenibles (Benavides *et al.* 2012).

A través de la integración de árboles en fincas y paisajes agrícolas, la producción se diversifica y apoya para aumentar los beneficios sociales, económicos y ambientales para los agricultores en todos los niveles. Los sistemas de cultivo de cacao son muy comunes y alrededor del 70% de la producción de cacao proviene de pequeños agricultores (Candell *et al.* 2019).

El valor de la producción del sistema agroforestal cacao de los pequeños y medianos productores de la provincia de Los Ríos depende de factores productivos y condiciones socioeconómicas; constituyen los límites para el buen desarrollo de estos sistemas. Estos factores actúan como restricciones para maximizar el valor de la producción agrícola, el objetivo final del proceso de producción (Cadena *et al.* 2019).

1.5.5 Tipos de sistemas de producción agroforestales

La Agroforestería como sistema de uso sostenible de la tierra encaja perfectamente en una estrategia de desarrollo sostenible. Las técnicas agroforestales son una herramienta prometedora dentro de este enfoque para mejorar el bienestar de los pueblos rurales y proteger la base de recursos. La agrosilvicultura ayuda a reducir la tasa de deforestación, proteger la biodiversidad y mantener la integridad de las cuencas hidrográficas y la estabilidad climática (Moreno *et al.* 2014).

Los sistemas de producción agroforestal de acuerdo con el arreglo temporal y espacial de sus componentes, los roles de estos componentes, las metas de producción del sistema y el escenario socioeconómico es muy importante. Dichos sistemas se pueden dividir en dos grupos básicos de sistemas agroforestales: simultáneos y secuenciales (Mata, Rivero y Segovia 2018).

1.5.5.1 Sistemas agroforestales secuenciales

En ellos existe una relación cronológica entre la cosecha anual y el producto del árbol; es decir, cultivos anuales y cultivos sucesivos en el tiempo. Esta categoría incluye formas de agricultura itinerante intervencionista o gestión del barbecho y métodos de establecimiento de plantaciones en los que los árboles anuales se plantan simultáneamente con la plantación de árboles, pero solo temporalmente hasta que los árboles desarrollen follaje (Coello y Haro 2012).

En un sistema secuencial, las plantas y los árboles se turnan para ocupar el mismo espacio, el sistema generalmente comienza con un cultivo y termina con un árbol, la cronología mantiene la competencia al mínimo. Los árboles en el sistema, los sistemas secuenciales deben crecer rápidamente cuando no hay cultivos disponibles, necesitan para reciclar minerales en el suelo más profundo, fijar nitrógeno y tener un dosel grande para ayudar a prevenir plantas no deseadas (Palomeque 2009).

1.5.5.2 Sistemas agroforestales simultáneos

Incluye la integración simultánea y continua de árboles anuales o perennes, maderables, frutales o de usos múltiples y/o ganaderos. Estos sistemas incluyen vínculos de plantas con plantas anuales o perennes, huertos familiares mixtos y sistemas agrícolas (Pocomucha, Alegre y Abregú 2016).

Los sistemas agroforestales simultáneos utilizan todos los componentes presentes al mismo tiempo y que son más fáciles de identificar. En un sistema concurrente donde las plantas y plantas agrícolas o animales crecen al mismo tiempo en la misma tierra, estos sistemas son donde las plantas compiten principalmente por la luz, el agua y los minerales, minimizando la competencia por la distancia y otras plantas en el Sistema (Candell *et al.* 2019).

Las plantas en el sistema no deben crecer demasiado rápido al mismo tiempo cuando los cultivos crecen demasiado rápido, para reducir la competencia, las plantas también deben tener raíces más profundas que los árboles y tener un dosel pequeño para que no tengan más de sombra (Arroyave, Sánchez y Ramírez 2009).

1.5.6 Ventajas de los sistemas de producción agroforestales

Para revertir el deterioro ambiental que enfrentan las unidades agrícolas, una alternativa viable desde el punto de vista ambiental, productivo y económico es el uso de sistemas agroforestales. Estos sistemas contemplan el uso en una misma unidad de producción de plantas polivalentes, setos vivos, cultivos de cobertura, cultivos forrajeros anuales con un trabajo mínimo para ensilaje, setos de césped que viven alrededor y pastizales temporales perennes; Todo con el objetivo de prevenir la escorrentía de aguas pluviales, prevenir la erosión y aumentar la productividad (Poveda *et al.* 2013).

La Agroforestería se puede considerar como una combinación multidisciplinaria de técnicas ecológicas viables diferentes, que involucran el manejo de árboles o arbustos, cultivos alimentarios y/o animales de manera simultánea o secuencial, aseguran una productividad

aceptable a largo plazo y adoptan prácticas de manejo compatibles con la población local común (Salvador *et al.* 2019).

Las ventajas que presenta este manejo integral de suelos son los siguientes (Soto y Jimenez 2018), expresa que:

- Mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales como agua, luz, nutrientes y de esta manera también mejoran la productividad.
- Mantener un microclima adecuado.
- Son un hábitat para mantener la biodiversidad (parasitoides, aves, entre otros).
- Mejorar la calidad de los productos.
- Reducen los gastos por la utilización de insumos como agroquímicos e productos externos como la madera y leña.
- Reducen la pérdida de agua superficial y la erosión del suelo.
- Ayudan a incrementar y mantener la materia orgánica y fertilidad del suelo.
- Contribuyen con la incorporación de nitrógeno a través de árboles fijadores.

1.5.7 Uso de microorganismos en la producción de cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es uno de los cultivos agrícolas más importantes a nivel local y mundial, ya que es la materia prima para la elaboración del chocolate, además de ser utilizado en la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica. Sin embargo, uno de los principales problemas que se presentan en este cultivo suele ser la falta de nutrientes en el suelo y la sobrepoblación de plagas, lo que supone un grave problema para los cultivadores. Ante esta problemática han surgido alternativas de solución para hacer frente a estas amenazas, siendo la más destacada el uso de microorganismos (Romero 2017).

El uso de microorganismo en el manejo y producción de cacao es una de las alternativas más viables, ya que estos sirven como materia prima para la elaboración de productos que promueven el crecimiento y desarrollo de la planta, además de mejorar sus metabolismos y

controlar la presencia de plagas y enfermedades que generalmente atacan en el cultivo en general.

La disponibilidad de un medio con un alto grado de fertilidad es fundamental, ya que induce un crecimiento rápido y sostenido de la porta injertos y clones, lo que puede ser favorecido mediante el uso de microorganismos como mejoradores de los medios de cultivo utilizados en viveros, reconocidos como altamente efectivos. Tiene el efecto de promover el crecimiento de las raíces de las plantas de cacao y contribuye a una mayor absorción de nutrientes y, por lo tanto, se pueden obtener plantas adecuadas para la siembra regular en el campo o para injertos (Cortez *et al.* 2015).

1.5.7.1 Microorganismos endófitos

Son económicamente importantes los microorganismos endófitos relacionados con especies cultivables como el cacao que, por su actividad, pueden aumentar la disponibilidad de nitrógeno al inmovilizar el diazotopo o al estimular el crecimiento y crecimiento de las plantas a través de la producción de sustancias fisiológicamente activas. Debido a su ventaja cuando se integra en el sistema de la planta (Dibut *et al.* 2004).

El ingreso a la planta puede ser a través de estomas, heridas y raíces laterales, y estas bacterias pueden producir enzimas hidrolíticas capaces de degradar las paredes celulares de la planta. Estudios moleculares recientes de la diversidad de bacterias endófitas han revelado una excelente riqueza de filotipos, que suprime los patógenos de las plantas y ayuda a eliminar contaminantes, solubiliza el fosfato y contribuye a la bioasimilación de nitrógeno (Pérez, Rojas y Helson 2009).

Ahora está bien establecido que las plantas son hospedantes de una amplia variedad de endófitos microbianos, de los cuales la implementación de microorganismos endófitos como *Clonostachys rosea*, es una de las alternativas efectivas, ya que reduce la moniliasis en un 15-25% en condiciones de campo, mientras controla otras enfermedades de la mazorca de cacao,

como la enfermedad de la escoba del dragón y la podredumbre negra, y aumentar el rendimiento hasta en un 16,7% (Ramirez 2019).

1.5.7.2 Bacterias como agentes de biocontrol y bioestimulantes en el cacao

El uso de bacterias, especialmente *Bacillus spp.* y *Pseudomonas fluorescens*, que han ganado atención en los últimos años en el control de la enfermedad del cacao, bacterias del género *Bacillus* tienen la capacidad de residir en las hojas de cacao, principalmente epigenéticamente, pero también como endófitos. Su presencia reduce significativamente la severidad de la enfermedad cuando las hojas son inoculadas con el hongo *Phytophthora capsici*. Además, la inhibición de *Phytophthora* por *Bacillus cereus*, brindando beneficios adicionales relacionados con la reducción de costos de producción y/o vida más larga. Vida útil del producto de control biológico (Cortes 2015).

Las rizobacterias son un vasto y muy diverso grupo de bacterias que habitan en las inmediaciones de las raíces. Estas desarrollan relaciones tanto benéficas, neutrales e incluso perjudiciales, aunque estas últimas en menor medida. Las interacciones entre las bacterias y las raíces de las plantas han jugado un papel determinante en la adaptación y productividad de las especies vegetales a través del tiempo (Velazco *et al.* 2020).

Los mismos autores expresan que diversos estudios ponen en evidencia que las rizobacterias han mejorado el crecimiento, la producción y la salud de las plantas, mediante mecanismos que incluyen la asimilación de nutrientes vitales como la fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y potasio, y la fito estimulación mediante la producción de diversas fitohormonas; e indirectamente: afectando el crecimiento de importantes fitopatógenos, activando la inmunidad en las plantas y mejorando los problemas ocasionados por estrés abiótico. Las rizobacterias podrían contribuir positivamente en la mejora de la productividad agrícola y la solución de problemas ambientales ocasionados en la agricultura actual.

1.5.7.3 Bacterias fotosintéticas y fototróficas

Las BFNS son proteobacterias, ampliamente distribuidas en la naturaleza, desde suelos y pantanos hasta aguas marinas y de desecho. Las BFNS son bacterias muy versátiles debido a su plasticidad metabólica, ya que pueden desarrollarse en condiciones anaeróbicas fotoautotrófica y fotoheterotróficamente, por medio de la reducción de compuestos inorgánicos u orgánicos, respectivamente. En aerobiosis son capaces de utilizar un amplio rango de compuestos como fuente de carbono y energía (Otero 2011).

El uso de bacterias, especialmente *Bacillus spp.* y *Pseudomonas fluorescens*, que han ganado atención en los últimos años en el control de la enfermedad del cacao, bacterias del género *Bacillus* tienen la capacidad de residir en las hojas de cacao, principalmente epigenéticamente, pero también como endófitos (Ramírez, Florida y Escobar 2019).

La presencia reduce significativamente la severidad de la enfermedad cuando las hojas son inoculadas con el hongo *Phytophthora capsici*. Además la inhibición de bacterias endófitas *Bacillus subtilis* y *Enterobacter cloacae* aisladas del cacao tuvieron el efecto de colonizar o promover el crecimiento de todo el cuerpo del cacao, lo cual representa grandes beneficios a la producción, los cuales se ven reflejados en la reducción de costos de producción, además de permitir llevar un manejo del cultivo más orgánico y amigable con el entorno en el que estamos produciendo. (Marchan 2019).

1.5.7.4 Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas se componen por un grupo de bacterias Gram positivas, habitualmente inmóviles, no esporuladas, con forma de cocos o bacilos. Son microorganismos fermentadores de carbohidratos con producción de ácido acético, cuentan con la capacidad de crecer a temperaturas inferiores a 5°C y otras a temperaturas tan altas como 45°C (Vallejo *et al.* 2018).

Fomentan la fermentación y necrosis de materiales como lignina y celulosa, erradican patógenos por porte y por participante del cáustico lácteo que provocan. Estas bacterias generan

cáustico lácteo a consecuencia de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras (Vargas 2018).

Su transformación presenta un ensimismado de 5 y 10 % de CO₂. Casi todas las Lactobacillus pueden efectuar las últimas etapas de las fermentaciones ácido láctica abarrotería a que aguanta a pH próximos a 3,6 a 4,0. Asimismo, que impiden la expansión de microorganismos patógenos como estafilococos y listerias (Tirado y Lopera 2016).

1.5.8 Importancia de los microorganismos benéficos

Los microorganismos son altamente relevantes dentro del período de modificación de la materia y energía. Disponen de deteriorar los desechos animales y vegetales, convirtiéndolos en nutrientes imprescindibles para su propio metabolismo, aparte de producir sustancias y minerales que funcionarán como proveedor de energía para otras especies en otros períodos (Pazmiño 2020).

La aparición de los microorganismos saprófitos tiene relevancia, por cuanto su carencia causaría que muchos procedimientos naturales no se de forma adecuada y microorganismos patógenos progresen rápidamente, logrando la proliferación de afecciones infecciosas para las plantas y animales; aparte de la reducción de proveedores de alimento para otros organismos a causa de la rotura de cadenas tróficas (Mujica 2013).

La singularidad, la naturaleza impredecible y la capacidad biosintética de los microorganismos, bajo una amplia gama de condiciones culturales y ambientales específicas, los han convertido en candidatos para resolver problemas difíciles en las ciencias de la vida, así como en otros campos. Las diversas formas en que los microorganismos se han utilizado en los últimos 50 años incluyen avances en tecnología de procesamiento de alimentos, seguridad y calidad de alimentos, ingeniería genética, protección ambiental, biotecnología agrícola y tratamiento eficiente de desechos agrícolas constituye el registro de rango más impresionante (Higa 2013).

1.5.9 Ventajas del uso de microorganismos benéficos

Los microorganismos efectivos tienen muchas aplicaciones en la agricultura porque tienen la función de promover la germinación de las semillas, aumentar la floración, aumentar el crecimiento y desarrollo de los frutos, aumentar la biomasa, asegurar la reproducción de las plantas con éxito, mejorar la estructura física del suelo, aumentar la fertilidad química y prevenir algunas enfermedades causadas. Por plantas oficiales (Mujica 2013).

Los microorganismos aumentan la actividad fotosintética y la absorción de agua y nutrientes por las plantas, también reducen el tiempo de maduración del compost, especialmente del compost, brindando importantes aplicaciones agrícolas y grandes beneficios a la planta en general para la obtención de una mejor producción (Montoya, Mora y Vasquez 2020).

El uso de microorganismos permite mejorar la calidad del alimento, lo que al final se reflejado en la salud del consumidor disminuye el acelerado proceso de contaminación que está presentando el suelo y el rendimiento económico del productor puede resultar mayor, puesto que el uso de microorganismos reduce los costos, comparado con la inversión que se debe hacer con el uso de fertilizantes químicos. Los Microorganismos Eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones físico-químicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además conservan los recursos naturales, generan una agricultura y medio ambiente más sostenible (Feijo *et al.* 2016).

1.6 HIPOTESIS

Ho: La influencia de los microorganismos benéficos tiene un efecto negativo en los sistemas de producción agroforestal de cacao en la zona de Los Ríos.

Hi: La influencia de los microorganismos benéficos tiene un efecto positivo en los sistemas de producción agroforestal de cacao en la zona de Los Ríos.

1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Modalidad de estudio

El estudio consiste en la investigación científica y bibliográfica propuesta por varios autores, mediante la búsqueda de información a través de gestores de textos, revistas, tesis, bibliotecas virtuales o artículos científicos, la información recabada servirá como fuente de apoyo para realizar la respectiva descripción, análisis y resumen de acuerdo al tema planteado y dar una solución a la problemática del mismo.

CAPITULO II:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Desarrollo del caso de estudio

En el Ecuador la producción de cacao representa un rubro muy significativo a la economía del país por lo cual la producción de cacao es considerada una de las más relevantes y con mucha importancia por su impacto económico en el mercado nacional e internacional, así como es una de las principales fuentes de trabajo y sustento para las familias de mediana y baja clase, por lo cual se busca obtener e implementar alternativas sustentables para mejorar la producción del mismo.

Entre los principales beneficios de la implementación de microorganismos podemos resaltar la eficiencia de estos en el control de plagas a través de distintos mecanismos de acción como antibiosis micoparasitismo o competencia, Además de servir también como promotores de crecimiento vegetal especialmente a nivel de biomasa radicular y su incidencia en la mejora de la absorción de nutrientes.

Por su parte dentro de los benéficos que nos brinda un sistema agroforestal, es que permite recuperar áreas alteradas, mantiene los servicios ecológicos por un prologando tiempo y a su vez regula el microclima permitiendo así proteger y conservar la biodiversidad microbiana, además de servir como medio óptimo para el desarrollo de depredadores que afectan al cultivo.

2.2 Situaciones detectadas

La deficiencia de nutrientes o la presencia excesiva de plagas y enfermedades es una de las principales problemáticas o amenazas con las que se encuentra el agricultor promedio hoy en día al momento de establecer un sistema de producción, esto es principalmente ocasionado por el monocultivo la contaminación, erosión del suelo y el uso excesivo de pesticidas, lo cual conlleva a buscar alternativas para hacer frente a dichos problemas.

En la actualidad se implementan alternativas en su mayoría de carácter orgánico debido a que estos brindan o permite obtener una producción mucho más limpia en todo sentido, además de, aportar a la conservación del suelo a la activación de microorganismos presentes, y a la catalización de macro y micro nutrientes para la asimilación de la planta, es por eso que El uso de microorganismos benéficos en conjunto con los sistemas de producción agroforestal en cacao, hoy en día son los más utilizados por los agricultores puesto que La productividad agro ecosistemas depende en gran medida de la actividad y la relación entre los microorganismos y la planta.

En la actualidad Inoculantes microbianos elaborados a partir de uno o varios microorganismos benéficos debido a su alta eficiencia e inocuidad son económicamente atractivos y ecológicamente aceptable para mejorar la calidad y cantidad en cuanto a producción de un cultivo.

Pese a ser una de las alternativas a tomar, lo sistemas agroforestales también presentan desventajas al momento de ser implementados en asociación con otros cultivos, ya que reduce la cantidad de agua presente en el suelo, el exceso de sombras lo cual puede ser un factor favorable para el desarrollo de plagas y enfermedades que ataquen al cultivo, como también la implementación de estos sistemas requiere mayor cantidad de mano de obra.

2.3 Soluciones planteadas

Los microorganismos en sistemas de producción agroforestal de cacao representan una gran ventaja ante las diversas amenazas que hoy en día aquejan al productor, puesto que la implementación de esta alternativa brinda una mayor seguridad a la producción, por ejemplo, el uso de microorganismos para producir sustancias promotoras de crecimiento, solubilizar fósforo inorgánico a partir de compuestos insolubles, mejorar la estructura del suelo o proteger a la planta de organismos patógenos.

Los inoculantes microbianos a base de microorganismos y hongos formadores de micorrizas entre otros los cuales permiten conservar la fertilidad del suelo y optimizan el rendimiento de las cosechas, son una de las innovadoras técnicas agrícolas a utilizar en el campo para mejorar el manejo y producción del cultivo.

El uso de biofertilizantes, fitoestimulantes y biopesticidas elaborados a partir de microorganismos benéficos son otra de las alternativas planteadas puesto que estos productos representan una mejora en cantidad y calidad del cultivo además ayuda a hacer frente de manera más ecológicamente amigable a plagas y enfermedades.

Los sistemas agroforestales al momento de establecer una producción brindan grandes beneficios, sobre todo a nivel edáfico puesto que permiten formar una capa permanente sobre la superficie del suelo que reduce el impacto de las gotas de lluvia y la escorrentía, por otra parte, también permite formar un ambiente óptimo para polinizadores y depredadores de las plagas que afectan al cultivo.

2.4 CONCLUSIONES

Como se ha mencionado el uso de microorganismo en los sistemas de producción agroforestal representa una serie de ventajas en la producción de cacao tanto en la nutrición como en la protección y control de plagas y enfermedades, lo cual permite obtener una producción en calidad y cantidad mucho mejor y a su vez brinda una relación eco amigable con el medio ambiente.

El uso de microorganismos en asociación con los sistemas de producción agroforestales de cacao, es una de las alternativas más Eficientes de implementar ante la serie de retos y desafíos que presenta hoy en día la agricultura local y global, puesto que no sólo brinda beneficios mediante el uso de los microorganismos, si no también brinda beneficios a llevar un sistema agroforestal permitiendo así, mejorar la fertilidad del suelo y proteger los cultivos

restaurar tierras degradadas mejorar la conservación del agua limitar el desarrollo de las plagas y evitar erosión del suelo.

Los sistemas agroforestales son sistemas de producción más sostenibles debido a que en ellos se pueden desarrollar tecnologías amigables que disminuyan la carga química en los cultivos.

2.5 RECOMENDACIONES

- Reducir el uso de pesticidas, monocultivos y contaminación de los suelos, debido a las amenazas y consecuencias que esto representan para agricultura en la actualidad y optar por un manejo de producción más orgánico y eco amigable con el medio ambiente.
- Emplear alternativas orgánicas o biológicas para el control de plagas y enfermedades presentes, como también para el manejo del cultivo en general.
- Aprovechar el uso de bacterias como *Clonostachys rosea*, *Bacillus spp.* y *Pseudomas fluorescens* como alternativa para el control de moniliasis y otras de las principales enfermedades que afectan al cacao.
- Implementar la asociación de microorganismos y sistemas agroforestales para una mejor conservación del suelo y mayor aprovechamiento de nutrientes disponibles en el mismo como para obtener también una producción más representativa en cuanto a calidad y cantidad del cultivo.
- Promover nuevas investigaciones en el funcionamiento y la actividad de los microorganismos benéficos en el cacao.

BIBLIOGRAFIA

- Arango, J., Zuluaga, G., Peñarete, D. 2009. Evaluación florística y estructural en sistemas agroforestales simultáneos en territorios de comunidades Embera del Atrato Medio Antioqueño. *Revista de investigaciones*. 28(1):11-31.
- Batista, L. 2009. El cultivo de cacao. *Santo Domingo: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal*. 23(2):45-54.
- Cadena, D. 2019. Evaluación y planificación de sistemas agroforestales sustentables de cacao (*Theobroma cacao* L.) y bambú (*Guadua angustifolia* K.), Montalvo, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*. 4(4):10-21.
- Candell, A. 2019. Promotores de sustentabilidad para sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Madre de Dios (Perú) y San Plácido (Ecuador). *Revista Científica y Tecnológica UPSE*. 6(2):76-81.
- Chávez, R. 2019. Estudio socio-económico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* l.) en la parroquia Febres Cordero, Cantón Babahoyo Los Ríos-Ecuador. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 2019(6):24-36.
- Cortes, S. 2016. Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Revista Bioagro*. 27(3):151-158.
- Coello, M., Haro, R. 2012. Caracterización de Sistemas Agroforestales Comúnmente Asociados al Cultivo de Cacao en la zona de Febres Cordero, provincia de Los Ríos. 2012. Tesis de Ingeniera Agrónoma, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 123p.
- Dibut, B. 2002. Presencia y uso de microorganismos endófitos en plantas como perspectiva para el mejoramiento de la producción vegetal. *Cultivos tropicales*. 25(2):13-17.
- Espinosa, J., Ríos, L. 2016. Caracterización de sistemas agroecológicos para el establecimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.), en comunidades afrodescendientes del Pacífico Colombiano (Tumaco-Nariño, Colombia). *Acta Agronómica*. 65(3):211-217.

- Feijoo, M. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*. 4(2):31-40.
- Higa, T., Parr, J. 2013. Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. *Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*. 13(2):128-135.
- León, F., Calderón, J., Mayorga, E. 2016. Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*. 9(18):45-55.
- Marchan, B. 2022. Control de *Phytophthora sp.*, usando sulfato de cobre pentahidratado a la parte aérea y microorganismos benéficos al suelo, en el cultivo de “cacao” *Theobroma cacao* L., en Zarumilla, Tumbes 2019. Tesis de Grado Ingeniería Agronómica, Universidad Agraria Del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 86p.
- Mata, D., Rivero, M., Segovia, E. 2018. Sistemas agroforestales con cultivo de cacao fino de aroma: entorno socioeconómico y productivo. *Revista cubana de ciencias forestales*. 6(1):103-115.
- Morales, F. 2018. Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*. 11(1):63-69.
- Morales, F. 2015. Pequeños productores de cacao Nacional de la provincia de Los Ríos, Ecuador: un análisis socio-educacional y económico. *Revista Spanish journal of rural development*. 6(3):120-126.
- Moreno, B., Herrera, A., Benavides, K. 2014. Evaluación socioeconómica y ambiental de tres tipos de sistemas agroforestales en el Trópico Seco Nicaragüense. *Revista Científica de FAREM-Esteli* 11(3):13-26.
- Mujica, V. 2013. Dosis y frecuencia de aplicación de microorganismos benéficos en la producción de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.), Ayna San Francisco, 600 msnm Ayacucho. 20(1):33-38.

- Murillo, S., Mendoza, A., Fadul, C. 2020. La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*. 7(1):58-68.
- Otero, V. 2011. Aislamiento, selección e identificación de actinomicetos, bacterias fotosintéticas no sulfurosas y bacterias ácido lácticas con potencial biofertilizantes, a partir de suelos asociados al cultivo de plátano en la Costa Atlántica Colombiana. *Posgrado Interfacultades en Microbiología*, Universidad Nacional de Colombia. 145p.
- Palomeque, E. 2009. Sistemas agroforestales. *Chiapas, SOCLA. Revista SOCLA*. 28(2):20-29.
- Pazmiño, J. 2020. Importancia del uso de microorganismos del género *Trichoderma sp.* para el control biológico de los cultivos. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 48p.
- Pérez, A., Rojas, J., Helson, M. 2009. Biología y perspectiva de microorganismos endófitos asociados a plantas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*. 1(2):286-301.
- Pocomucha, V., Alegre, J., Abregú, L. 2016. Análisis socio económico y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Huánuco. *Ecología aplicada*. 15(2):107-114.
- Poveda, V. 2013. Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 49(3):128-136.
- Prieto, O. 2012. Identificación de hongos micorrízicos arbusculares en Sistemas Agroforestales con cacao en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Revista de agronomía mesoamericana*. 23(2):233-239.
- Quimiz, J. 2021. Caracterización de fincas productoras de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) agroforestales renovadas, parroquia Esmeralda, provincia Los Ríos. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 85p.
- Ramírez, K., Florida, N., Escobar, F. 2019. Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma*

- cacao* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 6(2):21-28.
- Romero, E., 2018. Efecto de inoculantes bacterianos edáficos mixtos en el desarrollo temprano de cultivares mejorados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal tradicional del norte de Oaxaca, México. *Revista argentina de microbiología*. 49(4):356-365.
- Salvador, P. 2019. Diversidad, estructura y carbono de la vegetación arbórea en sistemas agroforestales de cacao. *Madera y bosques*. 25(1):225-235.
- Soto, L., Jiménez, G. 2018. Contradicciones socioambientales en los procesos de mitigación asociados al ciclo del carbono en sistemas agroforestales. *Madera y bosques*. 24(2):48-54.
- Suarez, G. 2010. Principales requerimientos agroecológicos de *Theobroma cacao*, Lin, para los estudios de la zonificación agroecológica en Cuba. En *Congreso Científico del INCA, XVII, San José de las Lajas, 22-26 nov.* Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 250p.
- Tirado, P., Lopera, A., Ríos, L. 2016. Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 17(3):417-430.
- Vallejo, C. 2018. Bacterias ácido lácticas presentes en el mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) de dos variedades. *Revista de Investigación Talentos*. 5(1):59-68.
- Vargas, Rolando. 2018. Aplicación de microorganismos eficientes EM en la producción de plantones de *Theobroma cacao* L. “cacao” en condiciones de vivero. Tesis de Grado Ingeniería Agronómica, Universidad Agraria Del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 66p.
- Velasco, A. 2020. Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana*. 38(2):333-345.