UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Título del Proyecto de Investigación:

"Micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos"

Autor:

Dayanara Gabriela Reinoso Viteri

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

Dr. Fernando Abasolo Pacheco

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **DAYANARA GABRIELA REINOSO VITERI**, declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o certificado profesional: y, he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____

Dayanara Gabriela Reinoso Viteri

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. Fernando Abasolo Pacheco**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Dayanara Gabriela Reinoso Viteri, realizó el proyecto de investigación de grado titulado "**Micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos**", previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dr. Fernando Abasolo Pacheco
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, Dr. Fernando Abasolo Pacheco, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación CERTIFICA el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENECYT y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de similitud del 10 %.

URKUND

Documento	PROY. INV. DAYANARA REINOSA 14.03.2019.docx (D49118788)
Presentado	2019-03-14 11:14 (-05:00)
Presentado por	rgaibor@uteq.edu.ec
Recibido	rgaibor.uteq@analysis.urkund.com
	10% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document:	PROY. INV. DAYANARA REINOSA 14.03.2019.docx (D49118788)
Submitted:	3/14/2019 5:14:00 PM
Submitted By:	rgaibor@uteq.edu.ec
Significance:	10 %

Sources included in the report:

micorrizas anteproyecto SRTA. DAYANARA REINOSO.docx (D41057209)
A.I. DAYANARA REINOSO.docx (D40972614)
micorrizas anteproyecto final.docx (D40703419)
DIAZ TRELLES FERNANDO.pdf (D8438713)
Taller de tesis Micorrizas con tres sustratos y plantas trampas.docx (D40671378)
TESIS Fabricio Meza URKUND.docx (D17045319)
FREJOI. QUINTANA B REGINA.docx (D31966275)
https://www.ciaorganico.net/documypublic/200_infoagronomo.net_Micorrizas-beneficios.pdf

Instances where selected sources appear:

33

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"Micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos"

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniería Agronómica.

Aprobado por:

_____
Ing.Agr.Freddy Amores Puyutaxi MSc
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

_____
Ing.Agr Freddy Sabando Ávila
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

_____
Ing.Agr Ramiro Gaibor Fernández MSc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Quiero agradecerle a mi madre Mayra Viteri que ha sido la que me apoyado en todo momento, dándome la oportunidad de tener una excelente educación, que con sus sacrificios hemos salido adelante y ahora me vera graduarme de la universidad ese es el regalo más grande que le puedo dar, a mi abuela Graciela Villagrán, mi tía Indira Viteri que son mis otras mamas también me han inculcado valores haciéndome una persona de bien, dándome fuerzas para seguir adelante, apoyándome emocional y económicamente, a mi papa Ramiro que me ha apoyado cuando he necesitado, de todo corazón gracias.

A la persona que se ha hecho parte fundamental y especial en mi vida Joselin Aguirre, que en toda mi carrera universitaria a estado apoyándome, acompañándome en este arduo camino para llegar a la meta, aunque nos falta mucho por seguir recorriendo y aprendiendo, le estoy inmensamente agradecida por estar a mi lado en este logro.

Al Ing. Carlos Zambrano por apoyarme en el transcurso de la tesis, siendo un guía profesional y amigo, a la FUNDACION MAQUITA que me abrió las puertas de su empresa y poder realizar esta investigación. A mi tutor Dr. Fernando Abasolo por ser excelente docente, guía y amigo en el transcurso de la carrera, por la paciencia y la enseñanza brindada, a los miembros del Tribunal que aportaron en mi formación profesional.

A mis compañeros y mejores amigos Pedro Álvarez, Cristian Roca, Moises Hidalgo, Sutlin Estrella, Francisco Da silva y Carlos Buste por su amistad y apoyo incondicional.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las Autoridades quienes la conforman de manera especial a quienes desempeñan arduamente su labor en la Facultad de Ciencias Agrarias, por ser guías e impulsadores del objetivo profesional propuesto.

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación va dedicado a Dios por ser mi guía espiritual, el todo poderoso que me brinda días llenos de oportunidades y superación en todos los ámbitos de mi vida.

A mi madre Mayra Viteri, a mi abuela Graciela Villagrán, a mi tía Indira Viteri, a mis dos hermanitas, a mis dos primitos por su comprensión y ayuda en momentos malos me han enseñado a encarar las adversidades sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

A mi pilar fundamental de mi vida que se ha convertido en mi familia Joselin Aguirre, por ser esa persona incondicional que no me dejo caer en esos momentos difíciles, por estar en las buenas y en las malas, por su comprensión, apoyo y amor en todo momento.

A todos ellos que son lo que más amo, muchas gracias de todo corazón.

Dayanara Reinoso Viteri

RESUMEN

Los sistemas de diagnóstico de fertilidad se han basado en la determinación de parámetros físicos y químicos excluyendo a los aspectos biológicos. En este trabajo se habla sobre las micorrizas que son hongos arbusculares que benefician a todas las plantas por sus innumerable funciones, también indican que (medidos a través de una o varias de sus estructuras) pueden ser buenos indicadores en cuanto a la calidad de suelo en nuestras condiciones. Como objetivo general se estableció la relación de fertilidad de suelos con la presencia de micorrizas en diferentes sistemas de producción evaluando la presencia de micorrizas y fertilidad de suelos cacaoteros, bajo sistemas de producción agroecológico, mixto y convencional en las zonas de El Triunfo, Congo y Cuatro Mangas del cantón Buena Fe. La investigación se realizó en el laboratorio e invernadero de Innovación Agrícola de la Fundación Maquita. Se empleó un diseño DCA en arreglo factorial de 3 sistemas x 3 zonas y 3 repeticiones. Para el análisis de fertilidad se tomaron muestras de suelos en cada sistema de producción y zona. Se usaron macetas para sembrar el sorgo y la albaca como plantas trampas cuyas raíces son sensibles a la colonización por micorrizas. Para detectar la presencia de micorrizas se realizó la tinción de las raíces que luego fueron observadas en el microscopio. Con los resultados del análisis del suelo y de la presencia de micorrizas se construyeron diagramas radiales para medir la influencia de las micorrizas en la carga nutricional de los suelos en estudio. El suelo del sistema agroecológico de la zona de Cuatro Mangas presentó el mayor porcentaje de colonización por micorrizas de las raíces de las plantas trampa con el 77%. Bajo el sistema agroecológico el suelo de la zona de Cuatro presentó contenido de nutrientes aceptables de acuerdo a los parámetros de fertilidad en cacao con (0.24%) de N, (10.3ppm) de P, (107.65ppm) de K, (1277.43ppm) de Ca, con Ph de 6.51 y materia orgánica con 5.82%. El mayor índice de biofertilidad correspondió al suelo de la zona de Cuatro Mangas bajo el sistema agroecológico consiguiendo una puntuación alta con un promedio de 3.8 según la escala de parámetros ideales.

Palabras clave: micorrizas, agroecológico, sistemas de producción.

ABSTRACT

Fertility diagnostic systems have been based on the determination of physical and chemical parameters excluding the biological aspects. In this work we talk about the mycorrhizae that are arbuscular fungi that benefit all plants for their innumerable functions, they also indicate that (measured through one or several of their structures) can be good indicators in terms of soil quality in our conditions. As a general objective, the soil fertility relationship was established with the presence of mycorrhizae in different production systems, evaluating the presence of mycorrhizae and fertility of cocoa soils, under agroecological, mixed and conventional production systems in the areas of El Triunfo, Congo and Cuatro Mangas del cantón Buena Fe. The research was carried out in the laboratory and greenhouse of Agricultural Innovation of the Maquita Foundation. A DCA design was used in factorial arrangement of 3 systems x 3 zones and 3 repetitions. For the fertility analysis, soil samples were taken in each production system and zone. Pots were used to plant sorghum and basil as trap plants whose roots are sensitive to mycorrhizal colonization. To stain the presence of mycorrhizae, the roots were stained and then observed under a microscope. With the results of soil analysis and the presence of mycorrhizae, radial diagrams were constructed to measure the influence of mycorrhizae on the nutritional load of the soils under study. The soil of the agroecological system of the area of Cuatro Mangas presented the highest percentage of colonization by mycorrhizae of the roots of the trap plants with 77%. Under the agroecological system the soil of the zone of Cuatro presented content of acceptable nutrients according to the fertility parameters in cocoa with (0.24%) of N, (10.3ppm) of P, (107.65ppm) of K, (1277.43ppm)) of Ca, with Ph of 6.51 and organic matter with 5.82%. The highest biofertility index corresponded to the soil of the Cuatro Mangas area under the agroecological system, obtaining a high score with an average of 3.8 according to the scale of ideal parameters.

Keywords: mycorrhizae, agroecological, production systems.

TABLA DE CONTENIDO

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos ii
certificación de Culminación del Proyecto de Investigación iii
Reporte de la Herramienta de Prevención de Coincidencia y/o Plagio Académico iv
Agradecimiento vi
Dedicatoria vii
Resumen viii
Abstract ix
Tabla de Contenido x
Índice de Tablas xiii
Índice de Gráficos xiv
Índice de Anexos xiv
Código Dublín xv
Introducción 1

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación 4
1.1.1. Planteamiento del Problema. 4
1.1.2. Formulación del Problema. 4
1.1.3. Sistematización del problema 5
1.2. Objetivos 6
1.2.1. Objetivo General 6
1.2.2. Objetivos Específicos 6
1.3. Justificación 7

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual 9
2.1.1. Micorrizas 9
2.1.2. Turba 9
2.1.3. Plantas Trampas 9
2.1.4. Suelo 9
2.1.5. Bioindicador 9

2.2. Marco referencial 10
2.2.1. El cacao 10
2.2.1.1. El cacao en el mundo 10
2.2.1.2. Cacao en el Ecuador 10
2.2.2. Suelo y su importancia 11
2.2.2.1. Fertilidad del suelo 11
2.2.2.2. Biofertilidad de los suelos 12
2.2.2.3. Biota del suelo 12
2.2.3. Calidad del suelo 13
2.2.4. Indicadores de calidad del suelo 13
2.2.4.1. Indicadores Físicos 14
2.2.4.2. Indicadores Químicos 15
2.2.4.3. Indicadores Biológicos 15
2.2.5. Agroecología. 15
2.2.6. Sistemas de Producción 15
2.2.6.1. Sistema Agroecológico 16
2.2.6.2. Sistema Convencional 16
2.2.6.3. Sistema Mixto 16
2.2.7. Perspectivas de la producción agrícola orgánica 17
2.2.8. Definición, clasificación y diferencias sobre las micorrizas 17
2.2.9. Proceso de la Micorrizacion 18
2.2.10. Generalidades sobre micorrizas 18
2.2.11. Tipos de micorrizas 19
2.2.11.1. Ectomicorrizas 19
2.2.11.2. Micorriza arbuscular 19
2.2.12. Funciones y beneficios de las micorrizas 20
2.2.13. Funciones ecológicas de los hongos micorrícicos 20
2.2.14. Hongos Micorrícicos en la agricultura 21
2.2.15. Plantas Trampa 21

CAPÍTULO III. MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN_Toc11728774
3.1. Localización 23
3.2. Tipo de investigación 23
3.3. Métodos de investigación 23

3.4. Fuentes de recopilación de información 23
3.5. Materiales y equipos 24
3.5.1. Materiales del laboratorio 24
3.5.2. Materiales de campo 24
3.5.3. Material de oficina 24
3.5.4. Equipos de laboratorio 25
3.5.5. Reactivos e Insumo 25
3.6. Diseño de la investigación 25
3.7. Instrumentos de investigación 26
3.7.1. Factores de estudio 26
3.8. Manejo del experimento 27
3.8.1. Determinación del porcentaje de raíces micorrizadas 27
3.8.1.1. Recolección de Muestras 27
3.8.1.2. Tinción de raíces 28
3.8.2. Determinación del nivel de biofertilidad 29
3.8.2.1. Diagrama Radial 29
3.8.2.2. Tabla arbitraria de los requerimientos nutricionales para suelos cultivo Cacao ... 29
3.8.3. Fertilidad de los suelos asociados a los diferentes tipos de producción 30

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de raíces micorrizadas asociadas a diferentes tipos de producción en tres zonas agroecológicas. 32
4.2. Fertilidad de los suelos asociados a tres sistemas de producción. 34
4.3. Nivel de biofertilidad en función de la presencia o no de micorrizas en suelos de sistemas de producción agroecológico, mixto y convencional en distintas zonas. 36
4.3.1. Zona El Triunfo 36
4.3.2. Zona Cuatro Mangas 37
4.3.3. Zona El Congo 38
4.4. Discusión 39

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones 43
5.2. Recomendaciones 44
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA 45

Bibliografía 45

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Indicadores de la calidad del suelo	13
Tabla 2.	Esquema del ADEVA	26
Tabla 3.	Escala arbitraria de Presencia y Ausencia - Intensidad de colonización	29
Tabla 4.	Parámetros ideales de Requerimientos nutricionales para suelos en el cultivo de Cacao.	30
Tabla 5.	Resultados del análisis de suelos tomados de tres sistemas de producción de cacao en distintas zonas cacaoteras	35
Tabla 6.	Altura de planta (Sorgo) en el uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos.	51
Tabla 7.	Altura de planta (Albaca) en el uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos.	52
Tabla 8.	Peso total de raíces en el uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos.	53
Tabla 9.	Volumen de raíces en el uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Colonización de Micorrizas. A. Presencia de Estructuras morfológicas (micorrizas)	33
Figura 2.	Diagrama radial de la zona El Triunfo para parámetros de fertilidad del suelo y la presencia de micorrizas en sistemas de producción de cacao.	36

Figura 3. Diagrama radial de la zona Cuatro Mangas para parámetros de fertilidad del suelo y la presencia de micorrizas en sistemas de producción de cacao. 37

Figura 4. Diagrama radial de la zona El Congo para parámetros de fertilidad del suelo y la presencia de micorrizas en sistemas de producción de cacao. 38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1. Presencia porcentual de micorrizas en suelos de distintos sistemas de producción de cacao. 32

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Altura de Planta (Sorgo) 51

Anexo 2. Altura de Planta (Albaca) 52

Anexo 3. Peso total de raíces 53

Anexo 4. Volumen de raíces 54

Anexo 5. Análisis de varianza de altura de planta (Sorgo) 55

Anexo 6. Análisis de varianza de altura de planta (Albaca) 55

Anexo 7. Análisis de varianza del peso total de las raíces 55

Anexo 8. Análisis de varianza del volumen total de las raíces 55

Anexo 9. Recolección del picón y tierra (sin fertilización fosfatada) y esterilización de ambas en autoclave. 56

Anexo 10. Muestreo de suelos de las 3 zonas, y los 3 tipos de sistemas de producción 57

Anexo 11. Establecimiento de los ensayos y siembra de sorgo y albaca 58

Anexo 12. Preparación y fertilización con solución nutritiva, riego y monitoreo de las plantas de sorgo y albaca 59

Anexo 13. Protocolo TINCIÓN DE RAÍCES 60

Anexo 14. Registro de datos de tinción y observación de micorrizas 61

Anexo 15. Registro de datos de altura de planta, peso de raíces 62

Anexo 16. Análisis físico-químico de las muestras de suelo 63

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	"Micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos"		
Autor:	Dayanara Gabriela Reinoso Viteri		
Palabras clave:	Micorrizas	Agroecológico	Sistemas de producción
Fecha de publicación:			
Editorial:	Quevedo: UTEQ 2019		
Resumen:	En este trabajo se habla sobre las micorrizas que son hongos arbusculares que benefician a todas las plantas por sus innumerable funciones, también indican que (medidos a través de una o varias de sus estructuras) pueden ser buenos indicadores en cuanto a la calidad de suelo en nuestras condiciones. Como objetivo general se estableció la relación de fertilidad de suelos con la presencia de micorrizas en diferentes sistemas de producción evaluando la presencia de micorrizas y fertilidad de suelos cacaoteros, bajo sistemas de producción agroecológico, mixto y convencional en las zonas de El Triunfo, Congo y Cuatro Mangas del cantón Buena Fe. La investigación se realizó en el laboratorio e invernadero de Innovación Agrícola de la Fundación Maquita. Se empleó un diseño DCA en arreglo factorial de 3 sistemas x 3 zonas y 3 repeticiones. Para el análisis de fertilidad se tomaron muestras de suelos en cada sistema de producción y zona. Se usaron macetas para sembrar el sorgo y la albaca como plantas trampas cuyas raíces son sensibles a la colonización por micorrizas. Para detectar la presencia de micorrizas se realizó la tinción de las raíces que luego fueron observadas en el microscopio. Con los resultados del análisis del suelo y de la presencia de micorrizas se construyeron diagramas radiales para medir la influencia de las micorrizas en la carga nutricional de los suelos en estudio. El suelo del sistema agroecológico de la zona de Cuatro Mangas presentó el mayor porcentaje de colonización por micorrizas de las raíces de las plantas trampa con el 77%. Bajo el sistema agroecológico el suelo de la zona de Cuatro presentó contenido de nutrientes aceptables de acuerdo a los parámetros de fertilidad en cacao con (0.24%) de N, (10.3ppm) de P, (107.65ppm) de K, (1277.43ppm) de Ca, con pH de 6.51 y materia orgánica con 5.82%. El mayor índice de biofertilidad correspondió al suelo de la zona de Cuatro Mangas bajo el sistema agroecológico consiguiendo una puntuación alta con un promedio de 3.8 según la escala de parámetros ideales.		
Descripción:	125 hojas: 29.7 X 21 cm + CD ROM 6162		

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la agricultura ha sido uno de los temas de mayor controversia debido a la importancia económica que tiene, pero al no haber un apoyo adecuado para los agricultores la producción y la calidad de los productos no es tan significativa. La agricultura es una de las actividades más relevantes e importantes del país dentro del ámbito social, económico y productivo.

El sector cacaotero a lo largo de la historia del Ecuador ha representado económicamente al país debido a su participación sobre el producto interno bruto nacional donde ha oscilado continuamente en niveles de 8% y 9% (Vaca, 2018), convirtiendo al sector en uno de los primordiales pilares de la economía nacional. La provincia de Los Ríos ubicada en la Costa ecuatoriana, se caracteriza por la calidad de tierra y los afluentes hídricos que poseen. Existen diferencias en el grado de desarrollo agrícola que se expresa en el progreso de sus capacidades, en la manera de gestionar los recursos productivos y el método de producir a pesar que sus municipios corresponden a una misma zona geográfica.

La zona que abarca el cantón Buena Fé, la gran mayoría de los pequeños productores tiene como fuente de ingreso la producción de cacao siendo un componente de importancia para su economía familiar de ellos. En este sector el cultivo de cacao es producto de la gran demanda internacional de la fruta, provocando variación en los sistemas montañosos agroforestales por un creciente monocultivo del cacao, precedido por la deforestación de los árboles de importancia económica y la quema de la biomasa aérea restante.

Este modelo de agricultura itinerante o nómada también conocida como agricultura de roza y quema, está alterando los patrones ecológicos y factores climáticos. Estos procedimientos de intervención de la tierra a menudo encaminan a una disminución de los niveles de nutrientes existentes en los suelos y como resultado afectan los patrones dinámicos de los ciclos biogeoquímicos. Como consecuencia de la deforestación indiscriminada, se presentan deterioros de los recursos naturales con pérdida de la biodiversidad y de capacidad productiva de los suelos. Por tal motivo en este momento se está impulsando la producción de cacao en cultivos asociados como eje motor de la diversificación productiva de los agricultores, como alternativa sostenible y sustentable. El conocimiento de las interacciones

entre los microorganismos del suelo en este caso las micorrizas que significa la relación de hongos benéficos que ayudan a mejorar el sistema radicular de una planta (simbiosis) ayudarán a mejorar al manejo y aumentar sus rendimientos del cultivo. Por tal razón es fundamental evaluar los cambios en las poblaciones microbianas en cada tipo de uso del suelo con el fin de impulsar el manejo sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. De tal manera la presente investigación usará a las micorrizas como bioindicador de la fertilidad de los suelos donde permitirá establecer propiedades fisicoquímicas y biológicas de los suelos en distintos escenarios de manejo del cultivo de cacao.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Planteamiento del Problema.

El desgaste y la fragmentación de los ecosistemas y por consiguiente la pérdida de la biodiversidad componen una de las problemáticas más peligrosas que confrontamos los seres vivos. Actualmente la biodiversidad de los suelos está siendo afectada, por la contaminación, explotación desmesurada del suelo, incendios forestales, uso indiscriminado de agroquímicos y el vertido de efluentes industriales, entre otras. La baja productividad del cultivo de cacao ha conllevado al uso inadecuado de fertilizantes fosfatados que en teoría serán absorbidos por la planta para incrementar la producción, dejando a un lado las consecuencias que acarrea aplicar demasiado fertilizantes que son los efectos combinados de la erosión del suelo, la destrucción de los microorganismos que habitan en el suelo en este caso las micorrizas que ayudan a la absorción más eficiente de nutrientes, reduciendo la aplicación de los fertilizantes químicos, teniendo resultados positivos económicos al productor y a su vez menor impacto ambiental.

El poco conocimiento de modelos de transición agroecológicos en el cultivo de cacao, al no implementar correctamente los estándares de sistema agroecológicos, si siguen sujetos a lo convencional, mixto o en realidad están siendo una ecología sostenible y sustentable. Por último, la falta de herramientas para determinar la biofertilidad de los suelos dedicados al cultivo de cacao en Ecuador, es decir los recursos necesarios para saber si el suelo es fértil en cuanto a microrganismos subsistentes en el suelo como las micorrizas, si realmente se encuentran en estos suelos cacaoteros que están bajo tres sistemas de producción convencional, mixto y agroecológico.

1.1.2. Formulación del Problema.

Los suelos agrícolas han ido perdiendo eficiencia por diferentes tipos de problemas entre los cuales uno de mayor importancia es la disminución de microorganismos existentes en el suelo, que se relaciona con la falta de eficiencia en los niveles de producción. Y la validación de metodologías para la búsqueda de bioindicadores de fertilidad de los suelos.

1.1.3. Sistematización del problema

¿La fertilidad de los suelos se encuentra asociados a la presencia de hongos micorrizales?

¿Los sistemas de producción agroecológicos son los más adecuados en la conservación de los nutrientes presentes en el suelo esenciales para el cultivo de cacao?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Establecer la relación de fertilidad de suelos con la presencia de micorrizas en diferentes sistemas de producción de cacao.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la cantidad de raíces micorrizadas asociadas a diferentes tipos de producción en tres zonas agroecológicas.

- Establecer la fertilidad de los suelos asociados a diferentes tipos de producción en tres zonas agroecológicas.

- Determinar el nivel de biofertilidad de los suelos en función de la presencia o no de micorrizas

1.3. Justificación

La presente investigación se enfocó en el estudio de las micorrizas como un bioindicador de la fertilidad de los suelos cacaoteros en la zona del cantón Buena Fé, bajo tres sistemas de producción, convencional, mixto y agroecológico. Con el usó de plantas trampas como el sorgo y albaca, indicadas para la multiplicación de micorrizas. El bioindicador ideal debería permitir determinar el estado de calidad del suelo con una sencilla, amplia validez y sensible a los cambios

El desvanecimiento en cuanto al inóculo, es decir a las micorrizas de manera natural en el suelo está provocando que el crecimiento vegetal disminuya y se inhabilite la reproducción o supervivencia bajo condiciones extremas, debido a las intensas fertilizaciones inadecuadas, las fumigaciones ponen en peligro a estos hongos (micorrizas) en el suelo.

Las micorrizas ayudan a la conservación de los suelos, ayuda a las plantas a mejorar su resistencia en cuanto a patógenos y plantas, a la captación de nutrientes necesarios entre otras cosas que son capaces de hacer. Debido a eso se debe llevar un correcto manejo agronómico para evitar la pérdida de la diversidad microbiológica que habitan en nuestros suelos.

El suelo es un conjunto muy complejo constituido por elementos físicos, químicos y biológicos, contiene una gran variedad de poblaciones microbianas, de manera que en él tienen lugar gran parte de las transformaciones de materia y energía de los ecosistemas. En base a estas características, se evaluó la diversidad micorricica de suelos establecidos en cacao, y relacionar la como bioindicador de fertilidad. Se buscó implementar una herramienta para los agricultores, variables que puedan servir para evaluar las condiciones de sus suelos, ya que no existe un protocolo específico para determinar la calidad el suelo a través de indicadores microbiológicos. De este modo se puede realizar intercambio de conocimientos y técnicas que beneficien a los pequeños y medianos productores, mediante el estudio de micorrizas como bioindicador de la fertilidad mejorando la calidad de sus suelos con un manejo adecuado de labores culturales.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Micorrizas

Asociación biológica de un hongo y una planta vascular en la que el hongo vive dentro o fuera de las raíces de la planta formando una relación simbiótica o parasitaria ambos organismos salen beneficiados (Collins, 2019).

2.1.2. Turba

La turba es un componente orgánico de diferentes materiales originarios de las descomposiciones de vegetales, es decir un sustrato a base de material vegetal que ayuda a la retención de agua y aporta nutrientes hacia la planta (Collins, 2019).

2.1.3. Plantas Trampas

Son plantas atrayentes e indicadoras, actuando como una forma de cebo, donde representa una excelente herramienta para razonar mejor la labor de los hongos micorrícicos, es decir que actúan como medio de cultivo para la reproducción de estos hongos arbusculares. (Vargas, 2010)

2.1.4. Suelo

El suelo es el material encontrado en la superficie de la tierra que está compuesto de material orgánico e inorgánico. El suelo varía debido a su estructura y composición (Gillaspy, 2019).

2.1.5. Bioindicador

Indicador biológico de la fertilidad de los suelos. Un indicador biológico es una preparación caracterizada de un microorganismo específico resistente a un proceso de esterilización en particular (Blancof & Salas, 1997).

2.2. Marco referencial

2.2.1. El cacao

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es un típico cultivo perenne y pertenece a la familia *Esterculiaceae* cuya principal característica es que sus miembros producen flores y frutas en el tallo y ramas. Es además, un cultivo que crece y produce en forma adecuada cuando está protegido por la sombra de árboles de otras especies (ANECACAO, 2018).

2.2.1.1. El cacao en el mundo

El mercado de cacao en el mundo ha tenido una evolución diferencial durante los últimos cien años aproximadamente. Debido a la presencia de enfermedades e insectos plagas o a algún otro factor como el político, la producción del cacao se ha ido trasladando a otros lugares, después de que el cacao fue aceptado por los europeos como alimento necesario, comenzaron a llevar semillas de su área natural hacia otros países. En la actualidad, el cacao se cultiva en todos los países que disponen de tierras tropicales húmedas y se ha convertido en un cultivo verdaderamente popular (Enríquez, 2010).

2.2.1.2. Cacao en el Ecuador

El cacao es una fruta tropical, sus cultivos se encuentran mayormente en el Litoral y en la Amazonía. Es un árbol con flores pequeñas que se observan en las ramas y producen una mazorca que contiene granos cubiertos de una pulpa rica en azúcar. La producción de cacao se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos (Guerrero, 2014) .

En el país se cultivan dos variedades de cacao: el Clon CCN-51 (Colección Castro Naranjal 51) y el denominado Complejo Nacional o Cacao Fino de Aroma también conocido como 'Arriba', desde la época colonial. Ecuador es el país con la mayor participación en este segmento del mercado mundial (un 63% de acuerdo con las estadísticas de Pro Ecuador). El auge cacaotero permitió la inserción del Ecuador en la economía mundial como proveedor

de materia prima, a la vez que estimuló el desarrollo de otras actividades que se daban en su entorno (Flores, 2007).

En 2015, Ecuador cultivó 264 mil toneladas métricas de cacao (El Telégrafo, 2016). Para 2020, el sector cacaotero del país tiene proyectado aumentar de 200 mil toneladas de producción, a 400 mil. En la actualidad Ecuador ha cerrado con record histórico nuevamente rompiéndolo en producción y exportación de cacao, con alrededor de 315 mil toneladas para el país (ANECACAO, 2018).

El CCN-51 es un cacao clonado de origen ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial, bien de alta productividad. Con esta declaratoria, el Ministerio de Agricultura brinda apoyo para fomentar la producción de este cacao, así como su comercialización y exportación. El clon CCN-51 cultivado en el Ecuador, es considerado cacao ordinario, corriente o común (ANECACAO, 2018).

2.2.2. Suelo y su importancia

Como uno de los recursos naturales vitales, el suelo desempeña un papel importante en la producción de alimentos y fibra para los seres humanos, manteniendo los ecosistemas terrestres y sirviendo como un medio para el crecimiento de las plantas, un sumidero para el calor, el agua y los productos químicos, un filtro para el agua y un medio biológico para la descomposición de residuos. Al interactuar íntimamente con el agua, el aire y las plantas, el suelo puede amortiguar las fluctuaciones ambientales y regulares muchos procesos ecológicos que controlan la calidad del agua y el aire promoviendo el crecimiento de las plantas (Zhan, 2006)

2.2.2.1. Fertilidad del suelo

Es el estado de un suelo con respecto a su capacidad para suministrar elementos esenciales para el crecimiento de las plantas sin una concentración tóxica de ningún elemento. La fertilidad es entendida como la capacidad química del suelo para mantener la producción agrícola. Es un concepto cuyos fundamentos han cambiado mucho en los últimos años. El paradigma de la fertilidad química de los suelos, desarrollado a mediados del siglo pasado,

se soporta con una gran industria global de fertilizantes químicos que reemplaza, por reposición química lo que son deficiencias nutricionales que presentan los suelos desgastados por mal manejo agronómico o erosión (Wall, 2016).

2.2.2.2. Biofertilidad de los suelos

El paradigma de la fertilidad química de los suelos es antiguo, yace de mediados del siglo pasado que surge de los conocimientos de la fisiología vegetal y de los requerimientos nutricionales de las plantas. Es el origen de la revolución verde, donde todo el desarrollo de los cultivos se sostiene en industrias de fertilizantes que aportan los nutrientes químicos que las plantas necesitan para crecer. La fertilidad biológica de los suelos va desde los nutrientes que se originan en el suelo por la transformación de la materia orgánica; la transformación de la materia orgánica la realizan los organismos que habitan el suelo y modifican su estructura para generar su hábitat; la estructuración del suelo se da por la formación de micro y macroagregados (Consentino, 2015).

2.2.2.3. Biota del suelo

El suelo es uno de los hábitats menos investigados de la tierra. Sin embargo, habitualmente no es evidente a simple vista, están entre los hábitats más variados y contienen algunas de las colecciones más diversas de organismos vivos (Vaca, 2018).

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos del medio ambiente contiene miles de organismos diferentes, los cuales interactúan e intervienen en los ciclos globales que hacen viable toda forma de existencia. La biota del suelo incluye además las raíces que crecen en él e interactúan con otras especies sobre y bajo tierra (FAO, 2012).

La fauna y la flora en conjunto forman la biota del suelo. La mayoría de los organismos del suelo vive en las capas superficiales en contacto con la hojarasca y residuos vegetales altamente fraccionados. Allí las condiciones de temperatura, luminosidad, humedad y ventilación, como también el espacio, complacen las necesidades nutricionales del suelo (Jaramillo, 2002).

2.2.3. Calidad del suelo

Se define como la capacidad del suelo dentro de los límites de los ecosistemas naturales o manejados, para mantener la productividad de las plantas y los animales, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire. Por consiguiente, la calidad del suelo proporciona un concepto útil y universal para educar a los profesionales, productores y el público sobre su gran importancia. También se puede utilizar para evaluar los impactos de las prácticas de manejo y sus usos (Willis, 2013).

2.2.4. Indicadores de calidad del suelo

La búsqueda de indicadores de la calidad del suelo es una prioridad en el ámbito de las ciencias edáficas, no solo desde un punto de vista agronómico sino también por el acusado deterioro ocurrido en las últimas décadas. Sin embargo, el uso y aplicación de los indicadores de calidad es una tarea compleja debido a la diversidad natural del suelo y a la multitud de procesos físicos, químicos, bioquímicos y microbiológicos como indica la Tabla 1 (Vargas, 2010).

Tabla 1. Indicadores de la calidad del suelo

INDICADORES POTENCIALES DE LA CALIDAD DEL SUELO A DIFERENTES ESCALAS		
QUIMICAS	FISICAS	BIOLOGICAS
MICROESCALA (Perfil del suelo)		
pH	Textura	C biomasa
Conductividad eléctrica	Estructura	N biomasa microbiana
Capacidad intercambio catiónico	Densidad aparente	Respiración del suelo
Carbono orgánico total	Estabilidad agregados	Cociente metabólico
Carbono hidrosoluble	Profundidad del perfil	Actividades enzimáticas
Macronutrientes extraíbles	Conductividad hidráulica	Comunidades microbianas
Micronutrientes extraíbles		Organismos indicadores
MESOESCALA (Explotación agrícola)		
Cambios de materia orgánica	Color, espesor horizonte Ap	Rendimiento cultivos

Acumulación de metales pesados	Compactación por laboreo	Adventicias
Cambios en salinidad	Infiltración	Deficiencias nutrientes
Perdidas por lixiviación	Erosión de cárcavas	Características del cultivo
	Cubierta superficial	
MACROESCALA (Agroecosistemas)		
Acidificación	Desertificación	Productividad
Salinización	Perdida de cubierta vegetal	Diversidad y riqueza especies
Cambios calidad agua	Erosión eólica e hídrica	Especies llave del sistema
Cambios calidad aire	Sedimentos en lagos y ríos	Biomasa, densidad, abundancia

Fuente: (Vargas, 2010).

En general, los bioindicadores basados en las propiedades físicas y químicas del suelo son los que generalmente, han sido utilizados para evaluar la productividad del suelo desde un punto de vista agronómico. Así, la estructura, textura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica, son características físicas del suelo propuestas como indicadores ya que regulan el crecimiento de raíces y plántulas y el movimiento del agua a través del perfil (Vargas, 2010).

El pH, conductividad, carbono orgánico total y soluble, capacidad de intercambio catiónico, macro y micronutrientes extraíbles y metales pesados son propiedades químicas propuestas como indicadores relacionadas con las relaciones suelo-planta y la disponibilidad de nutrientes para los cultivos y microorganismos, la capacidad continuada del suelo, para producir cosechas de forma económicamente rentable para el agricultor y beneficiosa para la salud pública (Vargas, 2010).

2.2.4.1. Indicadores Físicos

Las propiedades físicas que pueden ser usadas como indicadores de calidad de suelo, son las que transmiten, retienen y receptan agua a las plantas, así como en el crecimiento de raíces pueden encontrarse limitaciones, la infiltración del agua dentro del perfil, emergencia de las plántulas. Entonces las características físicas del suelo como son la densidad aparente, infiltración, profundidad, capacidad de campo, conductividad se han establecido como indicadores de su calidad (Bautista et al., 2004).

2.2.4.2. Indicadores Químicos

Las relaciones de suelo y planta que son afectadas por los indicadores químicos. Estas relaciones son las relaciones de capacidad amortiguadora del suelo, calidad del agua, disponibilidad de agua y nutrientes para los microorganismos que habitan y para las plantas. Algunos indicadores son: carbono orgánico total, lábil, el pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno total y mineralizable, cambios en la materia orgánica, capacidad de absorción de fosfatos y disponibilidad de nutrimentos (Bautista *et al.*, 2004).

2.2.4.3. Indicadores Biológicos

Un indicador biológico es una preparación caracterizada de un microorganismo específico resistente a un proceso de esterilización en particular (Blancof & Salas, 1997).

Los indicadores biológicos como la biomasa microbiana, respiración, contenido de humedad y temperatura, nitrógeno potencialmente mineralizable, integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de macro y microrganismos, incluidos hongos, bacterias, nematodos, anélidos, artrópodos y lombrices (Bautista *et al.*, 2004).

2.2.5. Agroecología.

La agroecología proporciona un marco interdisciplinario con el cual estudiar la actividad de la agricultura. En este marco, la agricultura no existe como una entidad aislada, sino como parte de una ecología de contextos (MAE, 2015).

2.2.6. Sistemas de Producción

Los sistemas agrícolas son la principal fuente mundial de alimentos para la población. Estos sistemas, algunas veces llamados agro-ecosistemas, normalmente consisten de varias partes y procesos. Incluyen: un área de cultivo (con suelos formados por procesos geológicos y

ecológicos previos), producción y equipamientos para siembra y cosecha, limpieza del terreno y zafra. Se refiere a una serie de elementos organizados, relacionados y que interactúan entre ellos, y que van desde las máquinas, las personas, los materiales, e incluso hasta los procedimientos Es necesario un mercado para comprar la producción y proveer el dinero para la adquisición de combustibles, fertilizantes, mercaderías y servicios que mantienen funcionando el sistema (Howard, 2001).

2.2.6.1. Sistema Agroecológico

Un sistema agroecológico quiere decir que usa técnicas amigables y sostenibles con el medio ambiente, además de obtener alimentos muchos más saludables, implementando una mirada integral en la naturaleza, incluyendo el entorno social. Un sistema agroecológico solo se usa abonos orgánicos, que muchas veces son elaborados por los agricultores, no se usa mecanización, ni tecnologías como riego. Tampoco se usan agro-químicos para prevenir enfermedades y plagas y mantienen una diversidad de cultivos. Este sistema conserva los recursos naturales elementales de la producción de alimentos tales como el agua, suelo y biodiversidad (Howard, 2001).

2.2.6.2. Sistema Convencional

Un sistema convencional refiere a las altas demandas de uso o consumos de insumos que no proceden de un sistema productivo natural, entre ellos los fertilizantes químicos sintéticos, los pesticidas entre otros. Este método no toma precauciones y hace a un lado al medio ambiente, los ciclos naturales y se apoya en el uso irracional no-sostenible de los recursos naturales. No se preveen las consecuencias y los daños que causa a la naturaleza este sistema que solo se enfoca en la producción utilizando todas las herramientas tecnológicas disponibles (Howard, 2001).

2.2.6.3. Sistema Mixto

Un sistema mixto describe a una agricultura que usa fertilizantes químicos como también orgánicos, aunque no use equipos tecnológicos. Las prácticas laborales las realizan con herramientas tradicionales y en ocasiones usan equipos mecanizados, combinando lo

tradicional con lo convencional. Un sistema que quiere mantener el equilibrio ecológico, pero a su vez desea una mayor productividad en sus cultivos (Jaramillo, 2002).

2.2.7. Perspectivas de la producción agrícola orgánica

La producción agrícola orgánica tiene sus limitaciones por bajo nivel de producción que aumenta los costos, diferentes tecnologías, poco conocimiento del mercado, escaso financiamiento para el período de transición, legislación nacional reciente, falta de organización de los pequeños productores, carencia de información sobre producción total, etc. Sin embargo, a pesar de estos problemas la producción agrícola orgánica tiene perspectivas por su potencialidad en términos de la calidad del producto, crecimiento del mercado, protección al medio ambiente, potencial fuente de alimentación proteica y apoyo gubernamental (García & Torres, 2014).

2.2.8. Definición, clasificación y diferencias sobre las micorrizas

La micorriza una asociación hongo y raíz mico hongo y raíz rriza lo que se entiende con una clásica simbiosis mutualista en que ambos organismos salen beneficiados de la asociación. La planta recibe nutrientes que requiere para su desarrollo y a su vez el hongo recibe de la planta los carbohidratos que también requiere para su subsistencia. Las micorrizas constituyen una simbiosis especialmente importante, que ocurre en la mayoría de los grupos de plantas vasculares. Las micorrizas son capaces de absorber y trasportar fósforo, zinc, manganeso y cobre, todos nutrientes esenciales. Los hongos se benefician obteniendo carbohidratos de la planta hospedante. (IVIC, 2014).

Las micorrizas se han clasificado con base en su estructura, morfológía y modo de infección en dos tipos principales: ectomicorrizas y endomicorrizas. Este último se divide en varios subtipos: Ectendomicorriza, Arbutoides, Mojotropoides, Ericoides, Orquidáceas y las Arbusculares que son las más comunes. Las micorrizas arbusculares (MA) pertenecen al orden Glomales. El suborden Glomineae tiene 2 familias: Glomaceae que comprende los generos Glomus y Sclerocystis y Acaulosporacea, que incluye 2 géneros: Acaulospora y Entrophospora (Blancof & Salas, 1997).

2.2.9. Proceso de la Micorrizacion

¿Cómo ocurre la micorrizacion? Se inicia con la germinación de esporas, las que emiten hifas que crecen hasta encontrar y penetrar la raíz huésped ya sea a través de la epidermis o pelos radicales. Una vez dentro, las hifas se extienden entre las células pudiendo ingresar a células del córtex donde forman estructuras llamadas arbúsculos, sitio donde ocurre la transferencia de nutrientes entre hongo y la planta. Las hifas se extienden solo por la epidermis y parénquima cortical, no penetrando nunca el endodermo o tejidos vasculares marcando una notable diferencia con los hongos patógenos que invaden los vasos vasculares conductores y meristemáticos (Andrade, 2010).

2.2.10. Generalidades sobre micorrizas

Las micorrizas son una sociedad de simbiosis entre la planta es decir hongo-planta que se fijan en otros órganos de contacto, mas no en las raíces, como ejemplo tenemos las orquídeas y otras plantas que son aclorofílicas que no tienen raíces verdaderas.Los hongos micorrícicos aceptan directamente de las plantas los azucares que precisan para crecer y desarrollarse. A cambio asimilan del suelo y transfieren a sus hospedantes vegetales los nutrientes, el agua y minerales necesarios para su posterior crecimiento (Honrubia, 2009).

Las micorrizas necesitan un desarrollo planta- hongo sincronizado, ya que las hifas fúngicas solo colonizan raíces recientes. La planta controla la potencia de la simbiosis por el desarrollo de su raíz, pero asimismo por la asimilación de la interfase de intercambio, en las endomicorrizas, o por la formación de un único tipo de raíz (secundaria y de crecimiento limitado), en cuanto se refiere a las ectomicorrizas (Honrubia, 2009).

Resistencia de las plantas frente a situaciones de estrés:

- **Factores abióticos:** Hídricos, Salinidad, metales pesados etc.
- **Factores bióticos:** mejora condición sanitaria, balance nutricional, competición, cambios anatómicos y morfológicos en raíz, cambios microbianos en la rizosfera, activación mecanismos defensa de la planta.

2.2.11. Tipos de micorrizas

Se han establecido siete tipos de micorrizas, tomando en cuentas el grupo taxonómico del hongo, las alteraciones morfológicas, y por supuesto sus características estructurales las cuales son: Ectomicorrizas, micorriza arbuscular, micorriza de orquídeas, micorriza ericoide, ectendomicorriza, micorriza arbutoide, micorriza monotropoide, donde las más estudiadas son las endomicorrizas, por la manera de colonización (Andrade, 2010).

2.2.11.1. Ectomicorrizas

Las ectomicorrizas son asociaciones mutualistas entre hongos y gimnospermas o angiospermas pertenecientes a ciertas familias. Estas asociaciones consisten en un sistema suelo-micelio que une las raíces micorrízicas y reproductivas o estructuras de acopio. Raíces ectomicorrizas se caracterizan por el aspecto de un manto.

Las asociaciones con ectomicorrizas se forman predominantemente en las puntas de las raíces (raíces finas) de la planta huésped, distribuidos en todo el perfil del suelo y más abundante en capas superficiales que contienen materia que en capas de suelo minerales (Estevão *et al*., 2018).

2.2.11.2. Micorriza arbuscular

Una micorriza arbuscular es un tipo de endomicorriza en la que el hongo penetra en las células corticales de las raíces de una planta vascular, no debe confundirse con una ectomicorriza o unamicorriza ericoide. La micorriza arbuscular es la forma más común de asociación simbiótica entre un hongo y las raíces de una planta vascular. Las hifas penetran en las células vegetales y desarrollan estructuras morfológicas ramificadas dentro de las células, lo que permite una gran superficie de intercambio entre ambos organismos. La micorriza arbuscular es una asociación biológica mutuamente beneficiosa entre las especies en el filo de los hongos Glomeromycota y las raíces superiores de las plantas. Se cree que la simbiosis les ha dado a las plantas verdes la oportunidad de invadir la tierra seca hace 450 millones de años y la gran mayoría de las plantas terrestres existentes retienen esta asociación (Willis, 2013).

Las asociaciones simbióticas son las micorrizas que existen entre las raíces de las plantas superiores y ciertos hongos subsistentes en el suelo. Los hongos se favorecen con el suministro de fuentes carbonadas que provienen de la planta y que es beneficiada por la mayor exploración del suelo, la cual ayuda aumentar la capacidad de absorción de agua, nutrientes, y al crecimiento de las plantas (Martin & Rivera, 2015).

2.2.12. Funciones y beneficios de las micorrizas

Las micorrizas incrementan la capacidad de absorción del agua y nutrientes requerida por especie vegetal, y así ayudan al hospedante a resistir mejor las condiciones adversas de clima y suelo. Contribuyen a la formación de agregados estables en el suelo y aumentan la biomasa y producción de los cultivos (Martin & Rivera, 2015).

Los hongos arbusculares tienen una propagación que se da a través de esporas, micelio y fragmentos de raíces colonizadas. Por lo tanto ese conjunto va a componer lo que se llama propágulos y por consiguiente colonizan a las raíces de las plantas hospedantes donde crecerán, desarrollarán y darán paso a nuevos propágulos. La mayor cantidad de propágulos en el suelo se encuentran en los primeros 15-20 cm de profundidad (Martin & Rivera, 2015).

2.2.13. Funciones ecológicas de los hongos micorrícicos

Las plantas en ocasiones están localizadas en suelos que están llenos de nutrientes, pero que se encuentran en formas no asimilables. Los hongos micorrícicos tienen la capacidad de secretar ácidos orgánicos y por eso pueden solubilizar minerales de la roca madre y así los nutrientes se vuelven disponibles para las plantas, favoreciendo su nutrición (Torres, 2010).

La movilización de nutrientes es un aspecto bastante estudiado. Los hongos tienen la capacidad para movilizar nutrientes como el nitrógeno y fosforo a partir de distintos sustratos biológicos, como nematodos muertos, micelio de otros hongos, colémbolos, polen. Estos procesos son realizados por grupos de hongos, resultando en ciclos de movilización-inmovilización de nitrógeno y fosforo a partir de micro y meso fauna y de material vegetal, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y su disponibilidad para las plantas. El incremento en

cuanto a la absorción de fosforo y el crecimiento de plantas se da a través de los hongos micorrícicos (Torres, 2010).

2.2.14. Hongos Micorrícicos en la agricultura

El crecimiento de los habitantes en el planeta tierra, tendencias en las dietas y el incremento del uso de biodiesel pone gran tensión sobre los sistemas de producción agrícolas. La aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados, que en ocasiones son lixiviados hacia el suelo son parte de estos sistemas. La contaminación del suelo y agua con estos residuos representa una amenaza principal para los sistemas acuáticos superficiales y subterráneos. Como por ejemplo la eutrofización o zonas muertas de sistemas acuáticos como lagos, ríos entre otros (Torres, 2010)

Los hongos micorrícicos son una alternativa efectiva para sistemas de producción en que se requiere impedir una mayor contaminación de los sistemas. Gran número de las plantas cultivadas son susceptibles a ser micorrizadas. Algunos reportes han demostrado la capacidad de los hongos para optimizar la obtención de nutrientes de suelo, así como calmar situación de estrés y la agresión de organismos patógenos. El uso de hongos micorrícicos en algunos cultivos agrícolas puede disminuir substancialmente la adición de fertilizantes y agentes de control químico, evitando la contaminación ambiental, sin afectar la productividad (Torres, 2010).

2.2.15. Plantas Trampa

El procedimiento de plantas trampa tiene la delantera de suministrar inoculo reciente, conteniendo una viable gama de especies representativas del hábitat muestreado lo cual es significativo en cuanto se refiere a zonas áridas en que se ha reportado baja o nula esporulación de algunas especies de hongos micorrícicos como un fenómeno habitual. Las plantas trampa, cuando su manejo está diseñado adecuadamente, representa un óptimo instrumento para razonar mejor el papel de los hongos micorrícicos y sus usos potenciales aplicados a cultivos de importancia económica (Torres, 2010).

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización

La presente investigación se realizó en el laboratorio e invernadero de Innovación Agrícola de la Fundación Maquita, ubicada en el km 3 vía Santo Domingo, del cantón Buena Fe de la provincia de los Ríos, sector Limones. Las coordenadas geográficas son 0°50'56.3" de latitud Sur y 79°29'21.5" de longitud occidental, a una altura promedio de 103 msnm (INHAMI, 2018).

3.2. Tipo de investigación

El proyecto de investigación se llevó a cabo siguiendo una metodología de tipo experimental. Se evaluaron a las micorrizas como bioindicador de la fertilidad del suelo realizando ensayos que determinaron su cantidad poblacional, evaluados en diferentes sistemas de producción de cacao: agroecológicos, mixtos y convencionales.

3.3. Métodos de investigación

Se empleó el método deductivo para alcanzar los objetivos planteados, partiendo de información de diferentes fuentes sobre los sistemas de siembras convencionales, agroecológicos y mixtos, para estudiar las micorrizas como bioindicador en la fertilidad de suelos cacaoteros.

3.4. Fuentes de recopilación de información

En el desarrollo del proyecto de investigación se priorizo que la información provenga de fuentes primarias y secundarias. La información primaria resultó de la observación directa a través de los datos registrados de las variables estudiadas, mientras que la información secundaria provino de aquella información situada en libros, revistas científicas, publicaciones en línea, proyectos de investigación similares, boletines divulgativos e internet. Esta información obtenida tuvo datos de investigaciones similares, para contrastas y corroborar los obtenidos en este presente proyecto

3.5. Materiales y equipos

3.5.1. Materiales del laboratorio

- Probetas
- Lamina cubre y porta objeto
- Vasos de precipitación
- Balanza
- Bisturí
- Cajas Petri
- Mandil
- Guantes
- Mascarilla
- Tamices
- Tubos centrifuga

3.5.2. Materiales de campo

- Macetas
- Regadera
- Machete
- Pala
- Barreno

3.5.3. Material de oficina

- Cuaderno
- Computador
- Lapiceros
- USB pendrive
- Marcador
- Resma de Hojas A4
- Impresora

- Pizarra

3.5.4. Equipos de laboratorio

- Autoclave 121 ºC – 20 PSI
- Microscopio óptico
- Estufa
- Refrigerador
- Baño de María

3.5.5. Reactivos e Insumo

- Muestras ambientales (suelos)
- Picón
- Semillas de sorgo y albaca
- Agua destilada
- Turba
- KOH al 10%
- HCL al 1%
- Glicerol acidificado
- Etanol al 50%
- Ácido láctico + Azul tripán
- Peróxido de hidrógeno
- Hidróxido de amonio
- Alcohol isopropílico
- Cloro
- Agua.

3.6. Diseño de la investigación

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3 x 3 en 3 repeticiones. Las variables registradas se sometieron al respectivo análisis de varianza (ADEVA). Las medias de tratamientos e interacciones se compararon mediante la prueba de

Tukey 0.05. Se utilizó el Infostat para el procesamiento estadístico. El esquema del ADEVA se lo indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Esquema del ADEVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Zonas de Buena Fe	2
Sistema de Producción	2
Interacción A x B	2
Error	74
Total	80

3.7. Instrumentos de investigación

3.7.1. Factores de estudio

Se estudiaron dos factores: Tres zonas de recolección de suelos en el Cantón "Buena Fe" y tres tipos de sistemas de producción.

Factor A (Zonas)

- **Z_1:** El Triunfo (altitud de 101 msnm, clima lluvioso tropical y temperatura promedio de 27°C en promedio, suelo franco arenoso-limoso)
- **Z_2:** Cuatro Mangas (altitud de 102 msnm, clima lluvioso tropical y temperatura promedio de 27°C, suelo arenoso-limoso)
- **Z_3:** El Congo (altitud de 98 msnm, clima lluvioso tropical y temperatura promedio de 27°C, suelo arenoso-limoso)

Factor B (Sistemas de producción)

- **Sp_1:** Agroecológico (se utilizan solo abonos orgánicos sin aplicación de pesticidas).
- **Sp_2:** Convencional (se utilizan abonos químicos, riego en verano y pesticidas).
- **Sp_3:** Mixto (se utilizan abonos orgánicos y químicos y eventualmente pesticidas)

Interacciones

Con la combinación de las zonas y los sistemas de producción se establecieron 9 tratamientos que se detallan a continuación:

- **Z_1Sp_1**: El Triunfo + Agroecológico
- **Z_1Sp_2**: El Triunfo + Convencional
- **Z_1Sp_3**: El Triunfo + Mixto
- **Z_2Sp_1**: Cuatro Mangas + Agroecológico
- **Z_2Sp_2**: Cuatro Mangas + Convencional
- **Z_2Sp_3**: Cuatro Mangas + Mixto
- **Z_3Sp_1**: El Congo + Agroecológico
- **Z_3Sp_2**: El Congo + Convencional
- **Z_3Sp_3**: El Congo + Mixto

3.8. Manejo del experimento

3.8.1. Determinación del porcentaje de raíces micorrizadas

3.8.1.1. Recolección de Muestras

Se recolectaron muestras de suelos de cada zona y cada sistema de producción de cacao (agroecológico, mixto y convencional) para el análisis físico-químico y para la determinación de la presencia de micorrizas.

Las muestras para determinar la presencia de micorrizas se secaron al ambiente bajo sombra, protegidas de los rayos solares por 5 días usando una cobertura de papel. Para la propagación de las micorrizas se utilizaron plantas trampas (Sorgo y Albaca) cuyas raíces serían colonizadas por el hongo. Para la preparación del sustrato en que crecieron se utilizó una mezcla física en una relación de 3: 3 y 3 equivalentes a tres partes de picón (piedras) tamizado a 3 mm y 5 mm obtenidos en el rio San Pablo del cantón La Maná esterilizados en autoclave a 90 ºC por 25 minutos sin presión, tres partes de turba y tres partes de tierra estéril (Comunicación personal de María del Carmen Jaizme Vega, ICIA).

Se sembró el sorgo y la albaca como plantas trampa para la colonización por las micorrizas a las cuales. Se añadió 50 cm^3 del inóculo (muestra de suelo seca) en 81 macetas. Estas se identificaron por zonas y sistemas de producción.

En el transcurso del crecimiento de las plantas se regó pasando 1 día y fertilizó con una solución nutritiva a base de las siguientes substancias: KNO_3; $CaNO_3$; $MgSO_4$; $MnSO_4$. Se utilizó un volumen de 60 cm^3 de esta solución 4 veces a la semana. Se esperó 3 meses para que las raíces de las plantas trampa sean colonizadas por micorrizas antes de proceder a realizar la tinción de raíces como condición para ser observadas en el microscopio.

Se dejaron a las plantas sin agua durante 13 días, luego se extrajo toda la planta y las raíces se separaron dejándolas a la intemperie 1 día para secarlas por completo antes de pesarlas para el registro del peso seco.

3.8.1.2. Tinción de raíces

Se utilizó la metodología descrita por (Koske & Gemma, 1989) con las siguientes modificaciones al protocolo:

1. Se conservaron las raíces en Etanol al 50% en tubos de ensayo
2. Se decantó el etanol y luego se aplicó el KOH al 2,5 %, se llevó a baño maría durante 1 hora a 70ºC, dejándolos al ambiente.
3. Se blanqueó en H_2O_2 alcalino durante 2 minutos.
4. Se enjuagó en agua
5. Se remojo las raíces en HCL al 1% se dejó a baño maría durante 1 hora a 70ºC, dejándolos al ambiente
6. Se tiñeron las raíces en Glicerol Acidificado+ Trypan Blue a baño maría durante 1 hora a 70ºC dejándolas al ambiente
7. Se destiñeron las raíces con Glicerol acidificado para quitar el intenso azul

Para la tinción se ubicaron 10 raicillas en un portaobjeto, se agregó una gota de ácido láctico antes de proceder a la observación de las raíces. Este procedimiento se lo repitió dos veces por tratamiento. Para determinar el porcentaje de presencia de las micorrizas inoculadas se definió una escala arbitraria. Los resultados de su aplicación se muestran en la Tabla 3. (Bagyaraj & Stürmer, 2006).

Tabla 3. Escala arbitraria de Presencia y Ausencia - Intensidad de colonización

RAÍCES	TRATAMIENTO	REPETICIÓN	PRESENCIA-AUSENCIA	INTENSIDAD DE COLONIZACIÓN
1	T1	R1	3	3
2	T1	R1	3	2
3	T1	R1	1	1
4	T1	R1	3	2
5	T1	R1	1	1
6	T1	R1	3	3
7	T1	R1	3	3
8	T1	R1	1	1
9	T1	R1	1	1
10	T1	R1	3	2

ALTO	100 %	3
BAJO	>50%	2
NULO	<50 %	1
PRESENCIA	3	
AUSENCIA	1	

3.8.2. Determinación del nivel de biofertilidad

3.8.2.1. Diagrama Radial

Se realizó un diagrama radial relacionando los resultados del análisis físico-químico de las muestras de suelos y la colonización radicular en función de la presencia o ausencia de micorrizas.

3.8.2.2. Tabla arbitraria de los requerimientos nutricionales para suelos en el cultivo de Cacao

Se realizó una interpretación para cada uno de los resultados del análisis fisicoquímico de los suelos en estudio, dándole valores en referencia a los parámetros ideales para suelos de Cacao (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros ideales de Requerimientos nutricionales para suelos en el cultivo de Cacao.

	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
5. Exceso	mayor a 0.35	mayor a 12	mayor a 256	mayor a 1500	mayor a 500
4. Alta	0.15 a 0.35	9 a 12	156 a 256	1000 a 1500	243 a 500
3. media	0.2 a 0.15	5 a 8	78 a 156	800 a 1000	121.5 a 243
2. baja	0.05 a 0.2	2 a 4	56 a 78	500 a 800	80 a 121.5
1. deficiencia	menor a 0.05	menor a 2	menor a 56	menor a 500	menor a 80

(INIAP, 2016)

	pH	C.I.C (cmol/kg)	M.O	Colonización de micorrizas (%)
5. Exceso	mayor a 7.5	mayor a 45	Mayor a 7	80 a 100
4. Alta	6.5 a 7.5	36 a 45	5 a 7	60 a 80
3. media	5.5 a 6.5	21 a 35	3.1 - 5	40 a 60
2. baja	4.5 a 5.5	11 a 20	2 a 3.1	20 a 40
1. deficiencia	menor a 4.5	menor a 10	menor a 2	0 a 20

(INIAP, 2016)

3.8.3. Fertilidad de los suelos asociados a los diferentes tipos de producción

Se tomaron muestras de suelo de un cultivo de cacao a una profundidad de 30 cm en la cercanía de tres plantas al azar por cada zona y sistema de producción. Las muestras fueron sometidas a un análisis físico-químico realizado en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Se hicieron determinaciones de: pH, CE, Bases cambiables, CEC, EC, MO, N, P, K, Ca, Mg.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de raíces micorrizadas asociadas a diferentes tipos de producción en tres zonas agroecológicas.

En la Figura 1 se observan los resultados de la evaluación del uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad del suelo. La colonización de las raíces con la mayor proporción de micorrizas (77%) ocurrió en las plantas sembradas en el suelo de la zona de Cuatro Mangas en el sistema agroecológico, seguido por el mismo sistema en las zonas del Triunfo y El Congo que son estadísticamente diferentes al primero. A su vez la colonización con micorrizas en El triunfo con el sistema agroecológico es estadísticamente diferente al resto de tratamientos mixtos y convencionales. En el Gráfico 1 se visualiza el comportamiento de la colonización de las raíces por micorrizas en el laboratorio.

Gráfico 1. Presencia porcentual de micorrizas en suelos de distintos sistemas de producción de cacao.

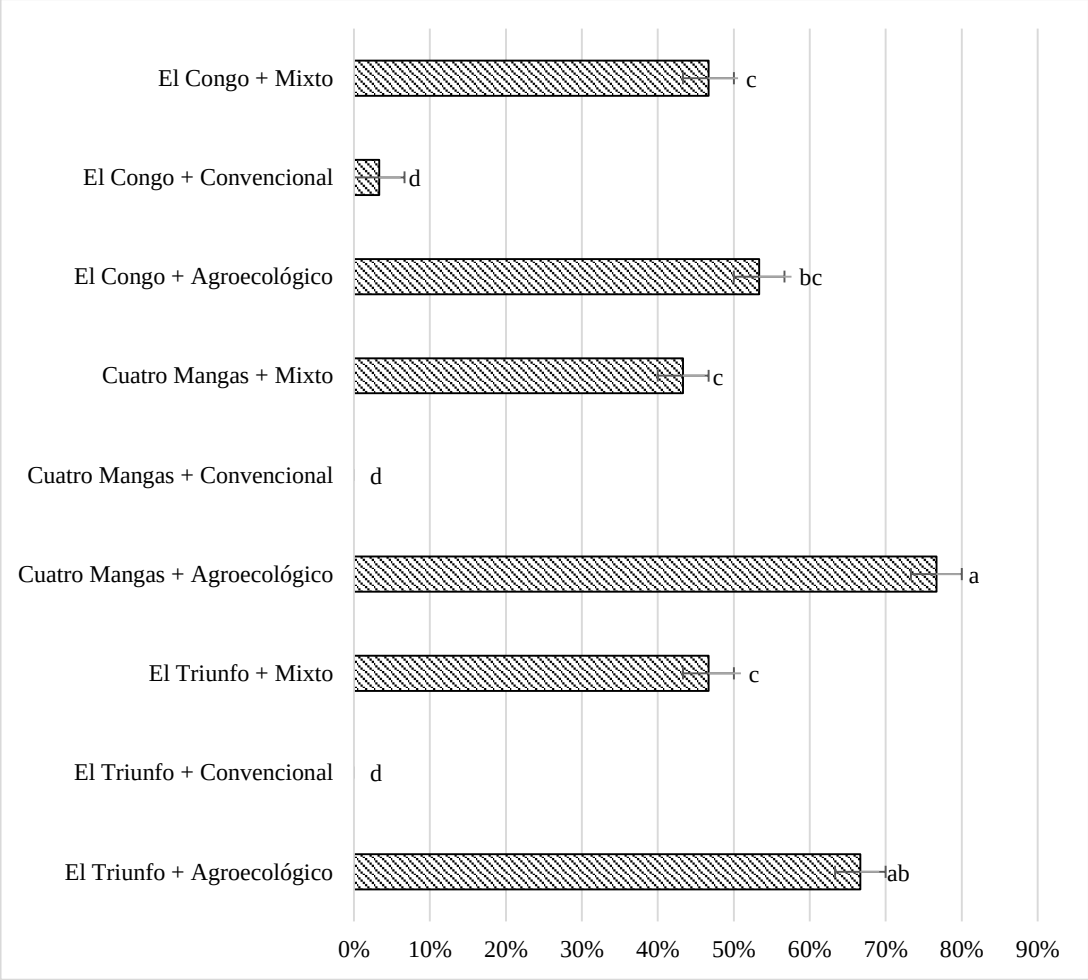
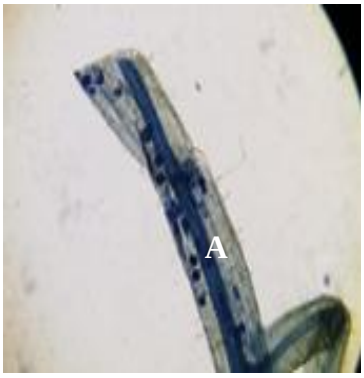
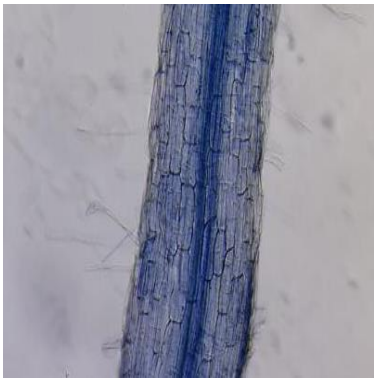
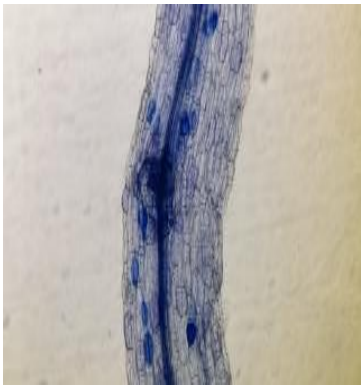
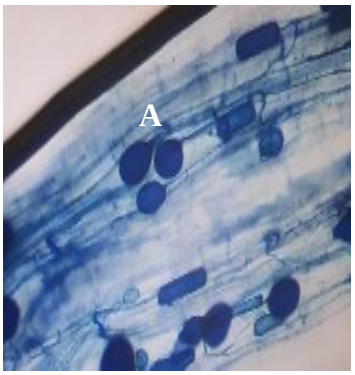
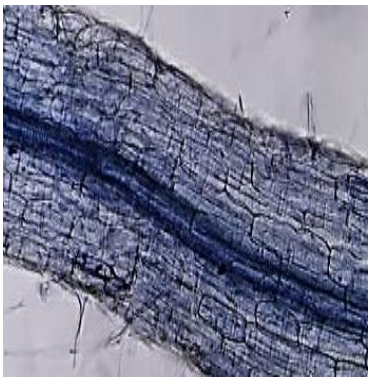
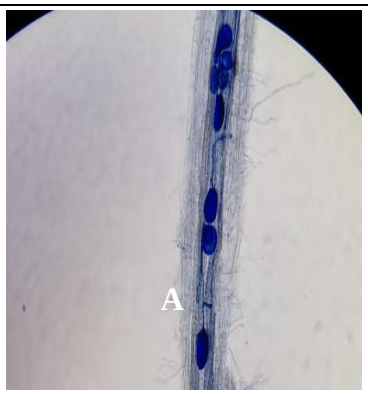
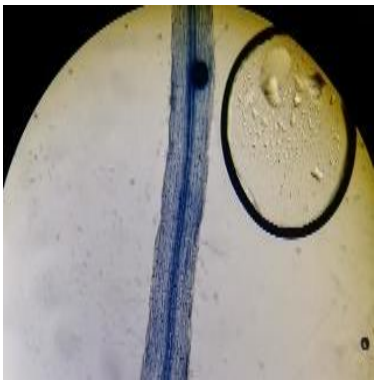
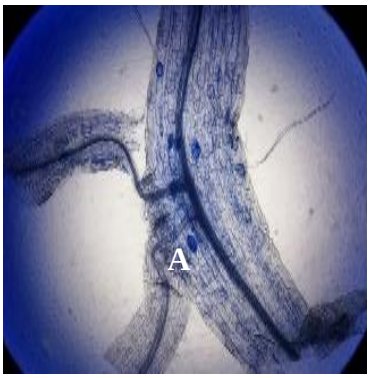


Figura 1. Colonizacion de Micorrizas. **A.** Presencia de Estructuras morfologicas (micorrizas)

		
El Triunfo + Agroecológico	El Triunfo + Convencional	El Triunfo + Mixto
		
Cuatro Mangas + Agroecológico	Cuatro Mangas + Convencional	Cuatro Mangas + Mixto
		
El Congo + Agroecológico	El Congo + Convencional	El Congo + Mixto

4.2. Fertilidad de los suelos asociados a tres sistemas de producción.

Según la Tabla 5, el suelo del sistema agroecológico de la zona de Cuatro Mangas presente el más alto porcentaje de nitrógeno total (0.24%), mientras que los suelos del sistema convencional y mixto en la zona del Triunfo muestran los más bajos porcentajes de nitrógeno. El resto de sistemas en las distintas zonas revelan valores intermedios entre ambos extremos.

Los sistemas agroecológicos en Cuatro Mangas y el Congo presentan los niveles más altos de fósforo (10.3ppm y 11.3pmm). El sistema convencional en el Triunfo es el que muestra el contenido más bajo de fósforo (5.8 ppm). Todos los demás sistemas en las distintas zonas presentan valores intermedios entre estos extremos

El más alto contenido de potasio corresponde al sistema convencional en el Triunfo (239.94 ppm) y el más bajo en el sistema agroecológico (100.31ppm) en la misma zona. Los otros sistemas en las demás zonas presente contenidos intermedios para este nutriente.

El sistema agroecológico de la Zona del Triunfo evidencia el más alto contenido de calcio con (1515.78 ppm) mientras que el más bajo al sistema mixto de la misma zona (1004.5 ppm). En el suelo de las otras combinaciones zona-sistema los valores de K son intermedios.

El contenido de magnesio más alto se encuentra en la zona del Congo con un sistema de producción mixto con (196.09) y el más bajo lo obtiene el sistema mixto del Triunfo con (96.38 ppm), el resto de sistemas en las distintas zonas revelan valores intermedios entre ambos extremos.

El sistema mixto perteneciente al Congo contiene (10.19 cmol/kg) siendo el contenido más alto y el más bajo corresponde al Triunfo del sistema mixto con (6.67 cmol/kg). Todos los demás sistemas en las distintas zonas presentan valores intermedios entre estos extremos.

El suelo del sistema mixto de la zona de Cuatro Mangas presente el más alto contenido de materia orgánica (M.O) con 6.91 %. El sistema convencional de Cuatro Mangas es el que

muestra el valor más bajo (4.29%). En el suelo de las otras combinaciones zona-sistema los valores de M.O son intermedios entre ambos extremos.

El pH en todos los suelos es ligeramente ácido en todas las zonas y sistemas de producción ideal para la producción del cacao.

Tabla 5. Resultados del análisis de suelos tomados de tres sistemas de producción de cacao en distintas zonas cacaoteras

Zonas y Sistemas de Producción	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Ph	C.E.C (cmol/kg)	M.O (%)	E.C (µS/cm)	Tex
El Triunfo + Agroecológico	0.14 M	9.2 A	100.31 B	1515.7 8 E	160.99 M	6.79 A	10.13 B	5.81 A	43.24	ArL
El Triunfo + Convencional	0.09 M	5.8 M	239.94 A	1220.16 A	130.27 M	6.71 A	8.36 D	5.0 M	38.2	ArL
El Triunfo + Mixto	0.09 M	7.2 M	106.5 M	1004.5 A	96.38 B	6.5 M	6.67 D	5.17 A	33.92	F-ArL
Cuatro Mangas + Agroecológico	0.24 A	10.3 A	107.65 M	1277.43 A	115.46 B	6.51 M	10.5 B	5.82 A	50.76	ArL
Cuatro Mangas + Convencional	0.16 A	6.4 M	178.08 A	1349.31 A	152.38 M	6.62 A	9.5 D	4.29 M	53.87	F-ArL
Cuatro Mangas + Mixto	0.14 M	8.0 M	139.04 M	1485.3 A	121.59 M	6.34 M	9.37 D	6.91 A	41.54	ArL
El Congo + Agroecológico	0.14 M	11.2 A	155.2 M	1048.52 A	128.75 M	6.4 M	7.52 D	5.77 A	49.26	ArL
El Congo + Convencional	0.17 A	7.1 M	107.65 M	1277.43 A	115.46 B	6.51 M	7.96 D	5.82 A	50.76	ArL
El Congo + Mixto	0.15 M	8.2 M	142.24 M	1374.88 A	196.09 M	6.92 A	10.19 B	5.82 A	50.76	ArL

N: Nitrógeno**; P:** Fósforo**; K:** Potasio**; Ca:** Calcio**; Mg:** Magnesio**; pH**: porcentaje de Hidrogeno**; C.E.C:** capacidad de intercambio catiónico**; M.O:** Materia orgánica**; E.C:** conductividad eléctrica**; Tex:** Textura**.**

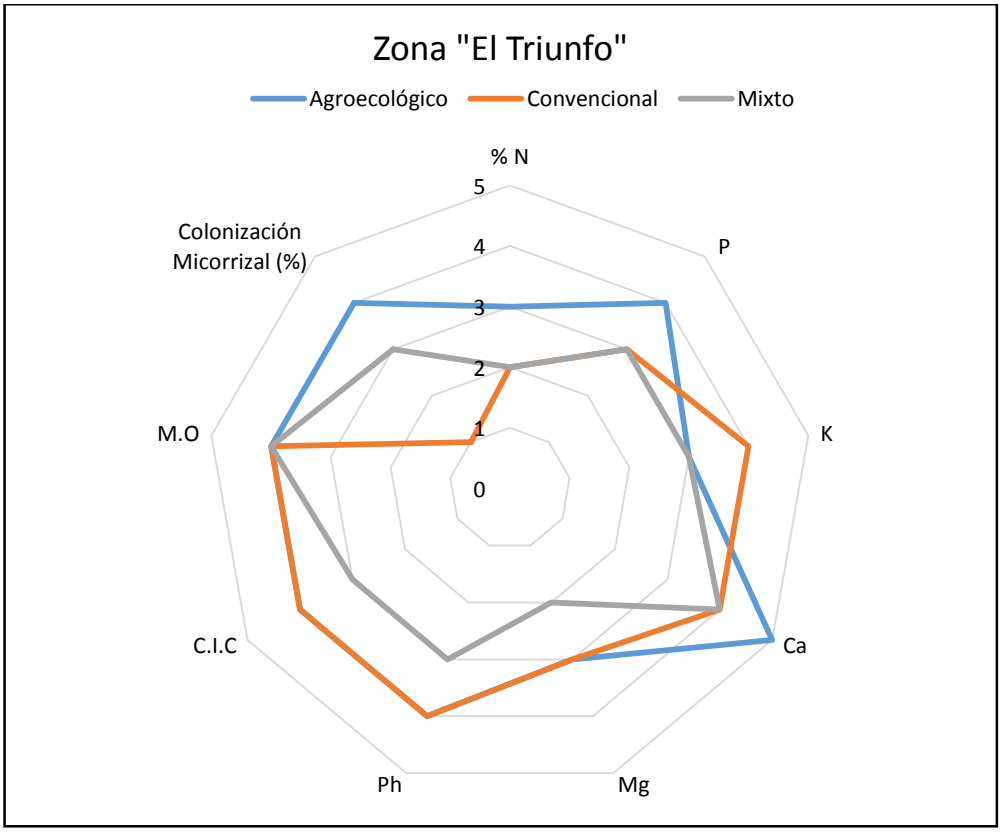
4.3. Nivel de biofertilidad en función de la presencia o no de micorrizas en suelos de sistemas de producción agroecológico, mixto y convencional en distintas zonas.

4.3.1. Zona El Triunfo

Según la Figura 2 el sistema de producción agroecológico muestra valores más favorables para la productividad del suelo en relación con las variables: colonización micorrizal, M.O, C.I.C, % de N, K, P, Mg, pH, disponibilidad de Ca, obteniendo una puntuación promedio alta de 3.7 según la escala de parámetros ideales (Tabla 2) para describir y valorar la fertilidad del suelo.

Los sistemas de producción convencional y mixto alcanzaron puntuaciones de 3.2 y 3 respectivamente de las variables en estudio.

Figura 2. Diagrama radial de la zona El Triunfo para parámetros de fertilidad del suelo y la presencia de micorrizas en sistemas de producción de cacao.

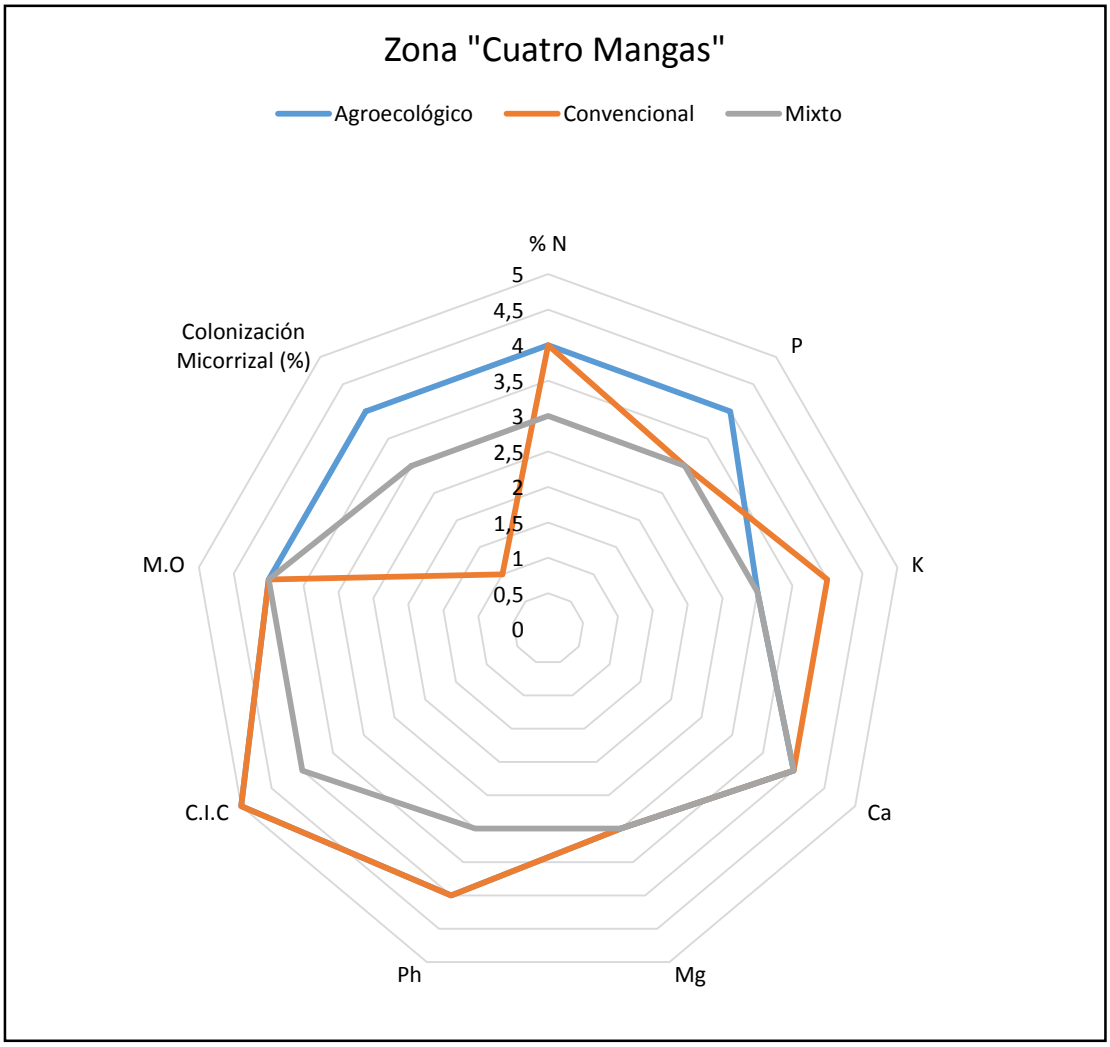


4.3.2. Zona Cuatro Mangas

Los resultados de la Figura 3 muestran los valores del sistema de producción agroecológico para las variables: colonización micorrizal, M.O, % de N, Ca, K, Mg, P y pH, un exceso en la cantidad de C.I.C. Integrando estos valores este sistema obtiene una puntuación alta con un promedio de 3.8 según la escala de parámetros ideales (Tabla 2) para describir y evaluar la biofertilidad del suelo.

Los sistemas de producción convencional y mixto alcanzaron puntuaciones de 3.5 y 3.3 respectivamente de las nueve variables en estudio.

Figura 3. Diagrama radial de la zona Cuatro Mangas para parámetros de fertilidad del suelo y la presencia de micorrizas en sistemas de producción de cacao.

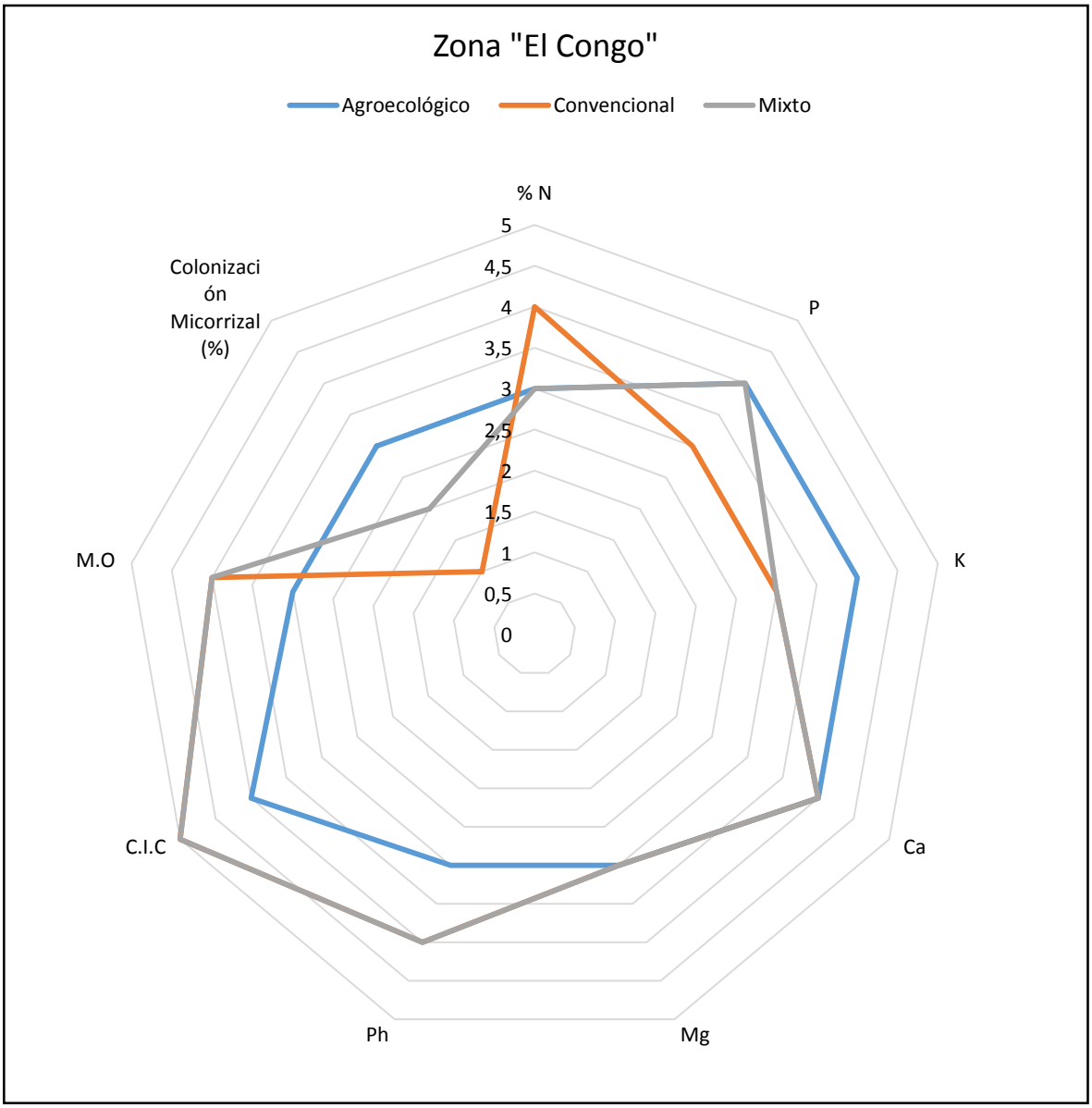


4.3.3. Zona El Congo

La Figura 4 muestra los valores del sistema de producción mixto para las variables: colonización micorrizal, M.O, % de N, Ca, K, Mg, P, C.I.C y pH. La integración de estos valores obtiene una puntuación alta con un promedio de 3.5 según la escala de parámetros ideales (Tabla 2) para evaluar la biofertilidad del suelo.

Los sistemas de producción mixto y agroecológico alcanzaron ambos la puntuación de 3.4.

Figura 4 Diagrama radial de la zona El Congo para parámetros de fertilidad del suelo y la presencia de micorrizas en sistemas de producción de cacao.



4.4. Discusión

De acuerdo al primer objetico que se estableció la relación de fertilidad de suelos con la presencia de micorrizas en diferentes sistemas de producción de cacao, el cual la obtuvo la zona de Cuatro Mangas que presento mayor colonización porcentual de micorrizas, y dando como resultado gran cantidad de carga nutricional, debido al sistema que es agroecológico se encuentra una alta vida microbiana en esos suelos como lo indica Altieri (2007) de acuerdo a sus trabajos realizadoss en suelos agroecologicos.

Los resultados obtenidos en este experimento indican que los sistemas agroecológicos a las micorrizas se las encuentran de manera natural en su hábitat, donde los sistemas agroecológicos obtuvieron porcentajes de colonización aceptables en los suelos como resultado fue en la zona de Cuatro Mangas, la zona de El Triunfo con y la zona del Congo. Aunque no hubo diferencias significativas en la presencia de micorrizas entre los sistemas de producción convencionales en las diferentes zonas la colonización fue nula. Coincidiendo con lo indicado por Altieri (2007) el cual indica que las estrategias de diversificación agroecológica tienden a incrementar la biodiversidad funcional de los agroecossitemas: una colección de organismos que juegan papeles ecológicos claves en el agroecosistemas.

En los resultados de los sistemas agroecológicos hubo diferencia en cuanto a la colonización siendo los tres del mismo sistema de producción y esto puede ser a causa del manejo que lleve cada agricultor en su finca, como por ejemplo las frecuencias de deshierbes y fertilizaciones , a las podas pertinentes entre otras como lo indica Cruz (2012) que los sistemas de producción agroecológica tienen mayor vida microbiana a diferencia de los convencionales que por el alto consumo de agroquímicos se disminuye.

La inoculación de las plantas con especies efectivas de hongos micorrízicos arbusculares provoca un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes, ya sea por interceptación, flujo de masa o difusión, lo cual influye positivamente en el incremento de la biomasa y los rendimientos de las plantas micorrizadas Cruz (2012).

En los parámetros de fertilidad medidos, los suelos bajo cultivos convencional, presentan en general, valores significativamente inferiores al resto de tratamientos, donde con un

sistema de producción agroecológico se logran parámetros nutricionales ideales para el cultivo, obteniendo un niveles de P elevados, como lo muestra el trabajo realizado donde los sistemas agroecológicos en Cuatro Mangas y el Congo presentan los niveles más altos de fósforo coincidiendo con estudios realizados con Cardoso y Kuyper (2006) los cuales afirman que los suelos del trópico suelen ser deficientes en P, y una alternativa para aprovechar lo poco que hay, dentro de un programa de sostenibilidad y que conlleva una alteración íntima del medio edáfico, es el uso de hongos formadores de micorrizas, así mismo el investigador de CINVESTAV Goldense (2015) concluyó que las micorrizas o igualan o amplían los rendimientos hasta 70%. De manera correspondiente, se redujo la necesidad de aplicaciones de fertilizantes a base de fósforo hasta 50% menos.

La zona de El Triunfo con un sistema de producción agroecológico alcanzó niveles nutricionales ideales para el cultivo de cacao, lo cual se le atribuye a la presencia colonias de micorrizales. Respecto a lo anterior, García y Torres (2014) quienes manifiestan que las micorrizas colonizan volúmenes de suelo y absorben nutrientes necesarios para el cultivo obteniendo contenido de nutrientes óptimos en el suelo y planta,

La aplicación de micorrizas en suelos provenientes de la zona de Cuatro Mangas evidenciaron un mayor volumen, lo cual coincide con el estudio de García y Torres (2014) indicando que el efecto benéfico de la simbiosis hongo-planta incrementa la extensión y el volumen del sistema de raíces, así como de las hifas de los hongos, permiten una mayor retención física de las partículas de suelo.

La zona Cuatro Mangas con un sistema de producción agroecológico en donde se encontraron colonizaciones de micorrizas registraron un mayor desarrollo de altura de planta evidenciando lo escrito por Cruz (2012) el cual define que las plantas en sistemas agrícolas micorrizados eficientemente, logran un mejor funcionamiento de la simbiosis micorrízica, tienen un mayor crecimiento y aumentan sus rendimientos, en comparación a aquellas plantas que no fueron inoculadas.

La potencialidad de estos hongos como bioindicadores reside en ser un grupo suficientemente pequeño como para ser manejable. Además de incluir miembros distribuidos en cualquier ambiente así como otros más particulares. Los datos aportados en

este trabajo indican que los hongos micorricicos (medidos a través de una o varias de sus estructuras), pueden ser buenos indicadores en nuestras condiciones. Esto coincide con las conclusiones de Dodd y Boddington (2011) que indican que la fertilidad de suelos se determina también de acuerdo a sus aspectos biológicos e interacciones microbianas en el sistema suelo.

Asi mismo Guerra (2007) indica que el uso práctico de las micorrizas en cultivos tropicales va encaminada a obtener una productividad sostenida y a establecer prácticas ecológicas que podríamos clasificar como amigables para el medio ambiente.

En base al estudio realizado, se podría concluir que los sistemas de producción en relación al porcentaje de micorrizas permiten definir sistemas sostenibles para el cultivo de diferentes especies de interés comercial, aplicando nuevas técnicas de diagnóstico de fertilidad. Además de establecer un nuevo parámetro de medida de biofertilidad de suelos y medir el efecto de los procesos agroecológicos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El mayor porcentaje de raíces micorrizadas se evidenció en el suelo de la zona de Cuatro Mangas bajo el sistema de producción agroecológica con un porcentaje del 77%, seguido por la zona de El triunfo con el mismo sistema.

- Bajo el sistema de producción agroecológica el suelo de la zona de Cuatro mangas reúne parámetros que vistos de manera integral demuestran su mayor nivel de fertilidad con (0.24%) de N, (10.3ppm) de P, (107.65ppm) de K, (1277.43ppm) de Ca, un pH de 6.51 y materia orgánica con 5.82%., seguido por la zona del Triunfo en el sistema agroecológico.

- El mayor nivel de biofertilidad basado en la presencia e infección de las raíces de plantas trampas por micorrizas consiguiendo una puntuación alta con un promedio de 3.8 según la escala de parámetros ideales., corresponde al suelo de la zona de Cuatro Mangas seguido por la zona del Triunfo bajo el mismo sistema.

5.2. Recomendaciones

- Realizar la identificación morfológica y molecular de las micorrizas encontradas en los suelos de las zonas de estudio bajo el sistema agroecológico. Se identificaría que especies fueron obtenidas en las muestras de suelo, donde la fertilidad alcanzo parámetros aceptables y alta colonización micorricica que ayudo al enraizamiento, peso y altura en las plantas trampas.

- Efectuar estudios similares en otras zonas pertenecientes al cantón Buena Fe identificando para identificar la relación entre micorrizas y fertilidad

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. BIBLIOGRAFÍA

Andrade, A. (2010). *Micorrizas: antigua interaccion entre plantas y hongos*, 7 p. Veracruz, Mexico. Recuperado el 20 de agosto de 2018, de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS.pdf

ANECACAO. (2018). En cifras, exportaciones de cacao ecuatoriano en 2018. 23.

Bagyaraj, J., & Stürmer, S. (2006). Hongos micorrizógenos arbusculares. *MANUAL DE BIOLOGIA DE SUELOS TROPICALES*, 217-241.

Blancof, F. A., & Salas, E. A. (1997). Micorrizas y nutricion mineral. *Micorrizas en la agricultura: Contexto mundial e investigacion realizada en Costa Rica*. Costa Rica. Obtenido de http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Micorrizas%20y%20nutricion%20mineral.pdf

Cardoso, & Kuyper. (2006). Mycorrhizas an tropical soil fertiliti. *Agriculture, Ecosystms and Environment*, 72-84.

Collins. (2019). *Collins dictionary*. Recuperado el 12 de 11 de 2018, de www.collinsdictionary.com: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/mycorrhiza

Consentino, M. (2015). Marco del año internacional del suelo. Buenos Aires. Recuperado el 27 de enero de 2019, de http://www.aapresid.org.ar/blog/tag/2015/

Cruz, Y. (2012). Influencia de la micorrizas arbusculares en combinación con diferentes dosis de fertilizante de origen mineral en algunas características morfológicas de las plántulas de tabaco. *Cultivos Tropicales*.

FAO. (2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.* Obtenido de www.fao.org: http://www.fao.org/docrep/pdf/010/i0112s/i0112s07.pdf

FAO. (2015). Nota de Análisis Sectorial Agricultura y Desarrollo Social. *ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN – ROMA DIRECCIÓN DEL CENTRO DE INVERSIONES*. Obtenido de investment-Centre@fao.org

Flores. (27 de Mayo de 2007). Auge Cacaotero en la Provincia de Los Ríos. *Cocoa Beans From Ecuador*, 21.

García, J., & Torres, A. (2014). Valoración agroecológica de las micorrizas vesículo arbúsculares. *Revista Científica AVANCES*, 354.

Gillaspy, R. (2019). *study.com*. Recuperado el 12 de 11 de 2018, de https://study.com/academy/lesson/what-is-soil-definition-structure-types.html

Goldense, D. (2015). Micorrizas reducen alicaciones de fósforo hasta 50%. *Hortalizas*.

Guerra, B. (2007). Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en marcha*, 1991-201.

Guerrero. (2014). El Cacao ecuatoriano su historia empezó antes del siglo XV. Obtenido de http://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html

Honrubia, M. (2009). *Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años, 66S1: 133-144*. Murcia, España: Universsidad de Murcia. doi:10.3989/ajbm.2226

Howard, O. (2001). *www.unicamp.br*. Obtenido de http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/esp/esp-18.htm

IVIC. (09 de Junio de 2014). *vevo.site*. (I. V. Cientificos, Editor) Obtenido de https://vevo.site/video/JLtQL9EGEp0/las-micorrizas.html

Jaramillo, D. (2002). La biota del suelo. *Introduccion a las ciencias del suelo*. Medellin, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf

Koske, & Gemma. (1989). A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research, vol. 92*, 486-505.

MAE. (2015). *Environment-Ecology: Medio Ambiente y Ecologia*. Recuperado el 12 de 11 de 2018, de www.environment-ecology.com: http://environment-ecology.com/what-is-ecology/296-what-is-agroecology.html

Martin, G. M., & Rivera, R. (2015). Influencia de la inoculacion micorricica en los abonos verdes.Efecto sobre el cultivo principal.Estudio de caso: El maiz. *Cultivos Tropicales, 36*, 34-50. Recuperado el 20 de agosto de 2018, de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243640004

Torres, R. (2010). *Hongos micorrízicos asociados a Solanum hindsianum*, 59 p. Ensenada, Baja California, Mexico: Centro de Investigacion Cientifica y de Educacion Superior de Ensenada, Baja California. Recuperado el 18 de agosto de 2018, de https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2067/1/VERSION%20FINAL%20TESIS%20MONTANA%20copy.enpdf.pdf

Vaca. (2018). Análisis de los beneficios socioeconómicos percibidos por los agricultores familiares campesinos productores y comercializadores de papa orgánica en la feria agroecológica del “Mercado La Floresta” en la ciudad de Quito. 137. Recuperado el 12 de marzo de 2019

Vargas, R. (17 de Noviembre de 2010). Indicadores Biologicos Para la Evaluacion de la Calidad de los Suelos. *Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo*. Santo

Domingo, Ecuador. Obtenido de http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/2.-Rogelio-Nogales.-Indicadores-biologicos.pdf

INHAMI. (2018). Coordenadas geográficas del cantón Buena Fé.

Wall, L. G. (2016). *Horizonte A.* Obtenido de horizonteadigital.com: http://horizonteadigital.com/sobre-la-biofertilidad-de-los-suelos-y-el-poder-del-manejo-agricola-luis-gabriel-wall/

Willis. (2013). The Ecology of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Plant Sciences, 32*, 1-20. doi:10.1080/07352689.2012.683375

Zhan. (2006). Soil quality: concept,indicators and its assessment. *CNKI*. Obtenido de http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-STXB200603035.htm

CAPÍTULO VII.

ANEXOS

Anexo 1. Altura de Planta (Sorgo)

En la Tabla 6 se presentan los promedios correspondientes a la altura de planta del sorgo, las zonas, tratamientos e interacciones presentaron significancia estadística, presentando un coeficiente de variación de 2.44%. La zona de Cuatro Mangas presentó la mayor altura de planta alcanzando un valor de 108.07 cm estadísticamente superior a las demás zonas, siendo El Congo el que presentó el menor valor con 103.71 cm. El tratamiento con el sistema de producción Agroecológico alcanzó el mayor promedio de altura de planta con 125.54 cm superior a los demás que alcanzaron promedios que oscilan entre 110.41 y 88.52 correspondientes al sistema de producción convencional y mixto. Entre las interacciones, la zona de Cuatro Mangas con un sistema de producción agroecológico registró el mayor valor de altura de planta con un promedio de 113.11cm, estadísticamente superior a las demás interacciones con promedios que oscilan entre 125.55 a 86.22 siendo la zona de El Triunfo con un sistema de producción convencional el de menor altura de planta con 84.5 cm.

Tabla 6. Altura de planta (Sorgo) en el uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos.

Tratamientos		Altura de Planta (cm)
Zonas		
Z_1	El Triunfo	108.07 b
Z_2	Cuatro Mangas	112.69 a
Z_3	El Congo	103.71 c
Sistemas de Producción		
Sp_1	Agroecológico	125.54 a
Sp_2	Convencional	88.52 c
Sp_3	Mixto	110.41 b
Interacciones		
Z_1Sp_1	El Triunfo + Agroecológico	125.55 b
Z_1Sp_2	El Triunfo + Convencional	84.5 e
Z_1Sp_3	El Triunfo + Mixto	114.16 c
Z_2Sp_1	Cuatro Mangas + Agroecológico	133.11 a
Z_2Sp_2	Cuatro Mangas + Convencional	86.22 e
Z_2Sp_3	Cuatro Mangas + Mixto	118.72 bc
Z_3Sp_1	El Congo + Agroecológico	117.94 c
Z_3Sp_2	El Congo + Convencional	94.84 d
Z_3Sp_3	El Congo + Mixto	98.34 d
Promedio		108.15
C.V %		2.44

Promedios con las mismas letras en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

Anexo 2. Altura de Planta (Albaca)

La Tabla 7 presenta los promedios correspondientes a la altura de planta de la albaca, las zonas, tratamientos e interacciones presentaron significancia estadística, presentando un coeficiente de variación de 7.86 %. La zona de El Congo evidenció los mayores promedios en altura de planta presentando valores de 18.42 cm siendo estadísticamente superior a las demás zonas, se registró el menor promedio de altura de planta en la zona de El Triunfo con 16.67 cm. Los suelos tratados con el sistema de producción Agroecológico registraron los mayores promedios de altura de planta con 23.81cm, superiores a los demás sistemas de producción que alcanzaron promedios que oscilan entre 11.41 a 18 correspondientes al sistema de producción convencional y mixto. La zona de Cuatro Mangas con un sistema de producción agroecológico registró el mayor valor de altura de planta con un promedio de 25.67 cm, estadísticamente igual la zona de El Congo con un sistema de producción agroecológica que alcanzó promedios de 24.11cm superiores a los demás tratamientos que alcanzaron promedios que oscilaron entre 21.67 a 10.56 cm.

Tabla 7. Altura de planta (Albaca) en el uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos.

N°	Tratamiento	Altura de Planta (cm)	
Zonas			
Z_1	El Triunfo	16.67	b
Z_2	Cuatro Mangas	18.13	ab
Z_3	El Congo	18.42	a
Sistemas de Producción			
Sp_1	Agroecológico	23.81	a
Sp_2	Convencional	11.41	c
Sp_3	Mixto	18	b
Interacciones			
Z_1Sp_1	El Triunfo + Agroecológico	21.67	bc
Z_1Sp_2	El Triunfo + Convencional	12	e
Z_1Sp_3	El Triunfo + Mixto	16.33	d
Z_2Sp_1	Cuatro Mangas + Agroecológico	25.67	a
Z_2Sp_2	Cuatro Mangas + Convencional	10.56	e
Z_2Sp_3	Cuatro Mangas + Mixto	18.17	cd
Z_3Sp_1	El Congo + Agroecológico	24.11	ab
Z_3Sp_2	El Congo + Convencional	11.66	e
Z_3Sp_3	El Congo + Mixto	19.5	cd
Promedio		17.74	
C.V %		7.86	

*Promedio de las mismas letras en cada grupo de datos no defieren estadisticamente según la prueba de tukey al 95% de probabilidad.

Anexo 3. Peso total de raíces

Los promedios de acuerdo al peso total de las raíces del sorgo y la albaca se encuentran en la Tabla 8, según el análisis de varianza los sistemas de producción e interacciones reflejaron significancia estadística, no así en las zonas, logrando un coeficiente de variación de 4.57%. Las Zonas evaluadas no presentaron diferencias estadísticas, pero sí numéricas siendo la zona de Cuatro Mangas la que obtuvo el mayor promedio de peso total de raíces con un valor de 61.08 g. A continuación, el sistema de producción agroecológico registró el mayor peso total de raíces con un valor promedio de 77.37g estadísticamente superior a las demás que alcanzaron valores que oscilan entre 58.86 y 58.20 correspondientes a los sistemas convencional y mixto. Posteriormente en el análisis de las interacciones se reflejó variabilidad entre los tratamientos, registrando en la zona de Cuatro Mangas y El Triunfo con un sistema de producción agroecológica los mayores promedios de peso total de raíces con valores de 78.68 y 77.37 gramos correspondientemente estadísticamente iguales y superiores a las demás interacciones que registraron promedios que oscilan entre 70.6 a 43.03 gramos.

Tabla 8. Peso total de raices en el uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos.

N°	Tratamiento	Peso Total de Raíces (g)
Zonas		
Z_1	El Triunfo	58.86 a
Z_2	Cuatro Mangas	61.08 a
Z_3	El Congo	58.20 a
Sistemas de Producción		
Sp_1	Agroecológico	77.37 a
Sp_2	Convencional	46.16 c
Sp_3	Mixto	54.61 b
Interacciones		
Z_1Sp_1	El Triunfo + Agroecológico	78.68 a
Z_1Sp_2	El Triunfo + Convencional	43.17 d
Z_1Sp_3	El Triunfo + Mixto	54.73 c
Z_2Sp_1	Cuatro Mangas + Agroecológico	82.83 a
Z_2Sp_2	Cuatro Mangas + Convencional	43.03 d
Z_2Sp_3	Cuatro Mangas + Mixto	57.37 c
Z_3Sp_1	El Congo + Agroecológico	70.6 b
Z_3Sp_2	El Congo + Convencional	52.27 c
Z_3Sp_3	El Congo + Mixto	51.73 c
Promedio		59.38
C.V %		4.57

* Promedios con las mismas letras en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la Prueba de tukey al 95% de probabilidad

Anexo 4. Volumen de raíces

En la Tabla 9 se presentan los promedios correspondientes al volumen de las raíces, las zonas, tratamientos e interacciones presentaron significancia estadística, presentando un coeficiente de variación de 5.93 %. La zona de Cuatro Mangas se evidenciaron los mayores promedios el volumen de las raíces presentando valores de 411.11cc estadísticamente igual a la zona de El Congo con 366.67 cc, siendo la zona de El triunfo la que registró el menor promedio con 388.89 cc. Los suelos tratados con el sistema de producción Agroecológico registraron los mayores promedios de volumen de raíces con 488.89 cc, superiores a los demás sistemas de producción que alcanzaron promedios que oscilan entre 363.89cc a 313.89 correspondientes al sistema de producción mixto y convencional. La zona de Cuatro Mangas y El Triunfo con un sistema de producción agroecológico registraron los mayores promedios de volumen de raíces con promedios de 516.67 y 500 cc, estadísticamente superiores a los demás, siendo la zona de El Triunfo con un sistema de producción convencional la que registró el menor promedio con 300 cc.

Tabla 9. Volumen de raices en el uso de micorrizas como bioindicador de la fertilidad de suelos en sistemas de producción de cacao del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos.

N°	Tratamiento	Volumen de Raíces (cc)	
Zonas			
Z_1	El Triunfo	388,89	ab
Z_2	Cuatro Mangas	411,11	a
Z_3	El Congo	366,67	ab
Sistemas de Producción			
Sp_1	Agroecológico	488,89	a
Sp_2	Convencional	313,89	b
Sp_3	Mixto	363,89	c
Interacciones			
Z_1Sp_1	El Triunfo + Agroecológico	500	ab
Z_1Sp_2	El Triunfo + Convencional	300	f
Z_1Sp_3	El Triunfo + Mixto	366,67	de
Z_2Sp_1	Cuatro Mangas + Agroecológico	516,67	a
Z_2Sp_2	Cuatro Mangas + Convencional	325	ef
Z_2Sp_3	Cuatro Mangas + Mixto	391,67	cd
Z_3Sp_1	El Congo + Agroecológico	450	bc
Z_3Sp_2	El Congo + Convencional	316,67	ef
Z_3Sp_3	El Congo + Mixto	333,33	def
Promedio		388,89	
C.V %		5,93	

* Promedios con las mismas letras en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad

Anexo 5. Análisis de varianza de altura de planta (Sorgo)

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-Valor
Modelo	7450.67	8	931.33	133.70	<0,0001
Zonas	363.06	2	181.53	26.06	<0,0001
Tratamientos	6234.58	2	3117.29	447.50	<0,0001
Interacciones	853.03	4	213.26	30.61	<0,0001
Error	125.39	18	6.97		
Total	7576.06	26			

Anexo 6. Análisis de varianza de altura de planta (Albaca)

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-Valor
Modelo	736.68	8	92.08	47.40	<0,0001
Zonas	15.95	2	7.98	4.11	<0,0340
Tratamientos	693.70	2	346.85	178.53	<0,0001
Interacciones	27.03	4	6.76	3.48	<0,0285
Error	34.97	18	1.94		
Total	771.65	26			

Anexo 7. Análisis de varianza del peso total de las raíces

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-Valor
Modelo	5139.33	8	642.42	87.05	<0,0001
Zonas	40.92	2	20.46	2.77	0,0892
Tratamientos	46.91	2	2345.71	317.87	<0,0001
Interacciones	407.00	4	101.75	13.79	<0,0001
Error	132.83	18	7.38		
Total	5272.16	26			

Anexo 8. Análisis de varianza del volumen total de las raíces

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-Valor
Modelo	159583.33	8	19947.92	37.47	<0,0001
Zonas	8888.89	2	4444.44	8.35	0,0027
Tratamientos	146250.00	2	73125.00	137.35	<0,0001
Interacciones	4444.44	4	1111.11	2.09	<0,1248
Error	9583.33	18	532.41		
Total	169166.67	26			

Anexo 9. Recoleccion del picon y tierra (sin fertilizacion fosfatada) y esterilizacion de ambas en autoclave.

RECOLECTA DE PICON

TAMIZADO DE PICON

LAVADO DEL PICON

ESTERILIZACION DE PICON EN AUTOCLAVE

Anexo 10. Muestreo de suelos de las 3 zonas, y los 3 tipos de sistemas de produccion

RECONOCIMIENTO DE LAS ZONAS A ESTUDIAR

MUESTREO DE SUELO (MICORRIZAS)

MUESTREO PARA ANALISIS FISICO-QUIMICO

MUESTREO DE SUELO (MICORRIZAS)

Anexo 11. Establecimiento de los ensayos y siembra de sorgo y albaca

PREPARACIÓN DE LA MACETAS PARA ENSAYO

LLENADO DE MACETAS (PICON-TURBA-TIERRA)

ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO EN INVERNADERO

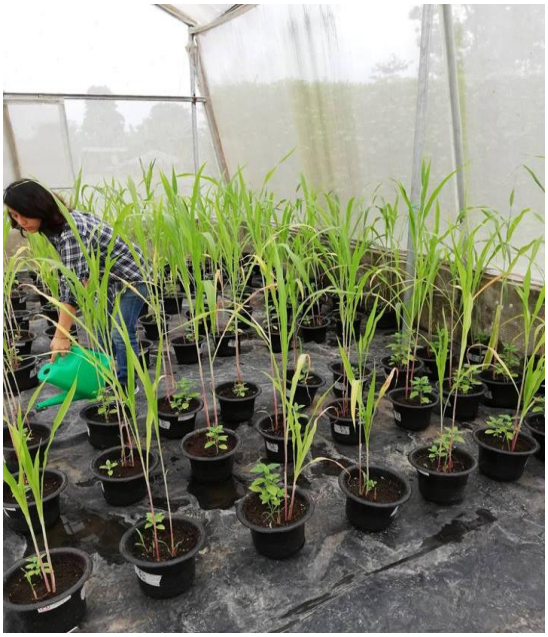
SIEMBRA DE SORGO Y ALBACA

Anexo 12. Preparación y fertilización con solución nutritiva, riego y monitoreo de las plantas de sorgo y albaca

PREPARACION DE SOLUCION NUTRITIVA

FERTILIZACION DE SOLUCION NUTRITIVA

RECONOCIMIENTO DE LAS ZONAS A ESTUDIAR

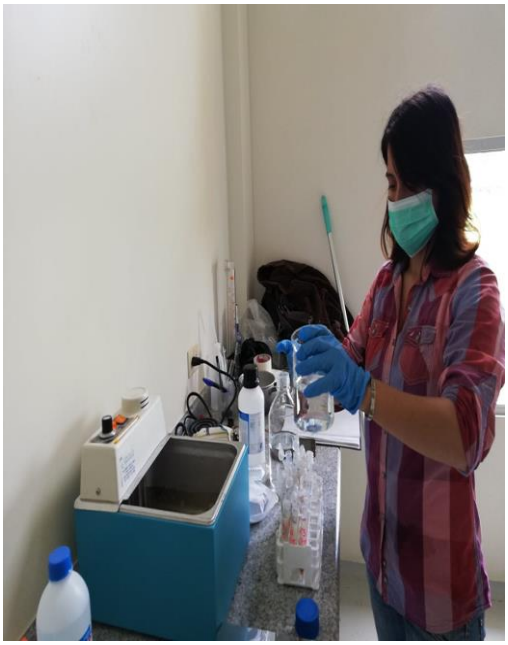


RIEGO A LAS PLANTAS TRAMPAS

Anexo 13. Protocolo TINCIÓN DE RAÍCES

CONSERVACION DE LAS RAICES EN ETANOL

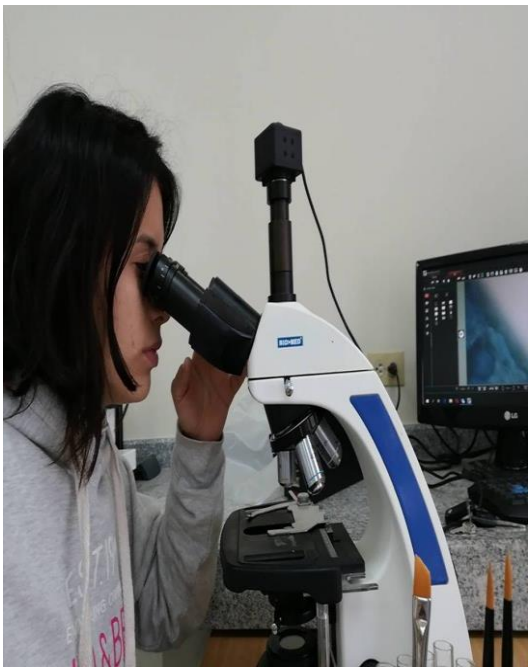
PREPARACION DE REACTIVOS PARA TINCION



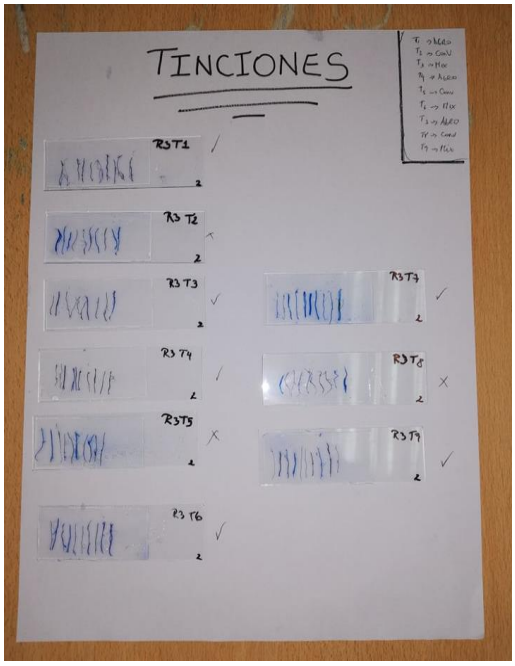
REALIZACION DEL PROTOCOLO DE TINCION

RAICES TEÑIDAS

Anexo 14. Registro de datos de tincion y observacion de micorrizas

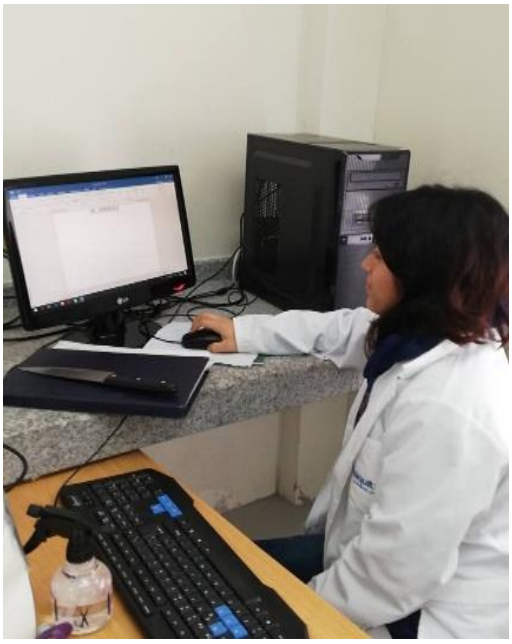


OBSERVACION DE LAS MICORRIZAS EN EL MICROSCOPIO



RAICILLAS TEÑIDAS PARA TINCION

MICORRIZAS



TABULACION DE DATOS

Anexo 15. Registro de datos de altura de planta, peso de raíces

RAICES DE SIST.MIXTO-CONV-AGRO

MEDICION VOLUMEN DE RAICES

MEDICION DE ALTURA DE PLANTA

MEDICION DE PESO DE RAICES

Anexo 16. Análisis físico-químico de las muestras de suelo

ESPOL

CREA CRECE INNOVA ESPOL 60 años

REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS TÉCNICO

CLIENTE:	FUNDACIÓN MAQUITA
DIRECCIÓN CLIENTE:	Avenida Rumichaca S26- 365 y Moro Moro
SOLICITADO POR:	Ing. Carlos Zambrano
TIPO DE MUESTRA:	Suelos
ANÁLISIS SOLICITADO:	Análisis de suelos
NÚMERO DE MUESTRAS:	25
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS: (PROPORCIONADA POR EL CLIENTE)	Nombres
# ORDEN DE TRABAJO	LABSYNV-023-2018
FECHA DE ANÁLISIS:	4 de enero de 2019

PARÁMETRO	MÉTODO
pH	agua:suelo (5:1)
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	agua:suelo (5:1)
NITRÓGENO TOTAL	Kjendahl
MATERIA ORGÁNICA	Pérdida por Ignición
ELEMENTOS EXTRAÍBLES (MACRO, MICRONUTRIENTES Y METALES PESADOS)	Acetato de Amonio
Nota: Los resultados corresponden únicamente a las muestras analizadas por el laboratorio.	

1) Características Físico Química del Suelo:

Muestra Identificación	Clase Textura	pH	EC µS/cm	Salinidad psu	CEC (cmol/kg)	Mat. Org. %
Narcisa Alcides	Franco Arcilloso	7,08	142,2	0,121	9,17	1,55
Omar Chinachi	Franco Arcilloso	6,39	84,68	0,094	9,18	13,32
Hernán Tene	Arcillo Limoso	6,74	28,71	0,07	17,65	4,46
Juan Castillo	Arcillo Limoso	5	61,58	0,084	5,19	2,19
Cayetano Pereira	Franco Arcillo Limoso	6,5	33,92	0,072	6,67	2,80
Elisa Prado	Arcillo Limoso	6,46	65,96	0,086	10,50	5,01
Gustavo Pereira	Arcillo Limoso	6,71	38,2	0,074	8,36	5,40
Edison Vélez	Arcillo Limoso	6,79	43,24	0,076	10,13	4,15
Hortensia Yagua	Franco Arcilloso	6,37	52,98	0,08	9,10	1,65
Manuel Tenecota	Arcillo Limoso	5,69	31,16	0,071	4,46	1,31
Liliana Vera 1	Arcillo Limoso	6,4	49,26	0,079	7,52	3,45
Maria Ochoa	Arcillo Limoso	6,34	41,54	0,076	9,37	4,46
Carlos Briones	Franco Arcillo Limoso	6,62	53,87	0,081	9,05	3,96
Liliana Vera 2	Arcillo Limoso	6,91	72,86	0,089	10,19	3,22
Maquita X	Arcillo Limoso	6,51	50,76	0,079	7,96	3,98
Antonio Camacho	Arcillo Limoso	6,54	25,85	0,069	8,84	1,37
Ana Oyala	Franco-Arcillo Limoso	6,96	45,18	0,077	14,89	1,52
Sustrato 1	Arcillo Limoso	6,14	63,22	0,085	10,85	4,43

FIRMA DE APROBACIÓN

Dr. Eduardo Chávez Navarrete
Jefe de Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal

Preguntas, comentarios o sugerencias contactarse con: Dra. Martha Hidalgo
Laboratorio de Suelos – ESPOL, Km 30.5 Vía Perimetral - Campus Gustavo Galindo, Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) Edificio 18-E (Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, atrás del edificio STEAM)
Correos electrónicos: labsuelos@espol.edu.ec, mahidal@espol.edu.ec Página Web: www.espol.edu.ec

www.espol.edu.ec

Guayaquil: Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.5 Vía Perimetral, Casilla: 09-01-5863 • Teléfonos: PBX: (593-4) 2708 000 - 2269 269 - 2854 560 - 2854 518
Campus "Las Peñas" Malecón 100 y Loja Teléfono: 2593 075 • **Quito:** Av. 6 de Diciembre N-33-55 y Eloy Alfaro Edif. Torre Blanca, Piso N°2
Casilla 17-01-3076 • Teléfonos: PBX: (593-2) 2521 408 - 2561 199 - 2527 986