



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LOS PRODUCTOS COMERCIALES HUXTABLE®
Y MICORRIZAR® COMO BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO
DE FRÉJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata L.*) EN LA FINCA
EXPERIMENTAL “LA CANTALETA” MAJUA-ESMERALDAS.**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

AUTORA

AMY LINETT TRIVIÑO DÍAZ

ASESORA

MSc. KARLA SOLÍS CHARCOPA

Esmeraldas – Noviembre, 2017

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCE-E, previo a la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental.

Presidente tribunal de Graduación.

Lector 1

MSc. Lucía Vernaza Quiñónez

Lector 2

MSc. Sonia Mateos Marcos

MSc. Lucía Vernaza Quiñónez

Directora de la Escuela de Gestión Ambiental

MSc. Karla Solís Charcopa

Directora de Tesis

Esmeraldas, de de 2017

AUTORÍA

Yo, Amy Linett Triviño Díaz, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora y de la PUCE-ESMERALDAS.

FIRMA: _____

AMY LINETT TRIVIÑO DÍAZ

CI: 0850041518

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme vida para cumplir cada uno de mis proyectos, y permitirme obtener este título profesional.

A mi papá Elías Triviño, por ser un excelente profesional, mi ejemplo de superación y entrega, y mi apoyo económico a lo largo de esta carrera.

A mi mamá Mitzy Díaz, por siempre motivarme a estudiar y luchar por mis metas.

A mi hermano Pool Elías Triviño, gracias por ser mi compañero de vida y cómplice en el desarrollo de esta tesis.

A la PUCE-ESMERALDAS por ser centro del saber y abrirme sus puertas para poder educarme en tan prestigiada institución.

A mi querida asesora Karla Fernanda Solís, gracias por su apoyo, confianza y dedicación.

A los propietarios de la Finca Experimental “La Cantaleta” Luz Elena Delgado y Rafael Salcedo, en conjunto con su grupo de trabajo por apoyarme y compartir esta experiencia conmigo.

A los profesores que he tenido el placer de conocer y poder aprender de ellos.

Quiero concluir agradeciendo a mis amigos y mis futuros colegas por su apoyo y aprecio.

DEDICATORIA

A la persona que me dio la vida y le dio sentido al mismo tiempo

Con amor a:

Mitzy

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORÍA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
Presentación del tema de investigación	1
Justificación	4
Objetivos	5
General:	5
Específicos:	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	6
Bases teóricas científicas	6
Micorrizas.....	6
Clases de Micorrizas	6
Importancia de las micorrizas en la agricultura	9
Servicios ecosistémicos que ofrecen las micorrizas arbusculares.....	9
Productos comerciales a base de micorrizas	11
Huxtable®	11
Micorrizar®.....	11
Antecedentes	15
Marco legal	17
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	18
Área de estudio	18
Tamaño del Área de estudio.....	19
Descripción del suelo	20
Método Experimental	20
Etapa Pre siembra.....	20
Método de evaluación de Calidad y Salud del suelo.....	20
Método de exploración de suelo.....	21
Etapa de Siembra.....	22
Método de Siembra	22

Preparación del terreno.....	23
Trasplante	23
Control fitosanitario	24
Registro de datos	24
CAPÍTULO III: RESULTADOS	26
Exploración de suelo.....	26
Germinación.....	27
Altura de la planta.....	28
Almácigos.....	28
Trasplante	28
Floración	29
Grosor de tallo	30
Vainas	30
Raíces.....	31
Análisis Costo – Beneficio	32
Capacitaciones a productores agrícolas	35
CAPITULO IV: DISCUSIÓN.....	36
CONCLUSIONES.....	43
RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS.....	51
Anexo 1. Etapa de pre- siembra.....	51
Anexo 4. Análisis de suelo	62
Anexo 6. Marco legal.....	63
Anexo 7. Capacitaciones.....	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Servicios ecosistémicos que ofrecen las micorrizas arbusculares</i>	10
Tabla 2. <i>Taxonomía del fréjol caupí</i>	12
Tabla 3. <i>Exploración de suelos en los diferentes lotes</i>	26
Tabla 4. <i>Análisis de suelo a los diferentes lotes</i>	27

Tabla 5. <i>Número y promedio de plantas germinadas en los tratamientos: Huxtable®</i> , <i>Micorrizar® y Testigo</i>	27
Tabla 6. <i>Altura de plantas en almácigos</i>	28
Tabla 7. <i>Altura promedio de plantas trasplantadas</i>	29
Tabla 8. <i>Número y promedio de flores por planta</i>	29
Tabla 9. <i>Grosor de tallo por tratamiento</i>	30
Tabla 10. <i>Número y promedio de vainas cosechadas en cada lote</i>	31
Tabla 11. <i>Mediciones radiculares de cada tratamiento en los diferentes lotes</i>	31
Tabla 12. <i>Mortalidad de plantas en los distintos lotes con cada tratamiento: Huxtable®</i> , <i>Micorrizar® y Testigo</i>	32
Tabla 13. <i>Costo de producción del fréjol caupí con aplicación de biofertilizante</i> <i>Huxtable®</i>	33
Tabla 14. <i>Costo de producción del fréjol caupí con aplicación de agroquímicos</i>	34
Tabla 15. <i>Temas de capacitaciones</i>	35

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diferencias entre ectomicorrizas y endomicorrizas</i>	8
<i>Figura 2. Área de estudio</i>	18
<i>Figura 3. Lotes en el Área de estudio</i>	19
<i>Figura 4. Prueba de Infiltración. Lote 1</i>	51
<i>Figura 5. Prueba de Infiltración. Lote 2</i>	51
<i>Figura 6. Prueba de Infiltración. Lote 3</i>	51
<i>Figura 7. Calicata. Lote 1</i>	52
<i>Figura 8. Calicata. Lote 2</i>	52
<i>Figura 9. Calicata. Lote 3</i>	53
<i>Figura 10. Perforación de vasos plásticos</i>	53
<i>Figura 11. Sustrato para almácigos</i>	53
<i>Figura 12. Colocación de sustrato en cama de plástico</i>	54
<i>Figura 13. Agua hirviendo</i>	54
<i>Figura 14. Desinfección del suelo</i>	54
<i>Figura 15. Adecuación de invernadero</i>	55
<i>Figura 16. Sustrato y relleno de vasos plásticos</i>	55

<i>Figura 17.</i> Colocación de semilla en M1: Huxtable®	55
<i>Figura 18.</i> Relleno de vasos con Micorriza en M1: Huxtable®	56
<i>Figura 19.</i> Colocación de semilla en M2: Micorrizar®	56
<i>Figura 20.</i> Relleno de vasos con Micorriza en M2: Micorrizar®	56
<i>Figura 21.</i> Tratamientos en invernadero	57
<i>Figura 22.</i> Limpieza de terreno	57
<i>Figura 23.</i> Tratamientos en hilera	57
<i>Figura 24.</i> Cercado de terreno y señaléticas. Lote 1	58
<i>Figura 25.</i> Cercado de terreno y señaléticas. Lote 2	58
<i>Figura 26.</i> Cercado de terreno y señaléticas. Lote 3	58
<i>Figura 27.</i> Trasplante de plántulas al terreno. Lote 1	59
<i>Figura 28.</i> Trasplante de plántulas en Lote 2	59
<i>Figura 29.</i> Trasplante de plántulas en Lote 3	59
<i>Figura 30.</i> Aplicación de Micorriza en trasplante. M1: Huxtable®	60
<i>Figura 31.</i> Aplicación de Micorriza en trasplante. M2: Micorrizar®	60
<i>Figura 32.</i> Colocación de trampa para plagas	60
<i>Figura 33.</i> Colocación de guía	61
<i>Figura 34.</i> Floración	61
<i>Figura 35.</i> Maduración de granos	61
<i>Figura 36.</i> Análisis de macro y micro nutrientes	62
<i>Figura 37.</i> Análisis de textura	62
<i>Figura 38.</i> Registro de asistencia	68
<i>Figura 39.</i> Mercado Comunitario “La Hormiga”	69
<i>Figura 40.</i> Charla 1 a pequeños productores	69
<i>Figura 41.</i> Charla 2 a pequeños productores	70

ABREVIATURAS

INIAP: Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

CEPRONAT: Centro de Protección a la Naturaleza

OMS: Organización Mundial de la Salud

UCE: Universidad Central del Ecuador

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo

MAGAP: Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca

PIB: Producto Interno Bruto

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

Hma /MA: Micorrizas arbusculares

cm: centímetros

ha: hectáreas

m²: metros cuadrados

prom: promedio

g: grosor

gr: gramos

kg: kilogramos

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el recinto Majua del cantón Esmeraldas, en la Finca Experimental “La Cantaleta” donde laboran pequeños agricultores del sector, siendo esta actividad el principal ingreso económico para los hogares, sin embargo, las actuales prácticas agrícolas implican la aplicación de insumos químicos con la finalidad de incrementar rendimientos en los cultivos. Este tipo de prácticas provoca daños en la salud del medio ambiente y agricultores, por lo que mediante este estudio se propone a los pequeños agricultores desarrollar buenas prácticas agrícolas mediante la aplicación de biofertilizantes orgánicos. Para la ejecución del experimento en primer lugar se seleccionaron tres lotes, los cuales fueron caracterizados mediante la técnica de calicatas y el análisis de suelo, posteriormente se realizó la siembra de las plantas de fréjol caupí en almácigos y se aplicaron los tratamientos M1: Huxtable®, M2: Micorrizar® y T: Testigo; las plantas fueron trasplantadas a los tres lotes caracterizados L1: Franco Arenoso, L2: Limoso Arcilloso y L3: Franco Arenoso y se evaluaron los rendimientos de las plantas mediante los parámetros de germinación, altura de la planta (almácigo y trasplante), floración, grosor del tallo, vainas, longitud de raíces y mortalidad, estos datos fueron registrados semanalmente y el experimento tuvo una duración de tres meses. Una vez finalizado el experimento se realizó un análisis Costo-Beneficio, para comparar los costos de producción del fréjol caupí con el tratamiento Huxtable®, debido a que presentó mejores resultados, versus el uso normal de agroquímicos en el cultivo. Además, se realizaron charlas a pequeños productores cercanos para concientizarlos sobre los efectos de los agroquímicos en los recursos naturales y la salud humana. El trabajo de investigación demuestra que es posible mediante la aplicación de insumos orgánicos como las micorrizas realizar una agricultura sostenible, la cual no degrade los suelos y permita a los pequeños agricultores producir alimentos para satisfacer la demanda de consumidores.

Palabras claves: biofertilizante, fréjol, micorrizas, orgánicos.

ABSTRACT

The present study was carried out in the Majua area of the Esmeraldas city, in the Experimental Farm "La Cantaleta". This experiment was carried out with small farmers from the same area of this study. The agricultural activities has being the main economic incomes for households. However, the practices that the small farmers tend to do, are very unfriendly with the enviroment, because of, the excesive use of chemists to increment the agricultural production. First, for the execution of this experiment the study of area was divided in three lots, which were characterized by the technique of soil pits and the analysis of soil. Later the planting of cowpea beans plants was made in seedbeds and the M1 treatments were applied: Huxtable®, M2: Micorrizar® and T: Control; the plants were transplanted to the three lots characterized L1: Sandy Grain, L2: Clay Clayey and L3: Sandy Grain. In addition, the yields of the plants were evaluated by the parameters of germination, height of the plant (seedbed and transplant), flowering, thickness of the stem, pods, root length and mortality, these data were recorded weekly and the experiment lasted three months. Once the experiment was completed, a cost-benefit analysis was carried out to compare the production costs of cowpea beans with the Huxtable® treatment, due to the fact that it presented better results and the application of agrochemicals. In addition, talks were given to small producers of the community market "La Hormiga" to raise awareness of the effects of agrochemicals on natural resources and human health. The research work shows that it is possible through the application of organic inputs such as mycorrhizae to carry out sustainable agriculture, which does not degrade soils and allows small farmers to produce food to meet consumer demand.

Key words: biofertilizer, bean, mycorrhizae, organic

INTRODUCCIÓN

Presentación del tema de investigación

Los seres humanos han realizado actividades que han transformado, alterado y destruido los ecosistemas naturales, provocando la desaparición o fragmentación de hábitats, y la proliferación de especies introducidas. Además, muchas especies se encuentran en peligro de extinción debido a la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación del suelo, agua y el aire, en todo el planeta (Noda, 2009).

La contaminación del suelo puede darse por varios motivos, uno de ellos, es la agricultura (Quenum, 2010), la cual, como menciona Arguello (2011), busca satisfacer la demanda de consumidores a través de la aplicación de elevadas cantidades de fertilizantes químicos y plaguicidas con el fin de mejorar los niveles de rentabilidad y productividad de los cultivos. Sin embargo, Suquilanda (2008) menciona que estos agroquímicos si no se utilizan de forma balanceada pueden afectar las aguas subterráneas y los microorganismos que habitan en el suelo.

Desde el ámbito económico y productivo, la agricultura es considerada una de las actividades más notables del Ecuador, debido a que aporta el 85 % al PIB agropecuario y el 8 % al PIB Nacional desde hace una década, lo cual, según Monteros, Salvador y Sumba (2015), lo convierte en uno de los principales pilares de la economía del país. Para esta actividad según la Encuesta de Superficie de Producción Agrícola (2013) citado por Monteros, Salvador y Sumba (2015), se destinan 2.551.513 hectáreas para la producción de banano, cacao, leguminosas, entre otras, de esta cifra el INEC (2013) establece que 1.320.988,67 hectáreas utilizan algún tipo de plaguicidas en sus cultivos.

Según el INEC (2012) en el Ecuador el 47,6 % (1.320.988,67 ha) de unidades de producción utilizan plaguicidas en sus plantaciones, de este porcentaje el 88 % (1.039.926.72 ha) es utilizado por la ciudad de Carchi, que es la que más utiliza, seguida por Imbabura con un 56,7 % (730.759.31 ha) y finalmente Esmeraldas con un 47,1% (618.334.80 ha) de utilización.

La Encuesta de Superficie de Producción Agrícola (2011), menciona que Esmeraldas tiene 811.000 hectáreas de tierra en utilización, representando el 50 % de la Zona de

planificación 1 y el 7 % de utilización a nivel nacional. Es una provincia que por sus características geográficas enfoca gran parte de su economía en el sector agrícola, en la producción de palma africana, banano, plátano, café, leguminosas y maracuyá, los cuales tienen como destino cubrir la demanda local del país y gran parte de la demanda internacional.

El presente proyecto de investigación se realiza en la finca experimental “La Cantaleta”, la cual se encuentra ubicada en la parroquia de Majua del Cantón Esmeraldas con una extensión de 90.000 m². Esta área dedica su producción a cultivos de cacao, papaya, fréjol, limón, naranja y flores, pero por tradición tuvo sembríos de banano por más de 10 años. Por ello desde el año 2000 se han implementado estrategias de recuperación de suelos, mediante la aplicación de métodos orgánicos en los cultivos (Salcedo, 2016).

La metodología de agricultura orgánica permite la optimización de los recursos naturales, remplazando el uso de productos químicos por el uso de biofertilizantes; con la finalidad de elevar rendimientos en los cultivos, sin causarle daños al ambiente (Noda, 2009).

Durante varios años se han planteado varias tecnologías vinculadas a esta metodología de agricultura orgánica, una de ellas es la inclusión de microorganismos en las semillas tales como hongos micorrízicos, conocido como el método de inoculación (Noda, 2009). Las micorrizas son microorganismos que trabajan sobre el abastecimiento de nitrógeno y fósforo hacia el vegetal; además, realizan otras funciones como aportar en el desarrollo radical y hacen un efecto protector contra enfermedades fúngicas de la raíz (Sáenz, 2002).

Evaluar la aplicación de especies de micorrizas en las condiciones particulares de la finca experimental “La Cantaleta” en la ciudad de Esmeraldas, es importante para fortalecer sistemas productivos amigables con el ambiente, lo que conllevará a reducción del uso de agroquímicos y una producción de alimentos menos contaminados y más rentable.

Planteamiento del problema

Los agricultores actualmente buscan estrategias que les permita incrementar la producción agrícola (Arguello, 2011), con la finalidad de satisfacer la demanda de consumidores. La aplicación de productos químicos como plaguicidas, se ha convertido en un elemento necesario para la producción de cultivos, especialmente en zonas poco fértiles donde la producción de alimentos es escasa (Ravelo, 2009). Sin embargo, a pesar de los numerosos beneficios que se obtienen de la aplicación de plaguicidas, su uso continuo e incontrolado, y la persistencia de los mismos en el ambiente, ha generado problemas que afectan a la salud humana y al medio ambiente, debido a que sus residuos están presentes en verduras, frutas, suelos, aguas etc. (Ravelo, 2009).

Por otro lado, Boroukhovitch (1992) citado por Bruno (2007), menciona que los plaguicidas pueden causar problemas bioecológicos, debido a que eliminan enemigos naturales de plagas y enfermedades, ocasionan que surjan nuevas plagas, eliminan la fauna útil del suelo, y finalmente la aplicación masiva de plaguicidas puede generar la resistencia de las plagas, es decir al transcurrir el tiempo los plaguicidas serán ineficientes a pesar de que se aumente la dosis de aplicación.

En la Finca Experimental “La Cantaleta” se encuentran presentes diferentes cultivos, los cuales una vez maduros son cosechados y vendidos en el Mercado comunitario “La Hormiga”, el cual se enfoca en la venta de productos obtenidos de fincas de pequeños agricultores. De este modo, el presente trabajo de investigación busca generar una alternativa para que el pequeño agricultor pueda mejorar los rendimientos de sus cultivos a través de la aplicación de un biofertilizante como lo son las micorrizas.

Justificación

El presente trabajo de investigación se enfocó en evaluar la aplicación de micorrizas comerciales en el cultivo de fréjol caupí para evitar el uso de agroquímicos, debido a que en los datos recogidos por el INEC (2012) reflejan que más de la mitad del territorio esmeraldeño dedicado a la producción agrícola se encuentra contaminado por la utilización de agroquímicos, generando la degradación de los suelos y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Por otra parte, los agroquímicos generan algunas afectaciones a la salud (Elika, 2011) y pueden ser carcinógenos como lo establece la Organización Mundial de la Salud (OMS), cual ha determinado cinco productos químicos con la categorización de “posible” y “probable” carcinógenos, los cuales son: herbicida glifosato e insecticidas diazinón y malatión (probable), insecticidas tetraclorvinfos y paratión (posible), ésta caracterización nos permite informarnos sobre los daños que generan éstos productos y evitar su aplicabilidad (CEPRONAT, 2015).

Las micorrizas se plantean como una alternativa al pequeño agricultor ante la aplicabilidad de agroquímicos los cuales no garantizan la sostenibilidad a largo plazo del recurso suelo (Székely, 2011). Además, las micorrizas realizan una simbiosis con las raíces de las plantas, lo cual le permite generar un sistema radicular más complejo y abundante alcanzando mejor los nutrientes y el agua del suelo, y a su vez, ante la presencia de contaminantes y agentes patógenos, la planta puede resistir el estrés y continuar su productividad por lo que no sería necesario la aplicación de insumos químicos para contrarrestar esta problemática (Franco, 2014).

Objetivos

General:

Evaluar el rendimiento de los biofertilizantes comerciales Huxtable® y Micorrizar® en el cultivo de fréjol (*Vigna unguiculata L.*).

Específicos:

- Comparar la efectividad radicular de los biofertilizantes comerciales Huxtable® y Micorrizar®, junto con el tratamiento testigo en el cultivo de fréjol (*Vigna unguiculata L.*).
- Desarrollar un análisis de costo-beneficio del tratamiento con mejor comportamiento agrícola de los parámetros evaluados.
- Realizar charlas a pequeños productores del mercado “La hormiga” sobre la aplicación de biofertilizantes agrícolas para incentivar al uso y cuidado de los recursos naturales de forma responsable.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Bases teóricas científicas

Micorrizas

El término micorriza nace del griego *mykos* que significa hongo y del latín *rhiza* que significa raíz, literalmente significa “hongo-raíz”, expresando así la asociación simbiótica entre el micelio de un hongo y las raíces de una planta terrestre (Franco, 2014).

Se denomina asociación simbiótica debido a que los hongos del suelo se benefician de la planta con el suministro de fuentes carbonatadas provenientes de la planta, y la planta a su vez, se beneficia del hongo porque le permite mayor cobertura de suelo a nivel de raíces, aumentando la capacidad de absorción de nutrientes minerales (Hermard, Ilabaca, Jeres, Sandoval, y Ulloa, 2002).

Por otra parte, otros autores como Blanco, Salas, Alvarado *et al.* (1996) manifiestan que los hongos se benefician de la planta para la provisión de energía, carbono y de un nicho ecológico, y a la vez éstos entregan nutrimentos minerales a las plantas. Por otro lado Paillacho (2010), menciona otros beneficios como el incremento de la tasa fotosintética, control osmótico durante las sequías, resistencia a la planta ante agentes patógenos y la tolerancia al estrés ambiental, Lynch y Whipps (1992) citado por Blanco y Salas (1997), mencionan además que hongos micorrízicos cumplen la función de mediadores de las interacciones de la microflora y microfauna, específicamente tienen buena interacción con los macro invertebrados como las lombrices contribuyendo a su distribución espacial.

Clases de Micorrizas

Las micorrizas se clasifican en dos tipos: las ectomicorrizas y las endomicorrizas, algunas plantas tienen las dos clases, pero muchas otras no (Paillacho, 2010).

La diferencia principal entre endomicorrizas y ectomicorrizas es donde se encuentran ubicadas las hifas del hongo que crea la simbiosis, como se detalla en la Figura 1. (Fertienda, s.f.).

Ectomicorrizas

Las ectomicorrizas se destacan porque son de gran importancia en las especies de árboles para el aprovechamiento forestal (Aguilar, 2012). La simbiosis en las ectomicorrizas se realiza cuando el hongo crece entre las células de la raíz rodeándola sin penetrarla; los hongos secretan hormonas que provocan la ramificación de la raíz, la cual adopta un aspecto característico esponjoso y ramificado conocido como Red de Harting (González, 2006). Este tipo de micorrizas son fáciles de visualizar, tienen un color blanquecino que cubre la masa radicular, y se los puede observar en campo, cuando un pino cae y sus raíces quedan a la vista (Fertitienda, s.f.).

Las ectomicorrizas se encuentran formadas por hongos Basidiomicetes y Ascomicetes, los cuales se encargan de desarrollar una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces nutricias de la planta, siendo, los principales géneros: *Suillus*, *Cortinarius*, *Rhizopogon*, *Cenococcuym*, *Thelefora*, *Pisolithus* (Cano, 2013).

Endomicorrizas

Las endomicorrizas son las más comunes, se encuentran presentes en el 80 % de las plantas vasculares. Las hifas de las endomicorrizas a diferencia de las ectomicorrizas (Figura 1), penetran las células del córtex de la raíz sin romper el plasmalema o el tonoplasto. Las endomicorrizas se suelen llamar micorrizas VA por la formación de estructuras dendroides llamadas arbuscúlos o protuberancias llamadas vesículas, las cuales quedan revestidas por la membrana plasmática (González, 2006).

Las hifas no son visibles a simple vista, las mismas se extienden varios centímetros por fuera de la raíz incrementando la cantidad de nutrientes absorbidos (González, 2006). La mayoría de las plantas en general, sobre todo hortícolas y frutales, necesitan endomicorrizas (Fertitienda, s.f.). De acuerdo con Paillacho (2010) existen tres tipos característicos, los cuales son:

Orquideomicorrizas: (asociadas a Orquideaceas), sus principales géneros son: Armillariella, Gymnopilus, Marasmius, Fomes, Xerotus, Corticium, Ceratobasidium, Sebacina, Tulasnella.

Ericomicorrizas: Ligadas a la Familia Ericáceas y con muchas similitudes estructurales con las ectoendomicorrizas. Su principal género es: Pezizella.

Vesículos Arbusculares: Se caracteriza por formar arbusculos intracelulares y sin duda son las de mayor difusión y amplitud pues se encuentra en simbiosis con la mayoría de las plantas de importancia ecológica y económica (leguminosas, cereales, hortícolas, cítricas, etc) (Redes Microbianas, s.f.). Su división es Glomeromycota del orden Glomales; actualmente existen dos subórdenes Glomineae con las familias Glomaceae (*Glomus*), Acaulosporaceae (*Acaulospora* y *Entrophospora*) y Archaeosporaeae (*Archaeospora*) y Paraglomaceae (*Paraglomus*), y en el suborden Gigasporineae está la familia Gigasporineae (*Gigaspora* y *Scutellospora*); en la actualidad el número dentro de las especies glomales son 154 (León, 2006)

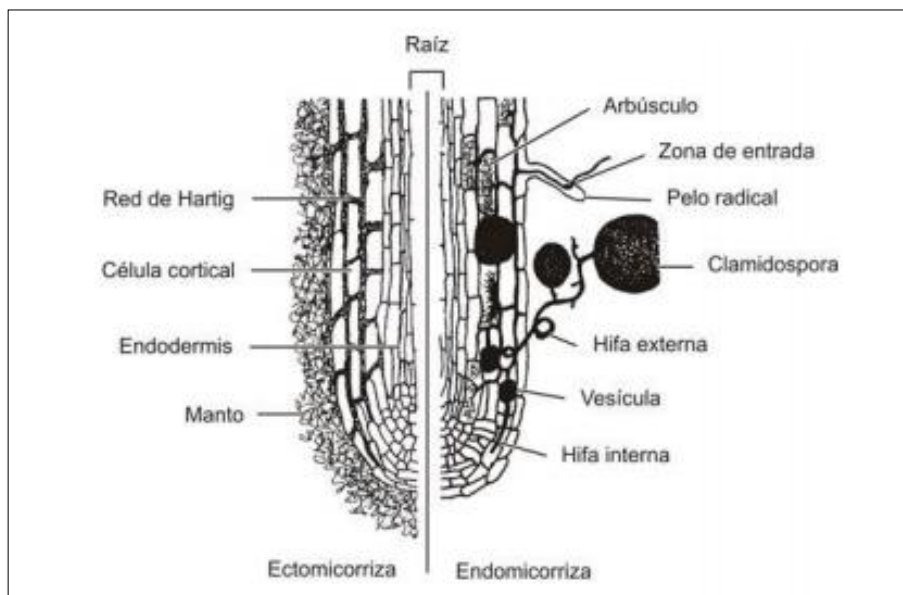


Figura 1. Diferencias entre ectomicorrizas y endomicorrizas
Fuente: Gonzáles (2006)

Importancia de las micorrizas en la agricultura

El prefacio del libro *Mycorrhizae in sustainable agriculture*, menciona que las micorrizas cumplen una función esencial en la agricultura sostenible, y para disminuir los insumos químicos ya sea por motivos ambientales o de salud, es necesario introducir hongos micorrizógenos y otros microbios benéficos que contengan un alto nivel de efectividad para que puedan compensar la reducción de insumos (Blanco, Salas Alvarado *et al.*, 1996).

Por otro lado, Paillacho (2010) menciona que la introducción artificial del inóculo micorrízico al suelo, es necesaria y es más notoria cuando los suelos carecen de hongos micorrizas arbusculares (MA) nativos, los mismos han desaparecido por las prácticas agrícolas como por ejemplo la fumigación y el cultivo intensivo.

Las micorrizas presentan muchos beneficios a las plantas, siendo mejoradores de la captación de agua y de nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. Además, participan en el incremento de la tolerancia de la planta ante las temperaturas y la acidez del suelo, y también vuelven más resistente a la planta ante ciertos hongos patógenos y nemátodos (Martínez, 2013).

Por último, Jaizme (2012) indica que los hongos MA pueden producir grandes cantidades de glomalina, la cual es una glicoproteína que actúa a modo de pegamento natural, estabilizando los agregados del suelo. A su vez, la glomalina permite el incremento la productividad del agro sistema, optimizando la aireación del suelo, facilitando el drenaje y la actividad microbiana.

Servicios ecosistémicos que ofrecen las micorrizas arbusculares

La creciente población mundial ha inducido a que se intensifique la agricultura con la finalidad de incrementar la producción de alimentos, y satisfacer la demanda de consumidores, sin embargo, esto implica que cada año aumente o se mantenga el uso de fertilizantes químicos, pesticidas, entre otros, provocando que se pierda la calidad inicial del suelo, y se anule los servicios ecosistémicos que estos brindan, los mismos que son necesarios para la existencia de la vida en el planeta.

Los servicios eco sistémicos nacen de la biodiversidad de microorganismos que se encuentran en el suelo, tal es el ejemplo de las micorrizas, las cuales son microorganismos que comprenden el sustento de la fertilidad, establecimiento de estructura del suelo, y permite a la planta a defenderse contra organismos patógenos, a su vez presentan otros servicios que se visualizan en la Tabla 1 (García, 2015).

Tabla 1

Servicios ecosistémicos que ofrecen las micorrizas arbusculares

Función de las Micorrizas arbusculares	Servicio Ecosistémico
La morfología de las raíces se modifica y forma una red de micelio en el suelo.	Aumento de la adherencia planta/suelo y estabilizar el suelo (mejora de la estructura del suelo).
Incremento de agua y minerales disponibles para la planta.	Incremento del crecimiento de las plantas y disminución del uso de fertilizantes.
Amortigua el efecto de estrés abiótico.	Incremento de la resistencia de plantas ante salinidad, sequía, contaminación por metales pesados y niveles bajos de nutrientes minerales.
Secreta glomalina en el suelo.	Eleva la retención de agua y la estabilidad del suelo.
Protege a la planta contra patógenos de las raíces.	Reduce el uso de pesticidas y aumenta la resistencia de las plantas al estrés biótico.
Modifica el metabolismo y fisiología de la planta.	Bioregula el proceso de crecimiento de la planta.

Productos comerciales a base de micorrizas

En el mercado ecuatoriano se comercializan varios productos a base de micorrizas entre ellos tenemos: Huxtable® y Micorrizar®, las cuales fueron seleccionadas porque son las que se encuentran disponibles actualmente en el mercado ecuatoriano, los productos a pesar de presentar diferencias en los géneros pertenecen al mismo tipo de micorrizas, es decir, los dos productos son micorrizas arbusculares, por lo tanto son aplicables al cultivo de leguminosas, y se puede acotar también que el valor económico entre ellos no varía significativamente.

Huxtable®

Huxtable® es un inoculante ecuatoriano que lo fabrica y comercializa la empresa Ferbiohux sus tres diferentes establecimientos, uno de los cuales se encuentra en San Lorenzo-Esmeraldas. Este producto posee micorrizas arbusculares de los géneros *Glomus etunicatum*, *Glomus intraradices*, *Glomus losciculatum* y garantiza una infección del 50% (Ferbiohux, sf).

Micorrizar®

Micorrizar® es un producto colombiano fabricado por la Empresa Agrotecnia y distribuido por Agropecuaria Ronald en Santo Domingo de los Tsáchilas, este producto garantiza una infección del 80 %, y posee micorrizas arbusculares de los géneros *Acaulospora spp.*, *Entrophospora spp.*, y *Gigaspora spp* (Agrotecnia, sf).

Fréjol Caupí

El fréjol caupí (*Vigna unguiculata L.*) es una especie que se cultiva en varias partes del mundo como leguminosa, vegetal (hojas y grano verde), cultivo de cobertura y forraje. Actualmente presenta diferentes nombres comunes en español dependiendo del país donde se lo produzca: chícharo salvaje o caupí (España); caupí o fréjol de cabecita negra (Colombia); fréjol Castilla (Perú); poroto tape, poroto arroz, porotito del ojo (Argentina); feijão Macasar (Brasil); poroto, caupí (Ecuador). A nivel internacional se conoce a esta leguminosa como lubia, coupé o frijole (Albán, 2012).

Taxonomía

Albán (2012) presenta la descripción taxonómica del fréjol caupí:

Tabla 2

Taxonomía de fréjol caupí

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Leguminosae
Familia	Fabaceae
Género	Vigna
Especie	<i>Unguiculata (L)</i>
Nombre científico	<i>Vigna unguiculata</i>

Morfología

Fréjol caupí es una planta que tiene un sistema radicular muy desarrollado, el cual está compuesto por una raíz principal que puede alcanzar 1,20 m de profundidad y varias raíces secundarias. Los tallos son finos y débiles, y la altura es variable. El porte de la planta lo determina la forma del tallo, si el tallo posee una inflorescencia terminal, la planta tendrá crecimiento determinado, y si las inflorescencias aparecen en las axilas, la planta tendrá crecimiento indeterminado (guiadoras o trepadoras). A su vez existen variedades, pueden ser precoces con maduración uniforme (70 días) de tipo determinado, o tardías (6 a 8 meses) de tipo indeterminado, con maduración desigual (Albán, 2012).

En cuanto a sus hojas, las primeras son unifoliadas y crecen de manera opuestas, mientras que las hojas verdaderas son trifoliadas, la forma de los folíolos puede ser lanceoladas u ovaladas. El área foliar del caupí incrementa con la edad de la planta, puede llegar a generar un elevado número de hojas por planta, por lo que puede usarse como abono verde (Reyes y Cabrera, 2000).

Las flores del caupí son hermafroditas, se dan en pequeños racimos, tienen cinco pétalos que poseen nombres específicos, un estandarte, dos alas y dos pétalos soldados. Según la variedad son: moradas, amarillas, blancas o blancas con manchas moradas (Dumet , Adeleke , y Faloye , 2008).

En cuanto a su fruto es una vaina lineal, que alcanza entre 10 a 25 cm, y contiene aproximadamente entre 16 a 21 granos por vaina. Puede ser de color verde o presentar moteados rojizos o púrpuras en sutura y valvas (Albán, 2012).

Por lo general cada tallo floral posee 2 o 3 flores, las mismas que se convierten en vainas, en un lapso entre 20 a 25 días para que se desarrollen las semillas en las vainas. La semilla puede ser de diferente color: crema, rojizo, marrón, negro y en algunas variedades se presentan pequeñas manchas de diferente tamaño. Posee una textura de tipo lisa, áspera o rugosa (Reyes y Cabrera, 2000)

Condiciones edafoclimáticas

El fréjol caupí es una planta rústica que se adapta a una gran diversidad de suelos, llegando a tolerar acidez (pH 5.5 a 6.6), sin embargo, no tolera alcalinidad, salinidad ni suelos con mal drenaje. Tiene un buen desarrollo en suelos ligeros, bien drenados, profundos y con fertilidad media a alta, puede prosperar en temperaturas entre los 18°C y 40 °C, es intolerante a las heladas porque afectan el crecimiento de las plantas y temperaturas superiores a 40 °C, debido a que impiden el cuajado de las flores. La época de siembra idónea es durante el periodo lluvioso o período seco utilizando abundante riego (Dumet , Adeleke , y Faloye , 2008).

Contenido nutricional de semillas

Según Ochoa (2013), el fréjol brinda múltiples beneficios a la salud, por cada 100 gramos, hay 20 g de proteínas, 5.8 g de grasa y más de 3 g de fibra. Además, su alto contenido de hierro aporta al desarrollo cerebral en niños pequeños, su contenido de fibra reduce el colesterol y finalmente es un elemento eficaz contra la anemia debido a que contiene abundantes vitaminas como complejo B, niacina, riboflavina, ácido fólico y tiamina (Casas, 2011).

Investigaciones recientes afirman que la baja incidencia de cáncer de colon en América Latina, específicamente en nuestro país, en comparación con países desarrollados, es debido al mayor consumo de fréjol (Ochoa, 2013).

Antecedentes

Las micorrizas son una de las asociaciones más existentes en el medio ambiente, tienen como función mejorar la captación de nutrientes y agua (especialmente el fósforo) a través de la raíz, lo que provoca un crecimiento más prolongado de la planta (Camargo, Montaña, De La Rosa, y Montaña 2012). Realizar inoculaciones con micorrizas, además, según Anaya, Espinosa y Cruz (2001) permite que la planta tenga mayor sanidad, calidad y vigor, y a su vez Paulitz y Linderman (1991) citado por Blanco y Salas (1997) añaden que las infecciones radicales por nemátodos son menores en una planta micorrizada.

Las micorrizas son organismos con una antigüedad similar a las plantas, se conoce su existencia hace más de 100 años, y aproximadamente el 95 % de la vegetación conocida realizan simbiosis con hongos del suelo (Hernández, 2001). Se han realizado diversos estudios mundialmente con productos comerciales de micorrizas, se han probado en cultivos frutales, hortalizas, leguminosas y ornamentales, los mismos que han tenido muy buenos resultados (Sáenz, 2002).

En Latinoamérica, Cuba es un país pionero en cuanto a investigación y producción de productos basados en micorrizas, realizando pruebas en la mayor parte de los cultivos, y sus resultados han sido exitosos (Sáenz, 2002). Un ejemplo de ello es un estudio realizado en este país en el año 2012, el cual consistió en evaluar la efectividad de la aplicación de Rhizobium y Micorriza en el cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris L*), utilizando cuatro tratamientos (Testigo, Rhizobium, Micorrizas, Rhizobium + Micorrizas), evaluando parámetros como la altura de las plantas (cm), número de nódulos por planta, diámetro de la base del tallo, época de cosecha, el rendimiento y sus componentes. Éste experimento demostró que el tratamiento de Rhizobium+Micorriza obtuvo los mejores resultados en cuanto a los parámetros evaluados, así como en rendimiento y sus componentes (González, Núñez, y Barceló, 2012).

Estudios realizados en Ecuador por Tufiño (2011) pudieron demostrar la efectividad de las micorrizas aplicadas a varios lotes de una plantación de banano, en donde se realizó un aislamiento, identificación y cuantificación de esporas de HMA (Micorrizas). Las evaluaciones del experimento se realizaron a los 45, 90 y 200 días para medir la población y porcentaje de colonización. Las plantas después de tres meses tuvieron un crecimiento

progresivo, determinándose que las mayores dosis del fertilizante con micorrizas (400 - 800 g) contribuyen al aumento de la altura, perímetro, área foliar, biomasa aérea y radical.

A su vez González (2014) realizó un estudio de micorrizas, en donde aplica estos microorganismos en plántulas en etapa de vivero, evaluando parámetros como el porcentaje de germinación, porcentaje de plántulas vivas, tamaño de hojas, diámetro de tallos, tamaño y color de las raíces, y su muestreo lo realizó cada 30 días escogiendo 10 plantas al azar. El estudio dio como resultado que la incorporación de micorrizas en las plántulas de cacao no genera ningún efecto en su comportamiento fisiológico. Por lo tanto, el autor recomienda hacer un mejor seguimiento en cuanto a las dosis de aplicación de micorrizas en los sustratos.

Por lo mencionado anteriormente se ha despertado el interés de aplicar dos productos comerciales de micorrizas en condiciones agroecológicas en Esmeraldas, con la finalidad de que sea una alternativa viable al uso de los agroquímicos, evitando la contaminación del suelo y el agua, los cuales son los recursos más afectados en la actividad agrícola. Además, este proyecto pretende aumentar los rendimientos del cultivo de Fréjol caupí (*Vigna unguiculata*), y a su vez determinar si es factible económicamente para los agricultores aplicar los biofertilizantes en comparación a sus métodos agrícolas tradicionales.

Marco legal

Las bases legales de este proyecto se encuentran respaldadas, por la Constitución del Ecuador (2008), como ley suprema que rige nuestro país, la cual en sus Art. 14 y Art. 409 destaca que vela por la conservación de los recursos naturales y el bienestar humano.

Esta investigación toma como otra base legal al Texto Unificado de Legislación Secundaria (2015), el cual en su Normativa de Calidad Ambiental del suelo hace referencia al uso racional de los agroquímicos como plaguicidas.

A su vez, la Ley de Prevención y Control de la Contaminación (2004), en su Art. 12 menciona que los Ministerios de Agricultura, Ganadería y del Ambiente, son los encargados de prohibir o regularizar la aplicación de sustancias que puedan generar contaminación

En caso de no cumplir con lo establecido en la normativa anterior se aplicarán las sanciones establecidas en el Título X de la Ley de comercialización y empleo de plaguicidas (2004).

Por otro lado, los Art. 114 y 115 de la Ley Orgánica (2006) de salud mencionan normas y regularizaciones que deben ser tomadas para evitar daños a la salud de las personas.

Finalmente, hay que procurar mantener la soberanía alimentaria del país mediante productos sanos lo cual lo estipula el Art. 3, literal d), de la Ley Orgánica del régimen de Soberanía Alimentaria (2009).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en la Finca experimental “La Cantaleta”, la cual se encuentra ubicada en la parroquia de Majua, al sureste del Cantón Esmeraldas, a 45 Km del centro de la ciudad de Esmeraldas (GAD Parroquial Majua, s.f.). Con una elevación de 51 msnm, a 0°42'13.19" latitud Norte y 79° 32' 24.07" longitud O, y limita al Norte con la Parroquia Chinca, Sur con la Parroquia Viche, Este con la Parroquia Chumundé, y al Oeste con la Parroquia Chinca, lo cual está identificado en la Figura 2.

Majua tiene un clima tropical húmedo, el cual predomina en la parroquia; cuya temperatura promedio es de 25° C (GAD Parroquial Majua, 2011).

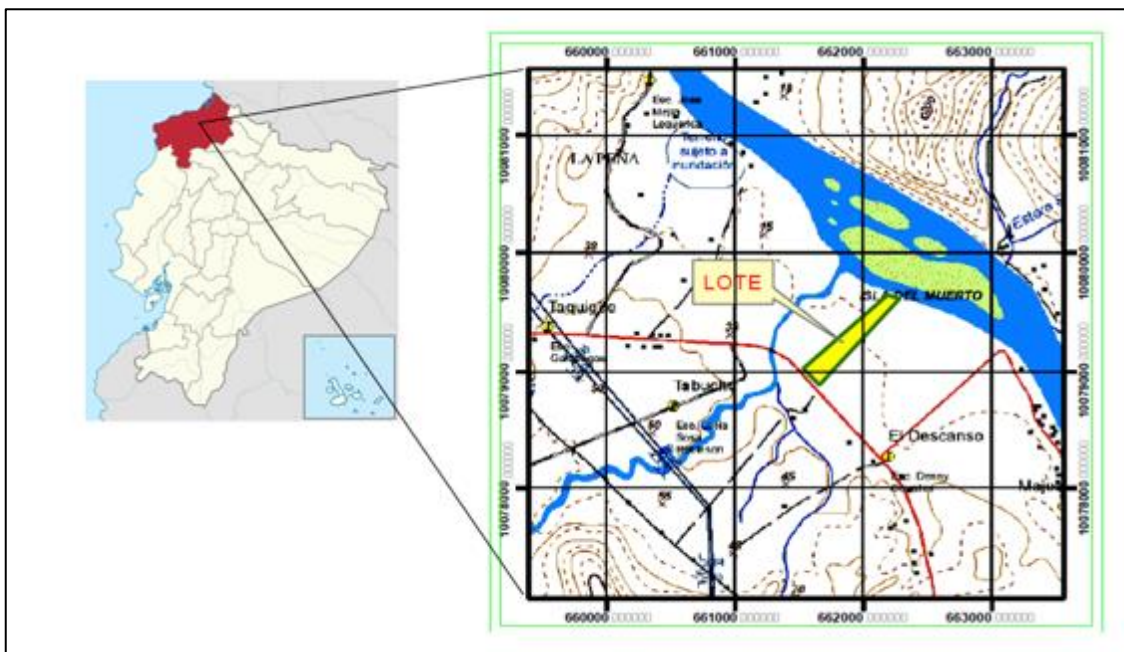


Figura 2. Área de estudio

Tamaño del Área de estudio

La finca experimental “La Cantaleta” tiene una extensión total de 90.000 m², el experimento se realizó en tres lotes de 72 m² cada uno (Figura 3), los cuales se encuentran distribuidos en tres puntos de la zona de estudio, con una distancia aproximada de 100 m entre ellos. De manera visual se han seleccionado tres lotes debido a sus características físicas como el color y el tipo de suelo, lo cual fue corroborado en estudios de suelos preliminares realizados al inicio del estudio. La finalidad de evaluar en diferentes tipos de suelos permitirá probar los inóculos de micorrizas en diferentes condiciones de suelo.

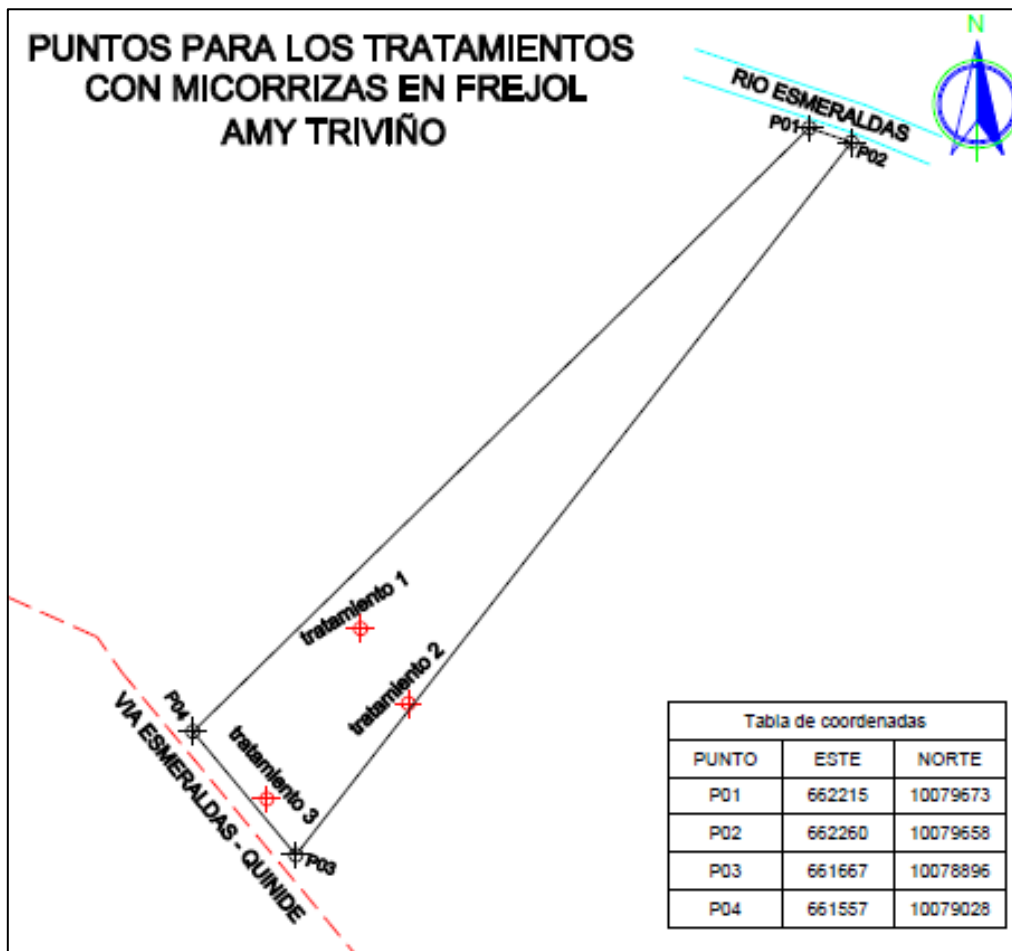


Figura 3. Lotes en el Área de estudio

Descripción del suelo

De acuerdo con Bertch, Mata y Henríquez (1993), los suelos en la parroquia de Majua presentan pendientes bajas y un bosque seco tropical, sus suelos son de riego fácil y se encuentran destinados a cultivos de ciclo corto, lo cual coincide con la especie de fréjol caupí (*Vigna unguiculata*) (MAGAP, 2012) escogida para realización del estudio. Además, taxonómicamente se lo define como suelo entisol, lo que significa que son suelos poco desarrollados, y sus horizontes no se pueden diferenciar.

Método Experimental

Esta fase consistió en evaluar el rendimiento de los biofertilizantes Huxtable® y Micorrizar® en la plantación de fréjol voluble (*Vigna unguiculata L.*) el cual se cultiva en la Finca Experimental “La Cantaleta”, para lo cual se establecieron dos etapas: Pre-siembra y Siembra las cuáles poseen sus respectivas técnicas y serán descritas a continuación.

Etapas Pre siembra

Método de evaluación de Calidad y Salud del suelo

Prueba de infiltración

Se colocó sobre el suelo un anillo de hierro de 6 cm de diámetro y de 6 cm de largo, y se hundió en el suelo hasta una profundidad de 3 cm, posteriormente utilizando los dedos suavemente se afirmó los bordes internos del anillo, para evitar filtraciones adicionales.

Se cubrió el anillo con una lámina de plástico, luego se llenó un recipiente con 400 ml de agua y se vertió en el anillo cubierto por el plástico, luego se retiró la envoltura de plástico, dejando dentro del anillo el agua, y se registró el tiempo que tardó la cantidad de agua

penetrar el suelo, la prueba de infiltración se la realizó en los tres lotes como se puede visualizar en el Anexo 1 Figura 4, 5 y 6.

Método de exploración de suelo

Calicatas

Se realizaron calicatas, una en cada uno de lotes seleccionados para el estudio. Las calicatas tuvieron dimensiones de 50 cm de ancho, 50 cm de largo y 100 cm de profundidad, estas dimensiones estuvieron justificadas debido al crecimiento radicular del fréjol que puede llegar a abarcar hasta 120 cm de profundidad (Dumet , Adeleke , & Faloye , 2008)

Una vez realizada la perforación de los suelos, se procedió a observar las paredes de la calicata para conocer la conformación de su perfil y tipo de horizontes como se presenta en el Anexo 1 Figura 7, 8 y 9 se tomaron tres muestras de suelo, una por cada lote, de 2 Kg, las cuales fueron enviadas al INIAP para ser analizadas para identificar los tipos y respectivo porcentaje de suelo presente en cada uno de los lotes.

Análisis de Nutrientes

Se realizó un análisis de suelo completo con la finalidad de conocer la disponibilidad de macronutrientes (fósforo, potasio, calcio y magnesio), micronutrientes (hierro, boro, manganeso, cinc, y cobre) (Ulloa, Abreu, y Paz, 2001), nivel de pH, textura, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Conductividad Eléctrica (CE) que el área de estudio posee. Con el análisis de suelos se determinó la concentración de nutrientes, y el grado de fertilidad de los mismos (Molina, sf).

Para lo cual, se extrajeron tres muestras de suelos durante la realización de las calicatas de los tres lotes seleccionados y se enviarán al Laboratorio INIAP - Estación Experimental Tropical Pichilingue para ser analizados.

Etapa de Siembra

Método de Siembra

Siembra Indirecta

La siembra se realizó en vasos plásticos, para lo cual se procedió a perforar la base de los mismos como se observa en la Anexo 2 Figura 10, con la finalidad de permitir drenar el agua cuando las plántulas sean regadas.

En una cama de plástico se extendieron 20 kg de sustrato (suelo franco) (Véase Anexo 2 Figura 11 y 12), consecutivamente se hirvieron 10 litros de agua y se la depositó en una regadera de metal (Véase Anexo 2 Figura 13), para realizar la desinfección del sustrato. Una vez que el sustrato estuvo extendido en la cama de plástico se procedió a desinfectar el sustrato de tierra con la regadera y se lo dejó enfriar (Véase Anexo 2 Figura 14).

Se realizó una rotulación a los vasos plásticos, para que haya una diferenciación en los tratamientos, y se adecuó una zona o invernadero donde se colocarían los almácigos (Véase Anexo 2 Figura 15).

El sustrato demoró 30 minutos en enfriarse, y cuando estuvo listo se rellenaron los vasos plásticos con 275 gr de sustrato (Véase Anexo 2 Figura 16).

Para realizar la inoculación con el biofertilizante se realizó un hueco con el dedo en el sustrato a una profundidad de 1,5 cm, se colocó la semilla y se lo rellenó con 25 gr de biofertilizante, este procedimiento se aplicó en los dos tratamientos con biofertilizante, M1: Huxtable® (Véase Anexo 2 Figura 17 y 18) y M2: Micorrizar® (Véase Anexo 2 Figura 19 y 20) el T: TESTIGO solo se colocó la semilla y se rellenó con el sustrato de tierra.

Después de rellenar los vasos con cada tratamiento fueron ubicados en el invernadero (Véase Anexo 2 Figura 21).

Los almácigos estuvieron 15 días en la etapa de invernadero, y fueron regados cada tres días con aproximadamente cinco ml de agua, posteriormente se realizó el trasplante a los lotes.

Siembra en hilera

Cada hilera tuvo un tratamiento de micorrizas, y se les trasplantaron seis plantas por cada surco, los surcos estuvieron rotulados previo al trasplante. La distancia entre planta fue de 1 m y 0,8 cm entre surco, tal cual se visualiza en el Anexo 2 Figura 22.

Se establecieron postes y cuerdas para realizar un cordel, debido a que la especie de fréjol es del tipo voluble o enredadera, por lo que necesita un apoyo para su crecimiento.

Preparación del terreno

Limpieza del terreno

Previo al trasplante se procedió a limpiar el terreno, para lo cual se utilizó la guadaña, el machete y guantes con el fin de retirar de raíz la maleza que se encontraba en el sitio (Véase Anexo 2 Figura 22). Posteriormente se midió el tamaño de cada réplica en los lotes y con cinta plástica y caña guadua se realizó el cerramiento de los mismos. Además, se construyeron señaléticas, las cuales permitían diferenciar los tratamientos aplicados en los lotes (Véase Anexo 2 Figura 23,24,25 y 26).

Trasplante

Una vez adecuado el terreno se seleccionaron las mejores plántulas de cada tratamiento y cuidadosamente se retiró el vaso plástico y se realizó el trasplante en hilera de cada uno de los lotes como lo muestra el Anexo 2 Figura 27, 28 y 29, y posteriormente alrededor del tallo de la planta se colocó 75gr de Micorriza de cada tratamiento (Huxtable® y Micorrizar®) (Véase Anexo 2 Figura 30 y 31)

Las plantas empezaron a desarrollarse y se colocaron guías con una cuerda para que puedan enredar, además fueron podadas para que no se hagan demasiado volubles y se confundan con los tratamientos vecinos (Véase Anexo 2 Figura 33).

Control fitosanitario

Después de realizar el trasplante se tuvo un control fitosanitario, para lo cual se colocaron anillos de plástico alrededor de la planta lo cual permitió protegerla de los caracoles que proliferan en la etapa invernal y podían dañar la plántula (Véase Anexo 2 Figura 32). A su vez, se realizó cada 15 días una limpieza del terreno y deshierbe manual evitando que la maleza crezca y compita con los tratamientos.

También las plantas de los tres lotes fueron fumigadas con Té Nim durante siete días seguidos, posteriormente se realizó la aplicación cada tres semanas. El Té de Nim es un producto natural que permite de forma orgánica combatir agentes patógenos como el pulgón, ácaro, nemátodos, mosca blanca y orugas, especialmente en la etapa de floración y maduración de granos. Para su elaboración se recolectan 250gr de hojas de Nim frescas, las mismas que son cortadas y colocadas en un recipiente y se agrega seis litros de agua tibia, se cubre el recipiente y se deja macerar 16 horas aproximadamente, después de ese tiempo se cuela y por cada litro de Té se agregan tres litros de agua, y mediante un aspersor se fumiga las hojas o la parte afectada de la planta (Eco agricultor, 2014).

A su vez, se aplicó agua de detergente cada 15 días, el agua de detergente consiste en disolver 500gr de detergente para platos en dos litros de aguas, y se dispersa en las hojas del cultivo, esta mezcla actúa como insecticida debido a que deshidrata las plagas que atacan los cultivos especialmente los pulgones (Ilersis, 2015).

Registro de datos

Se realizó la toma de datos a partir de la germinación, posteriormente se fue registrando la altura cada semana hasta la etapa de floración debido a que la planta al ser del tipo voluble empezó a enredarse y su desarrollo impedía seguir registrando su altura, el grosor a nivel del tallo y el área foliar se lo registró en la etapa de floración, y en la etapa de producción se registraron el número de vainas por planta y el tamaño de las vainas de cada tratamiento. Finalmente se realizó la medición de raíces de cada tratamiento.

Análisis estadístico

Los datos recolectados en campo se tabularon en el programa Microsoft Excel, el cual permitió elaborar tablas resumen las cuales contienen los promedios de los tratamientos aplicados (Huxtable®, Micorrizar® y Testigo), con respecto a los parámetros evaluados (germinación, altura, floración, grosor del tallo, vainas, raíces y mortalidad).

Por otra parte, se utilizó el análisis de varianza ANOVA de una vía, mediante el Software libre PAST 3.15 (2013), el cual permitió comparar las variables Huxtable® y Micorrizar® con respecto al Testigo, y determinar la significancia que presentaron las variables en cada uno de los parámetros evaluados, mostrando así valores significativos cuando $p < 0.05$.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Exploración de suelo

La Tabla 3 muestra el tipo de suelo que poseen los lotes en evaluación previo a la aplicación de los tratamientos, donde indica que el L1 y el L3 poseen suelo de tipo Franco Arenoso lo que facilita el drenaje de agua por su infiltración en segundos, al contrario del L2, el cual es de tipo Limoso Arcilloso, y su tiempo de infiltración tarda aproximadamente 15 minutos.

Tabla 3

Exploración de suelo en los diferentes lotes

	Calicata	Infiltración
LOTES	Tipo de suelo	Tiempo de Infiltración
L1	Franco Arenoso	2 segundos
L2	Limoso Arcilloso	15 minutos
L3	Franco Arenoso	11 segundos

Análisis de suelo

El análisis de suelo determina la potencialidad que tiene el mismo para suplir a las plantas de nutrientes durante el ciclo del experimento. Se puede evidenciar en la Tabla 4 de forma generalizada que las unidades de muestreo presentan baja fertilidad, debido a que sus niveles de materia orgánica oscilan por debajo del porcentaje normal (5%), la conductividad eléctrica indica que son suelos no salinos, lo que facilita la absorción de agua y nutrientes, en cuanto a la acidez del suelo los Lotes 2 y 3 son medianamente ácidos a diferencia del Lote 1 el cual es altamente ácido (5,4%).

Por otro lado, aunque los micronutrientes se requieren en bajas cantidades los Lotes 1 y 3 presentan insuficiencia de Zinc y Manganeso, a su vez, las mismas unidades de

muestreo presentan bajos niveles de Azufre el cual es un macronutriente que se requiere en grandes cantidades.

Tabla 4

Análisis de suelo a los diferentes lotes

U.M	meq/100ml					ppm (micro elementos)					meq/100ml						
	Macronutrientes					Micronutrientes					M.O	pH	CIC	C.E	TEXTURA %		
	K	Ca	Mg	P	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B					Arena	Limo	Arcilla
L1	0,36M	11A	2M	17M	6B	1,8B	3,1M	121A	4,9B	0,6	2,1B	5,4Ac	18,41	0,18NS	65	30	5
L2	1,24A	22A	3,8A	21A	17M	2,4M	7,6A	125A	13,5M	0,7	2,5B	5,9MAc	32,86	0,52NS	15	48	37
L3	0,29M	14A	1,6M	19M	8B	0,8B	2,4M	69A	2,9B	0,5	2,6B	5,7MAc	20,17	0,17NS	85	8	7

Nota: U.M= Unidad de muestreo; L1= Lote 1; L2= Lote 2; L3= Lote 3; M=Medio; A=Alto; B= Bajo; Ac=Ácido; Mac= Medianamente Ácido; NS= No Salino; M.O= Materia Orgánica; pH=Potencial de Hidrógeno; CIC=Capacidad de Intercambio Catiónico; C.E= Conductividad Eléctrica; P=Fósforo=Potasio; Ca=Calcio; Mg=Magnesio; S=Azufre; Zn= Zinc; Cu= Cobre; Fe=Hierro; Mn= Manganeso; B= Boro

Germinación

La Tabla 5 detalla el número de plantas germinadas por tratamientos en la etapa de invernadero durante un periodo de uno, tres, seis y nueve días. Estos resultados evidencian que el tratamiento Huxtable® tiene el mayor número de plántulas germinadas en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 5

Número promedio de plantas germinadas en los tratamientos: Huxtable®, Micorrizar® y Testigo

Tratamientos	Evaluación (días)			
	D1	D3	D6	D9
Huxtable®	0	33	50	56
Micorrizar®	0	25	48	54
Testigo	0	21	42	54

Altura de la planta

Los parámetros de altura de planta fueron registrados semanalmente en dos etapas: almácigos y trasplante.

Almácigos

La Tabla 6 muestra los datos de altura de las plantas desde la etapa de siembra hasta el momento de trasplante, durante un periodo de 15 días, tiempo en el cual las plantas alcanzaron su desarrollo óptimo para ser trasplantadas. Los resultados reflejan que las plantas tratadas con Huxtable® presentaron significancia ($p < 0,05$), frente a las tratadas con Micorrizar®, lo cual indica que el tratamiento Huxtable® promueve un mejor desarrollo de las plantas en la etapa de invernadero.

Tabla 6

Altura de plantas en almácigos

Tratamientos	Evaluación (días/cm)		
	D1	D8	D15
Huxtable®	0	10	19
Micorrizar®	0	9	18
Testigo	0	9	16

Trasplante

La Tabla 7 muestra el comportamiento de los tratamientos en los diferentes tipos de suelos durante el periodo de 48 días (ocho semanas) a partir del día 17 (D17) del trasplante. Los resultados reflejan que Huxtable® presentó datos significativos ($p < 0.05$) con respecto al tratamiento Micorrizar®, lo que muestra que el biofertilizante Huxtable® promueve un mejor desarrollo del cultivo de fréjol caupí en diferentes condiciones edáficas.

Tabla 7

Altura promedio de plantas trasplantadas

Tratamientos	Lotes	Evaluación (días/cm)							
		D17	D24	D31	D38	D45	D52	D59	D66
Huxtable®	L1	21	29	39	50	60	69	87	102
	L2	19	22	27	33	37	38	39	42
	L3	20	27	34	43	49	55	63	71
Micorrizar®	L1	18	25	32	47	54	61	80	91
	L2	19	20	25	29	34	38	40	40
	L3	19	25	30	37	43	50	59	64
Testigo	L1	18	25	30	43	50	60	66	90
	L2	16	19	23	28	33	34	38	40
	L3	16	23	27	33	44	48	55	62

Floración

La Tabla 8 muestra el número promedio de flores que obtuvieron cada una de las plantas a los 38 y 45 días. Los mismos que no presentan significancia ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados, lo cual indica que los dos biofertilizantes (Huxtable® y Micorrizar®) permiten que se dé una buena producción de flores y continúe la etapa reproductiva de la planta.

Tabla 8

Número y promedio de flores por planta

Tratamientos	Lotes	Evaluación (días)			
		D38		D45	
		N° Flor	Prom flor/planta	N° flor	Prom flor/planta
Huxtable®	L1	77	8	120	12
	L2	5	1	10	1
	L3	14	2	25	3
Micorrizar®	L1	63	6	92	9
	L2	2	0	4	0
	L3	4	1	9	2
Testigo	L1	57	6	79	8
	L2	1	0	1	0
	L3	2	0	5	1

Grosor de tallo

La Tabla 9 registra las medidas correspondientes al grosor a nivel del cuello del tallo en cada una de las plantas evaluadas, en donde las plantas con Huxtable®-L1 mostraron significancia ($p < 0.05$), indicando que el tratamiento Huxtable® promueve mayor grosor a nivel del cuello del tallo, lo cual permite una mejor estabilidad de la planta al suelo.

Tabla 9

Grosor de tallo por tratamiento

Tratamientos	Lotes	Evaluación (días)
		D38
		Gr (cm)
Huxtable®	L1	5
	L2	2
	L3	3
Micorrizar®	L1	4
	L2	2
	L3	2
Testigo	L1	4
	L2	2
	L3	2

Vainas

En la Tabla 10 se registra la cantidad de vainas y el promedio de vainas por planta producidas el día 73 (D73) de evaluación, los cuales muestran que el tratamiento Huxtable® presenta resultados significativos ($p < 0,05$) en L1 y L3 con respecto a los otros tratamientos, lo que indica que Huxtable® incrementa la producción de granos, lo cual es rentable para los agricultores.

Tabla 10

Número y promedio de vainas cosechadas en cada lote.

Tratamientos	Lotes	Evaluación (días)	
		Día 73	
		N° Vainas	Prom Vainas/planta
Huxtable®	L1	113	11
	L2	7	1
	L3	26	3
Micorrizar®	L1	86	9
	L2	3	0
	L3	7	1
Testigo	L1	75	8
	L2	1	0
	L3	4	1

Raíces

La Tabla 11 muestra el resultado promedio de las mediciones radiculares realizadas el día 94 (D94), donde se reflejan diferencias significativas ($p < 0.05$) en L1 y L2 con el tratamiento Huxtable® con respecto a los otros tratamientos, lo que indica que las plantas tratadas con Huxtable® al tener mayor longitud pueden explorar mayor cantidad de suelo para la absorción de agua y de nutrientes.

Tabla 11

Mediciones radiculares de cada tratamiento en los diferentes lotes

Tratamientos	Lotes	Evaluación (días)
		D94
Huxtable®	L1	103
	L2	47
	L3	65
Micorrizar®	L1	80
	L2	31
	L3	57
Testigo	L1	67
	L2	22
	L3	51

Mortalidad

La Tabla 12 hace referencia a la mortalidad de plantas que hubo durante el experimento realizado, en donde se obtuvo como resultado que al transcurrir las semanas la cantidad de plantas iba disminuyendo en los distintos lotes con cada tratamiento, sin embargo, no se presentaron datos significativos de mortalidad de plantas entre los tratamientos.

Tabla 12

Mortalidad de plantas en los distintos lotes con cada tratamiento: Huxtable®, Micorrizar® y Testigo

Tratamientos	Lotes	Evaluación (días)											
		D17	D24	D31	D38	D45	D52	D59	D66	D73	D80	D87	D94
Huxtable®	L1	18	16	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	L2	18	16	14	12	12	12	7	6	6	6	6	6
	L3	18	13	10	8	8	8	6	5	5	5	5	5
Micorrizar®	L1	18	16	14	11	10	10	10	10	10	10	10	10
	L2	18	17	16	12	12	12	8	6	6	6	6	6
	L3	18	13	11	8	5	5	5	5	5	5	5	5
Testigo	L1	18	16	13	11	10	10	10	10	10	10	10	10
	L2	18	17	15	13	12	12	7	6	6	6	6	6
	L3	18	15	10	6	5	5	5	5	5	5	5	5

Análisis Costo – Beneficio

El análisis costo- beneficio realizado consiste en una comparación de los costos que implica la producción del fréjol caupí aplicando insumos orgánicos (Véase Tabla 13) e insumos químicos (Véase Tabla 14), con la finalidad de que el pequeño productor evalúe las propuestas.

El análisis dio como resultado que los costos de producción con los insumos orgánicos son USD \$429 en comparación con los agroquímicos con USD \$519, lo que significa que el agricultor puede producir fréjol con insumos orgánicos y satisfacer la demanda de consumidores, obteniendo un beneficios social, ambiental y económico porque se ahorraría \$90 en el costo de producción.

Tabla 13

Costo de producción del fréjol caupí con aplicación de biofertilizante Huxtable®

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario USD\$	Total USD\$
COSTO TOTAL (A +B)				\$429
A. COSTOS DIRECTOS				\$289
1. Pre- siembra				\$79
Desinfección de sustrato	Jornal	3	\$5	\$15
Semillas	Kg	6	\$3	\$18
Huxtable®	Kg	12	\$3	\$36
Almácigos	Jornal	1	\$5	\$5
Adecuación de invernadero	Jornal	1	\$5	\$5
2. Siembra				\$100
Limpieza y adecuación de terreno	Jornal	5	\$10	\$50
Cercado de lote	Jornal	5	\$5	\$25
Trasplante	Jornal	5	\$5	\$25
3. Control fitosanitario				\$60
Deshierbe manuales (9)	Jornal	2	\$10	\$20
Té de NIN (2)	Litro	20	\$1	\$20
Agua con detergente	Litro	20	\$1	\$20
4. Cosecha				\$50
Cosecha (vainas)	Jornal	5	\$10	\$50
B. COSTOS INDIRECTOS				\$140
Machete		2	\$6	\$12
Balde		1	\$3	\$3
Sacas		100	\$0,35	\$35
Transporte		60	\$0,5	\$30
Arrendamiento terreno	½ ha			\$60

Tabla 14

Costo de producción del fréjol caupí con aplicación de agroquímicos

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario USD\$	Total USD\$
COSTO TOTAL (A +B)				\$519
A. COSTOS DIRECTOS				\$379
1. Pre- siembra				\$28
Semillas	Kg	6	\$3	\$18
Almácigos	Jornal	1	\$5	\$5
Adecuación de invernadero	Jornal	1	\$5	\$5
2. Siembra				\$100
Limpieza y adecuación de terreno	Jornal	5	\$10	\$50
Cercado de lote	Jornal	5	\$5	\$25
Trasplante	Jornal	5	\$5	\$25
3. Control fitosanitario				\$251
NPK	Quintal	1	\$55	\$55
Dual	Litro	2	\$50	\$100
Igran 500	Litro	2	\$18	\$36
Aplicación	Jornal	6	\$10	\$60
4. Cosecha				\$50
Cosecha (vainas)	Jornal	5	\$10	\$50
B. COSTOS INDIRECTOS				\$140
Machete		2	\$6	\$12
Balde		1	\$3	\$3
Sacas		100	\$0,35	\$35,00
Transporte		60	\$0,5	\$30,0
Arrendamiento terreno	½ ha			\$60

Capacitaciones a productores agrícolas

Las capacitaciones fueron impartidas a los pequeños productores del mercado “La Hormiga” como se visualiza en el Anexo 7, los cuales recibieron dos capacitaciones, una cada 15 días, y se trataron temas referentes a los efectos de los agroquímicos en los recursos naturales y los resultados obtenidos en el experimento realizado en la Finca Experimental “La Cantaleta” (Véase Tabla 15).

Tabla 15

Temas de capacitaciones

Charla 1	Charla 2
<ul style="list-style-type: none">• ¿Qué es un agroquímico?• Agroquímicos en el Ecuador y Esmeraldas• Los fertilizantes químicos en el recurso: agua, suelo y aire• Los fertilizantes químicos y las abejas• Los fertilizantes químicos y salud humana	<ul style="list-style-type: none">• Biofertilizantes• ¿Qué son las micorrizas?• Micorrizas y su uso como biofertilizantes• Resultados de la aplicación de micorrizas en el cultivo de fréjol caupí en la Finca Experimental “La Cantaleta”• Preguntas y respuestas

CAPITULO IV: DISCUSIÓN

La agricultura es una actividad fundamental en el ámbito económico y alimenticio de nuestro país (Monteros , Salvador, y Sumba, 2015), sin embargo, es una de las causas de la degradación del recurso suelo debido a la aplicación de insumos químicos los cuales disminuyen la productividad del mismo, provocando el empobrecimiento de la capa vegetal, erosión, daños en la estructura del suelo, agotamiento de materia orgánica y nutrientes, entre otros (Segrelles, 2001).

Esmeraldas es una provincia que posee más del 50% de su territorio degradado por esta actividad (INEC, 2012), lo que ocasiona que exista menos disponibilidad de tierras fértiles y aptas para cultivar, y los agricultores apliquen mayores dosis de insumos químicos para incrementar la producción de alimentos (Ravelo, 2009).

El presente trabajo de investigación evaluó la efectividad de los biofertilizantes Huxtable® y Micorrizar® en siete parámetros agronómicos los cuáles van desde la etapa de germinación de las plantas hasta la mortalidad de las mismas.

En cuanto al parámetro de germinación, los resultados obtenidos muestran que el biofertilizante Huxtable® permite mayor cantidad de plantas germinadas en la etapa de invernadero (Tabla 5), sin embargo, no se presentan datos significativos ($p < 0.05$) ante los otros tratamientos (Micorrizar® y Testigo) , por el contrario del experimento realizado por Díaz, Alvarado , Alejandro, y Ortiz (2017) los cuáles evaluaron la emergencia de las plantas de repollo con y sin micorrizas en la etapa de almácigo, y determinaron que la emergencia se incrementó significativamente en las plantas micorrizadas. Este incremento en el número de plantas germinadas indica que es factible estimular la fisiología vegetal sin incorporar productos químicos que afecten al recurso suelo, como por ejemplo, las auxinas, las cuáles son hormonas naturales presentes en las plantas que actúan en bajas concentraciones en el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo, se han fabricado auxinas sintéticas con varias aplicaciones en la agricultura entre ellas actuar como estimulantes en el crecimiento de las plantas, obtener frutos sin semillas y como herbicidas (Hernández, 2009), esta ultima función provoca la degradación de la actividad microbiana, genera pérdida de materia orgánica, y contamina acuíferos por medio de la infiltración y la escorrentía. (Cháves, Ortiz , y Ortiz, 2013).

Al analizar el parámetro de la altura, Huxtable® presenta resultados significativos ($p < 0.05$) en la etapa de almácigos y trasplante, Barrer (2009) establece que la presencia de micorrizas arbusculares promueven la tasa de crecimiento de la planta, Huxtable® posee un consorcio micorrízico del género *Glomus intraradices*, el cual induce a que la planta forme un sistema radicular más fibroso permitiendo una mayor área de absorción de agua y nutrientes (Solis, 1999 citado por Montes, Solis y Quintos, 2011). Adicionalmente esto es corroborado en el experimento de Montes, Solis y Quintos (2011), quienes aplicaron el producto comercial BuRIZE® (*Glomus intraradices*) en las plantas de *Pinus engelmannii* obteniendo como resultado que las plantas inoculadas tuvieron mayor altura (41,72 cm) con respecto al testigo (29,60 cm). De igual manera que en la etapa de germinación la incorporación de micorrizas indica que es posible tener un buen desarrollo de plantas sin la aplicación de insumos químicos que permiten la elongación del tallo del vegetal, pero afectan la calidad del suelo.

Por otro lado, el fréjol caupí (*Vigna unguiculata L.*) tuvo mejor desarrollo en el Lote 1 (L1) el cual tiene una textura franco arenoso (Tabla 3), esto coincide con los estudios de Dumet, Adeleke, y Faloye (2008), los cuales indican que el fréjol caupí tiene un buen desarrollo en suelos bien drenados, ligeros y profundos como el tipo de suelo antes mencionado, sin embargo, esto discrepa con los resultados obtenidos en Lote 3 (L3) el cual también es de textura franco arenoso (Tabla 3), esta disconformidad en los resultados se puede justificar por la variación en la composición de cada tipo de suelo, lo cual es reflejado en análisis de suelos realizados por el INIAP (Tabla 4) ya que indica que L1 contiene 65% de arena, 30% limo, 5% arcilla, a diferencia que L3 posee 85% arena, 8% limo, 7%, arcilla, esto hace que el L1 al tener menos proporción arena, retenga un poco más el agua y los nutrientes. Esta información coincide con FAO (2017) la cual establece que los suelos con elevadas cantidades de arena como L3 poseen baja capacidad de retención hídrica y de nutrientes lo cual impide que la planta tenga un buen desarrollo.

Arévalo (2011) a su vez, menciona que el crecimiento de la planta depende de los nutrientes que se encuentren presentes en el suelo.

El análisis de suelo muestra que los tres lotes en evaluación poseen bajos niveles de materia orgánica y acidez, especialmente en el L1 donde la acidez es alta, en cuanto a la disponibilidad de nutrientes, L1 y L3 poseen insuficiencia de Zn, Mn (Micronutrientes)

y S (Macronutriente) los cuales, según Roca, Pazos, y Jaume (2007) son esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas y para mantener la calidad del recurso suelo.

Analizar las condiciones en las que se encuentran las tierras cultivables permite que se consideren otros métodos ligados a la agricultura orgánica además de la incorporación de micorrizas que permitan mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, y por ende la productividad y salud del mismo.

Salcedo (2016) menciona que los lotes evaluados se encuentran en proceso de restauración debido a la degradación sufrida hace más de una década por la aplicación de insumos químicos en el cultivo de banano, justificando así la insuficiencia de nutrientes y los bajos niveles de materia orgánica en los lotes, lo cual es respaldado por la UCE (2008), la cual menciona que la agricultura ecuatoriana ha provocado la degradación de los suelos debido al uso de tecnologías inadecuadas y la aplicación de agroquímicos. Sin embargo, el uso de biofertilizantes permite contrarrestar este tipo de impactos, aplicando insumos orgánicos que son amigables con el ambiente.

A pesar de esto, el L1 presentó mejor desarrollo de plantas con el tratamiento micorrízico Huxtable®, lo que comprueba lo expuesto por Martínez (2013) el cual menciona que las micorrizas tienen un efecto favorable en suelos donde las condiciones ecológicas son limitantes en cuanto a elementos nutritivos, sin embargo Figueroa (2004) establece que las funciones de las micorrizas no sólo se limitan al ámbito de productividad y optimización fisiológica del vegetal, sino que engloba ventajas medioambientales como la mejora de las propiedades físicas (estructura del suelo), químicas (fertilidad) y biológicas (activación de microorganismos) del suelo.

La aplicación de micorrizas permite la formación de agregados por medio de la adhesión de partículas de glomalina dándole estructura y estabilidad, reduciendo la erosión y mejorando la capacidad de retención de agua, lo que resulta un aporte a la calidad del suelo (Ruiz, Rojas, y Sievirding, 2011). Por esta razón, los efectos edáficos de las micorrizas son claves para mantener la diversidad vegetal y de microorganismos del suelo, para incrementar la productividad y para restaurar ecosistemas que han sido perturbados (Montaño, Camargo, García, y Monroy, 2009).

En cuanto a la etapa de floración no existieron diferencias significativas en los resultados, sin embargo, aplicar fertilizantes orgánicos como micorrizas indujo al incremento de

racimos de flores y por ende la proliferación de abejas, las cuáles según Sabench (2011), han reducido su población debido al uso intensivo de agroquímicos como plaguicidas, provocando un desequilibrio en el medio ambiente, debido a la muerte a corto plazo o en su mayoría los daños subletales en la población de abejas, por lo que aplicar micorrizas permite que se reduzca el riesgo ante la exposición de las abejas al contaminante y por ende la mortalidad de las mismas. Las abejas son fundamentales para la reproducción de la mayoría de las especies vegetales, y para que los animales que se alimentan de estas especies puedan crecer, el 75% de los cultivos en el mundo dependen de la polinización de las abejas (Gomez, 2017), lo cual indica que sin la presencia de abejas uno de los procesos vitales que se generan en el ambiente no se llevarían a cabo.

Por otra parte, en la etapa de cosecha los lotes L1 y L3 con el tratamiento Huxtable® tuvieron datos significativos ($p < 0.05$) con respecto a los otros tratamientos (Micorrizar® y Testigo), es decir, las micorrizas permitieron aumentar el rendimiento del cultivo de fréjol caupí, esto concuerda con los estudios realizados por Riera y Medina (2005), los cuales aplicaron micorrizas del género *Glomus spp* en el cultivo de soya, maíz, boniato, girasol, sorgo, tomate, arroz, sesbania, y frijol, en donde el frijol y boniato tuvieron un mayor aumento en los rendimientos del cultivo debido a la dosis de micorrizas aplicada. El incremento de los rendimientos en los cultivos mediante la aplicación de biofertilizantes permite ahorrar hasta un 50% el volumen de los productos químicos empleados (Noda, 2009), los cuáles provocan la contaminación significativa del recurso suelo, agua, aire y cultivos, debido a que sólo una parte del producto aplicado es absorbido por el vegetal, y la otra se disipa por el ambiente generando la acumulación del contaminante en la cadena trófica afectando a todos los organismos desde bacterias hasta mamíferos.

En cuanto al recurso agua específicamente, los insumos químicos aplicados a los cultivos contaminan las aguas subterráneas a través de la infiltración y además, van a dar a las fuentes hídricas cercanas por medio de la escorrentía, provocando así pérdida de especies acuáticas y enfermedades crónicas en humanos por el incremento de nitratos en el agua (Mazari, 2012). Por lo que mediante la aplicación de micorrizas se evitarían estos daños que atentan contra el medio ambiente y la salud humana, influyendo en el ejercicio de una agricultura más sostenible y ecológicamente más sana.

A su vez, las micorrizas arbusculares han inducido a que las plantas de fréjol caupí (*Vigna unguiculata L.*) tengan mayor crecimiento radicular lo cual se ve reflejado en los resultados significativos ($p < 0.05$) de Huxtable® en L1 y L2. Las micorrizas del género *Glomus* (Huxtable®) desarrollaron un promedio de raíces de 103 cm de longitud mientras que *Acaulospora spp* (Micorrizar®) obtuvieron 80 cm y el testigo 67 cm, estos datos concuerdan con el experimento realizado por Cano (2013), el cual evaluó la longitud radicular de las plantas de fréjol inoculadas con *Glomus spp.* teniendo un promedio radicular de 84,60 cm mientras que el testigo presentó valores más bajos (52 cm). Sin embargo, Oviedo, Barrera y Barraza (2012) al aplicar las micorrizas arbusculares *Glomus spp.* y *Acaulospora spp.* en plantas de plátano hartón (*Musa AAB Simmonds*) concluyeron que la longitud radicular era más alta en el tratamiento con *Acaulospora spp.* Las micorrizas al promover un sistema radicular más extenso permiten que la planta pueda explorar y adquirir los nutrientes necesarios para su funcionamiento, y como se lo mencionó en parámetros anteriores, aplicar biofertilizantes permite que se evite el uso de insumos químicos y se exponga al suelo a una degradación.

Otro factor que justifica el crecimiento radicular de esta especie de fréjol es el tipo de suelo en donde se desarrolló el experimento, el caupí tuvo mayor longitud radicular en los suelos L1 y L3 de textura franco arenosa, al contrario de L2 donde se registraron bajas longitudes debido a su textura arcillosa limosa, el cual al ser un suelo pesado debido a su compactación no tiene un espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo que le permita a la raíz seguir creciendo (Ibáñez, 2006).

Se puede acotar que el experimento fue realizado en época lluviosa debido a que ésta es la época de siembra del fréjol caupí (Dumet , Adeleke , y Faloye , 2008), sin embargo, elevadas cantidades de agua provocan varias reacciones en los diferentes tipos de suelo. Al evaluar la capacidad de retención hídrica en cada uno de los lotes mediante la prueba de infiltración, reveló que el agua en la superficie del suelo en L1 tardaba 20 segundos en infiltrarse de la superficie, L2 15 minutos aproximadamente y L3 11 segundos. Según MINVU (2016) los suelos arcillosos como L2 tienden a encharcarse, debido al tiempo que demora el agua en drenarse, provocando que las raíces se pudran e incrementa la mortalidad de las plantas, lo cual ocurrió en el L2 a pesar de que no se presentaron diferencias significativas en el parámetro de mortalidad evaluado. Por otro lado, García (2017) menciona que al aplicar agroquímicos en los cultivos la composición del suelo

puede influir en el tiempo de permanencia y retención de un tóxico, es decir, los suelos pesados como L2 tienden a retener el contaminante mientras que L1 y L3 al poseer buen drenaje el tóxico tiende a atravesar el suelo y contaminar fuentes hídricas, por lo que la aplicación de estos insumos químicos desencadena afectaciones indirectas a otros recursos naturales no sólo al recurso suelo.

Al realizar las mediciones radiculares se pudo evidenciar que las raíces de L3 estaban infectadas por nemátodos los cuáles influenciaron en la mortalidad de las plantas especialmente del tratamiento Testigo, mientras que las plantas micorrizadas con Huxtable® presentaron mayor resistencia ante la infección de los patógenos. Marro, Lax, Cabello, Doucet y Becerra (2014) evaluaron la influencia del producto Aegis Irriga (*Glomus intraradices*) en nemátodos aplicado al cultivo de tomate obteniendo como resultado que las plantas testigo mostraron un crecimiento pobre, marchitamiento en brotes e inclusive la muerte de las mismas, a diferencia de las plantas micorrizadas las cuales pudieron subsistir llegando a cosechar frutos de muy buena calidad. De esta manera, la aplicación de micorrizas es una alternativa idónea para evitar la aplicación de agroquímicos para contrarrestar los daños por nemátodos en los cultivos, siendo un producto que no contamina el recurso suelo, y por el contrario mejora su calidad, evita modificaciones en sus propiedades físicas (pérdida de estructura, aumento de la densidad aparente, disminución de la permeabilidad o de la capacidad de retención de agua), químicas (pérdida de nutrientes, acidificación, salinización, sodificación, aumento de toxicidad por liberación o concentración de determinados elementos químicos), y biológicas (disminución de la MO y una pérdida de la actividad microbiana) que conducen a su deterioro (Suquilanda, 2017).

Finalmente, el trabajo de investigación buscó concientizar mediante charlas interactivas a los pequeños productores del Mercado Comunitario “La Hormiga” sobre las consecuencias del uso de agroquímicos en los recursos naturales y la salud humana. Las charlas evidenciaron que existe desconocimiento sobre los daños ambientales y a la salud humana que provoca la aplicación de agroquímicos en los cultivos. A su vez, se informó el beneficio social, ambiental y económico que tienen los biofertilizantes como las micorrizas, las cuales permiten reducir los costos de producción del fréjol caupí (Tabla 13) en comparación con el uso de agroquímicos (Tabla 14) por lo que el pequeño productor puede adquirir insumos más económicos para incrementar la productividad de

los cultivos, promoviendo una agricultura amigable con el medio ambiente y reduciendo el riesgo de contraer enfermedades al aplicar tóxicos e ingerir productos contaminados.

CONCLUSIONES

Las micorrizas (Huxtable ®) son biofertilizantes que mejoran los rendimientos en los cultivos evitando la degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, y contaminación de fuentes hídricas por la aplicación de agroquímicos. Además, permiten la incorporación de nutrientes y mejoran la estructura del suelo.

Económicamente es más rentable la aplicación del biofertilizante Huxtable® ante los agroquímicos, lo que indica que el agricultor puede propender a una producción agrícola del fréjol caupí con costos de producción bajos y amigable con el ambiente.

Los pequeños productores del mercado comunitario “La Hormiga” mediante las charlas comprendieron la importancia de aplicar productos orgánicos a sus cultivos, debido a que son ellos los entes que se encuentran en contacto directo con naturaleza y son los guardianes de la biodiversidad con la que diariamente conviven.

RECOMENDACIONES

Se deberían realizar más estudios referentes a la aplicación de las micorrizas arbusculares como biofertilizantes, en otras variedades de cultivos y zonas de la provincia de Esmeraldas, y en especial analizar la contribución del biofertilizante a la estructura del suelo.

Es importante promover charlas a los pequeños productores en diversas zonas de la provincia para así reducir y evitar la aplicación de agroquímicos al recurso suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrotecnia. (sf). Obtenido de <http://www.agrotecniaob.com/products/micorrizar.htm>
- Aguilar, A. (2012). Inoculación de *Morchella esculenta* y *Pisolithus tinctorius* en *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh (1907). *UNIVERSIDAD VERACRUZANA* . Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31188/1/adrianyajazielaguilarcuevas.pdf>
- Albán, M. (2012). Manuel de cultivo de frijol caupi . *swisscontact*, 7.
- Arévalo, G. (2011). Requerimientos nutricionales del cultivo. *Zamorano*, 17-19.
- Arguello, A. M. (2011). Introducción de la finalidad extrafiscal en el Impuesto al Valor Agregado que grava a la transferencia e importación de agroquímicos, como medida fiscal para la protección del medio ambiente, la salud y la seguridad alimentaria. *Universidad San Francisco*, 158.
- Arias, J., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). *Buenas prácticas agrícolas en la Producción de Fríjol Voluble*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/contents/962b5b2f-5e7c-544c-8375-6db3b1d1cd27/a1359s00.pdf>
- Barrer, S. (2009). El uso de hongos micorrízicos arbusculares como alternativa para la agricultura. *Scielo*.
- Benavides, V. (2015). *DocSlide*. Obtenido de <http://documents.tips/documents/exposicion-1-cultivo-de-frejol.html>
- Blanco, F., & Salas, E. (1997). *Agronomía Costarricense*.
- Blanco, F., Salas Alvarado, E., Bertsch, F., Badilla, W., & Bornemiza, E. (1996). *Organization for Tropical studies*. 69. Obtenido de <http://www.ots.ac.cr/bnbt/17524.html>
- Bruno, A. (2007). Estimación de los efectos ambientales y socioeconómicos del uso de plaguicidas. *Coyuntura agropecuaria*, 2.
- Camargo, S., Montaña, N., De La Rosa, C., & Montaña Susana. (2012). Micorrizas: Una gran unión bajo el suelo. *Revista Digital Universitaria*, 19.
- Cano, A. R. (2013). Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en plantas de *Phaseolus vulgaris* L. (fréjol). Obtenido de [http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/546/1/T-UTEQ-0038\(1\).pdf](http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/546/1/T-UTEQ-0038(1).pdf)
- Casas, P. (2011). Obtenido de http://el-frijol-pool.blogspot.com/2011_05_01_archive.html

- CEPRONAT. (15 de 04 de 2015). *La OMS clasifica los insecticidas malatión, diazinón, tetraclorvinfos y paratión como probables y posibles carcinógenos*. Obtenido de http://cepronat.org.ar/ver_noticia/noti/305/OMS_RECONOCE_AL_GLIFOSATO_COMO_PROBABLE_CANCERIGENO_HUMANO.html
- Cevallos, D. (2007). “*Evaluación de la adaptabilidad de 20 variedades y líneas de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) de grano rojo y amarillo en el Valle de Intag, Imbabura*”. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2508/1/T-ESPE-IASA%20II-002028.pdf>
- Cháves, G., Ortiz , M., & Ortiz, L. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo . *Scielo*.
- Díaz, A., Alvarado , M., Alejandro, F., & Ortiz, F. (2017). Uso de abono orgánico y micorriza arbuscular en la producción de repollo.
- Dumet , D., Adeleke , R., & Faloye , B. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: caupí. *System-wide Genetic Resource Programme* .
- Eco agricultor. (2014). Obtenido de <https://www.ecoagricultor.com/el-neem-para-repeler-y-combatir-plagas-en-el-huerto-ecologico/>
- Elika. (2011). Obtenido de http://www.elika.eus/consumidor/es/preguntas_residuos.asp
- FAO. (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/es/>
- Ferbiohux. (sf). Obtenido de <http://ferbiohux.redtienda.net/pro.php?id=334943>
- Fertitienda. (s.f.). Obtenido de <http://fertitienda.com/blog/micorrizas-y-endomicorrizas-en-arboles-n49>
- Figueroa, D. (Marzo de 2004). Estrategias para la recuperación de suelos degradados. *Interpresas-Horticultura*.
- Franco, J. (2014). *Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas*. Obtenido de http://www.bioscripts.net/col/Apuntes/Nutricion_Vegetal/Trabajo_de_nutricion_vegetal.pdf
- GAD Parroquial Majua. (2011). *PDOT*. Obtenido de <http://www.gadmajua.gob.ec/index.php/ct-menu-item-41/ct-menu-item-45>
- GAD Parroquial Majua. (s.f.). *GAD Parroquial Majua , Gobiernos rurales Esmeraldas*. Obtenido de www.gadmajua.gob.ec
- Garcia, I. (2017). *Aplicación de biocidas y fitosanitarios*. Madrid: Nobel.

- García, R. (2015). Servicios ecosistémicos y el rol de la rizósfera para el control natural de plagas. *Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro*, 12-13.
- Gomez, C. (2017). *BIOGUIA*. Obtenido de <http://www.labioguia.com/notas/comprobado-los-agroquimicos-danan-tanto-a-las-abejas-como-a-las-personas>
- Gonzáles. (2006). *Botánica Morfológica*. Obtenido de <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema20/20-9micorrizas.htm>
- Hermard, C., Ilabaca, C., Jeres, G., Sandoval, P., & Ulloa, A. (2002). *Aspectos generales de las micorrizas: Efecto de las micorrizas sobre la nutrición mineral de las plantas*. Obtenido de <http://www.forestaluchile.cl/curso/fivegf/mico>
- Hernández. (2001). Obtenido de <http://www.terralia.com/terralias/index?num=14>
- Hernández, R. (2009). *BotanicaBook*. Obtenido de http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/crecimiento_vegetal/
- Ibáñez, J. J. (2006). *madrid blogs*. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/12/25/55938>
- Ilersis. (2015). Obtenido de <http://ilersis.org/empresa-jardineria-medio-ambiente/eliminar-pulgones-con-agua-jabonosa/>
- INEC. (2011). *Encuesta de Superficie de Producción Agrícola*. Obtenido de http://www.inec.gob.ec/espac_publicaciones/espac-2011/
- INEC. (2012). *Encuesta sobre uso de agroquímicos y su destino final en la agricultura*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/Plaguicidas.pdf>
- INEC. (2013). Módulo Ambiental, uso de plaguicidas en la agricultura.
- INIAP. (2017). *Reporte de Análisis de suelo*. Quevedo.
- Jaizme, M. C. (2012). La vida en el suelo. *Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)*. Obtenido de http://www.iehcan.com/wp-content/uploads/2012/01/5_Jaizme-Vega_2012.pdf
- León, D. (2006). Evaluación y Caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a la yuca (*Manihot sculenta* sp) en dos regiones de la amazonía colombiana. 22-23.
- Marro, N., Lax, P., Cabello, M., Doucet, M., & Becerra, A. (2014). Use of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* as biological control agent of the nematode *Nacobbus aberrans* parasitizing tomato. *SciELO*, 57(5). Obtenido de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132014000500668

- Martínez, I. (2013). *planta huerto*. Obtenido de https://www.planetahuerto.es/revista/aun-no-conoces-las-micorrizas-y-sus-multiples-beneficios_00259
- Mazari, M. (2012). Agricultura y contaminación del agua. *Instituto de ecología UNAM*.
- MINVU. (2016). Obtenido de http://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2016/11/MEUS_Tomo-3.pdf
- Molina, E. (sf). Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Montaño, N. M., Camargo, S. L., García, R., & Monroy, R. (2009). Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos.
- Monteros, A., Salvador, S., & Sumba, E. (2015). Panorama Agroeconómico del Ecuador, una visión del 2015. *sinagap*, 16.
- Montes, G., Solis, S., & Quintos, M. (2011). Efecto del inoculante comercial BuRIZE® (Glomus intraradices) sobre el desarrollo de Pinus engelmannii CARR. *Instituto Tecnológico Forestal El Salto*.
- Noda, Y. (2009). *Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos*. Recuperado el 13 de 12 de 2016, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001
- Ochoa, E. (2013). *Evaluación agronómica de 120 cultivares de fréjol arbustivo Phaseolus Vulgaris l. en la zona de Taura, provincia del Guayas*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3501/1/tesis%20final%20Emilio%20Ochoa%20T..pdf>
- Oviedo, L., Barrera, J., & Barraza, F. (2012). Evaluación de micorrizas nativas en plantas de plátano Hartón (Musa AAB Simmonds) en fase de vivero. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Paillacho, F. I. (2010). *Evaluación de la efectividad de las micorrizas arbusculares nativas sobre el desarrollo y estado nutritivo del fréjol Palmito (Bactris gasipaes HBK) en etapa de vivero en Santo Domingo de los Tsáchilas*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2892/1/T-ESPE-IASA%20II-002332.pdf>
- Quenum, L. E. (2010). Comparación entre la producción ecológica e integrada de hortalizas en base a parámetros del cultivo y del suelo. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7347/tesisUPV3220.pdf>. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7347/tesisUPV3220.pdf>

- Ravelo, L. (2009). Metodologías analíticas alternativas para la determinación de plaguicidas en aguas y productos agroalimentarios. 3.
- Redes Microbianas. (s.f.). Obtenido de <http://www.redesmicrobianas.com/concepto-de-micorriza/>
- Reyes, C., & Cabrera, C. (2000). Guía para manejo de variedades de frijol. *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal*.
- Riera, M., & Medina, N. (2005). Influencia de las micorrizas sobre las poblaciones bacterianas y su efecto sobre rendimientos en secuencias de cultivos. *Cultivos tropicales*, 21-27.
- Roca, N., Pazos, M., & Jaume, B. (2007). Disponibilidad de cobre, Hierro, Manganeseo, en suelos del No Argentino. *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*.
- Ruiz, P. O., Rojas, K. C., & Sievirding, E. (2011). La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. *Espacio y Desarrollo*, 23, 47-63.
- Sabench, J. (2011). Plaguicidas y abejas. Francia.
- Sáenz, V. (Febrero de 2002). Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2197/1/CPA-2002-T103.pdf>
- Salcedo, R. (15 de 11 de 2016). Descripción de la Finca "La Cantaleta". (A. Triviño, Entrevistador)
- Segrelles, J. (2001). Problemas Ambientales, Agricultura y globalización en América Latina. *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*.
- sinagap. (2013). Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/frejol.pdf>
- Suquilanda, M. (2008). *secsuelo*. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.pdf>
- Suquilanda, M. (2017). Manejo Agroecológico de suelos. *MAGAP*.
- Székely, Á. (2011). Obtenido de <http://www.expoknews.com/%C2%BFpor-que-son-mas-caros-los-productos-organicos/>
- UCE. (2008). El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola. *Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias agrícolas*.
- Ulloa, M., Abreu, C., & Paz, A. (2001). Disponibilidad de macro- y micronutrientes en un suelo de cultivo de Mabegondo (A Coruña). *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, 245.

Ulloa, J., Ulloa, P., Ramírez, J., & Ulloa, B. (2007). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Universidad Autónoma Nayarit*, 5-7.

ANEXOS

Anexo 1. Etapa de pre- siembra



Figura 4. Prueba de Infiltración. Lote 1



Figura 5. Prueba de Infiltración. Lote 2



Figura 6. Prueba de Infiltración. Lote 3



Figura 7. Calicata. Lote 1



Figura 8. Calicata. Lote 2



Figura 9. Calicata. Lote 3

Anexo 2. Etapa de siembra



Figura 10. Perforación de vasos plásticos



Figura 11. Sustrato para almácigos



Figura 12. Colocación de sustrato en cama de plástico



Figura 13. Agua hirviendo



Figura 14. Desinfección del suelo



Figura 15. Adecuación de invernadero



Figura 16. Sustrato y rellenado de vasos plásticos

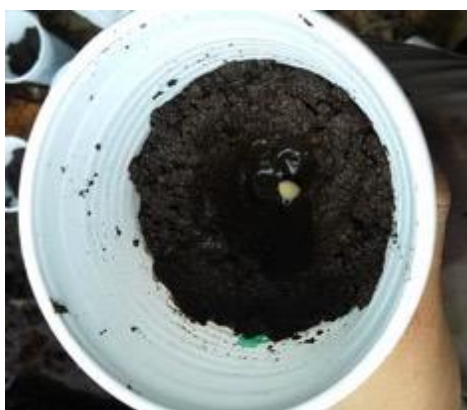


Figura 17. Colocación de semilla en M1: Huxtable®



Figura 18. Relleno de vasos con Micorriza en M1: Huxtable®



Figura 19. Colocación de semilla en M2: Micorrizar®



Figura 20. Relleno de vasos con Micorriza en M2: Micorrizar®



Figura 21. Tratamientos en invernadero



Figura 22. Limpieza de terreno



Figura 23. Tratamientos en hilera



Figura 24. Cercado de terreno y señaléticas. Lote 1



Figura 25. Cercado de terreno y señaléticas. Lote 2



Figura 26. Cercado de terreno y señaléticas. Lote 3



Figura 27. Trasplante de plántulas al terreno. Lote 1



Figura 28. Trasplante de plántulas en Lote 2



Figura 29. Trasplante de plántulas en Lote 3



Figura 30. Aplicación de Micorriza en trasplante. M1: Huxtable®



Figura 31. Aplicación de Micorriza en trasplante. M2: Micorrizar®



Figura 32. Colocación de trampa para plagas



Figura 33. Colocación de guía

Anexo 3. Cosecha



Figura 34. Floración



Figura 35. Maduración de granos

Anexo 4. Análisis de suelo

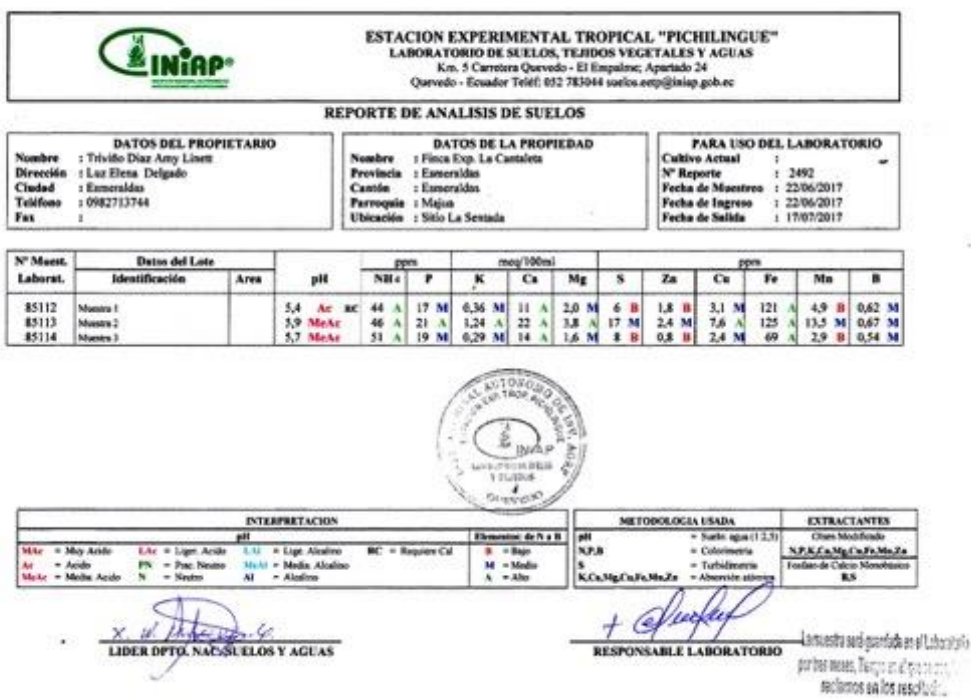


Figura 36. Análisis de macro y micro nutrientes



Figura 37. Análisis de textura

Anexo 6. Marco legal

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Art 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

LEY DE COMERCIALIZACION Y EMPLEO DE PLAGUICIDAS, CODIFICACION

TITULO X

DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES ADMINISTRATIVAS

Art. 32.- Los formuladores, fabricantes, importadores, distribuidores o comercializadores de plaguicidas y productos afines responderán según el grado de responsabilidad que se establezca por parte de la autoridad competente, en los siguientes casos:

a) Por los daños y perjuicios que causare el empleo, aplicación y falta de eficacia de tales productos, sin embargo, de haberse usado según las recomendaciones señaladas en la etiqueta; y,

b) Cuando la composición y propiedades del producto aplicado no coincidieren con las señales en la documentación entregada para la inscripción del producto en el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Art. 33.- Las infracciones a la presente Ley, serán reprimidas con las siguientes sanciones administrativas:

a) Las personas naturales o jurídicas que incumplieren lo señalado en el artículo 15, serán sancionadas con una multa de quince a veinte salarios básicos unificados, sin perjuicio de la clausura temporal, hasta que cumpla con lo señalado y el decomiso de los productos;

b) Quienes infringieren lo dispuesto en el artículo 17, serán sancionados con una multa de diez a veinte salarios básicos unificados, sin perjuicio de las correspondientes acciones civiles y penales a que hubiere lugar;

c) Los que infringieren lo señalado en el artículo 18, serán sancionados con una multa de diez a veinte salarios básicos unificados, sin perjuicio de la clausura, hasta que se cumplan los requisitos que se indican en el mismo;

d) Las personas naturales o jurídicas que expendan plaguicidas y productos afines, sin cumplir con lo dispuesto en esta Ley y su Reglamento serán sancionados con una multa entre diez y veinte salarios básicos unificados, procediéndose en caso de reincidencia a la clausura definitiva del establecimiento;

e) Quienes expendieren plaguicidas y productos afines extremadamente y altamente tóxicos, sin la debida receta, serán sancionados con una multa entre quince y veinte salarios básicos unificados, de acuerdo a la gravedad de la infracción;

f) Las empresas o personas que aplicaren plaguicidas y productos afines violando lo señalado en el artículo 23, serán sancionadas con una multa de quince a veinte salarios básicos unificados, sin perjuicio de la suspensión de sus actividades hasta por seis meses y en caso de reincidencia con la suspensión definitiva, así como las demás sanciones de carácter civil o penal a que hubiere lugar; y,

g) Los que comercializaren productos adulterados o los que formulen, fabriquen o distribuyan éstos, sin perjuicio del decomiso de los mismos que serán destruidos, serán sancionados con una multa de quince a veinte salarios básicos unificados.

Art. 34.- Las sanciones administrativas contempladas en el artículo precedente serán impuestas por la autoridad competente del Ministerio de Agricultura y Ganadería, de conformidad con la ley.

LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

Aprobada el 10 de septiembre del 2004, por la Comisión de Legislación y Codificación, en el capítulo III de la Prevención y Control de la Contaminación de los Suelos se establece lo siguiente:

Art. 12. Los Ministerios de Agricultura y Ganadería y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, limitarán, regularán o prohibirán el empleo de sustancias, tales como plaguicidas herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

Art. 18. Los envases de plaguicidas se consideran desechos peligrosos a menos que sean sometidos al procedimiento de triple lavado y manejados conforme a un programa de eliminación de desechos especiales. También en el Libro VI, en el Anexo 2 de la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, se establecen artículos que indican como se debe manejar los residuos procedentes de la actividad agrícola:

Art. 4.1.2.5. Los envases vacíos de plaguicidas, aceite mineral, hidrocarburos de petróleo y sustancias peligrosas en general, no deberán ser dispuestos sobre la superficie del suelo o con la basura común. Los productores y comercializadores de plaguicidas, aceite mineral, hidrocarburos de petróleo y sustancias peligrosas en general están obligados a minimizar la generación de envases vacíos, así como de sus residuos, y son responsables por el manejo técnico adecuado de éstos, de tal forma que no contaminen el ambiente. Los productores o comercializadores están obligados a recibir los envases que obligatoriamente deberán devolver sus clientes.

Art. 4.1.2.6. Se prohíbe el vertido de las aguas residuales provenientes del tratamiento de triple lavado de envases o recipientes que haya contenido pesticidas, sobre el suelo. Se permitirá la aplicación técnica del agua de triple lavado en cultivos que así lo requieran.

LEY ORGÁNICA DEL RÉGIMEN DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

TÍTULO I

PRINCIPIOS GENERALES

Artículo 3. Deberes del Estado. - Para el ejercicio de la soberanía alimentaria, además de las responsabilidades establecidas en el Art. 281 de la Constitución el Estado, deberá:

a) Fomentar la producción sostenible y sustentable de alimentos, reorientando el modelo de desarrollo agroalimentario, que en el enfoque multisectorial de esta ley hace referencia

a los recursos alimentarios provenientes de la agricultura, actividad pecuaria, pesca, acuicultura y de la recolección de productos de medios ecológicos naturales;

b) Establecer incentivos a la utilización productiva de la tierra, desincentivos para la falta de aprovechamiento o acaparamiento de tierras productivas y otros mecanismos de redistribución de la tierra;

c) Impulsar, en el marco de la economía social y solidaria, la asociación de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores para su participación en mejores condiciones en el proceso de producción, almacenamiento, transformación, conservación y comercialización de alimentos;

d) Incentivar el consumo de alimentos sanos, nutritivos de origen agroecológico y orgánico, evitando en lo posible la expansión del monocultivo y la utilización de cultivos agroalimentarios en la producción de biocombustibles, priorizando siempre el consumo alimenticio nacional;

e) Adoptar políticas fiscales, tributarias, arancelarias y otras que protejan al sector agroalimentario nacional para evitar la dependencia en la provisión alimentaria; y,

f) Promover la participación social y la deliberación pública en forma paritaria entre hombres y mujeres en la elaboración de leyes y en la formulación e implementación de políticas relativas a la soberanía alimentaria.

Anexo 7. Capacitaciones

Fecha: 05/06/2017	
Lugar: Mercado "La Hormiga"	
NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA
TRIVIÑO DIAZ Amy	
Salvador Lese	
Luz Elena Delgado	
RAFAEL SALCEDO	
Mitzzy Diaz Quiroz	
Rafael Cuerrero	
Sirel Huigosa	
Peth Palma	
Rocio Solis	
Cortez Andres	
Thiricio Auglo	
Fambiano Tasmira	
Mano Leuio	
Yamir Arios	
Pablo Triviño	
Paul TRIVIÑO DIAZ	
Adriana Ballesteros	
Adriana Parales	
Nesta Limer	
Rebela Roberto	
Yliriam Obando	
Gustavo Salazar	

Figura 38. Registro de asistencia



Figura 39. Mercado Comunitario “La Hormiga”



Figura 40. Charla 1 a pequeños productores



Figura 41. Charla 2 a pequeños productores