



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

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

**Título del Proyecto de Investigación:**

**Diversidad microbiológica del suelo en el cultivo de cacao (*theobroma cacao* L.) de  
origen trinitario y nacional en la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos”**

**Autor:**

**Jerry Jaime Rivera Benites**

**Director del Proyecto de Investigación:**

**Dr. Orly Cevallos Falquez**

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador**

**2017**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Jerry Jaime Rivera Benites, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que 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.

---

Jerry Jaime Rivera Benites

**AUTOR**

# **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, Dr. Orly Cevallos Falquez, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Jerry Jaime Rivera Benites**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE ORIGEN TRINITARIO Y NACIONAL EN LA ZONA DE BUENA FÉ, PROVINCIA DE LOS RÍOS”** previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

Dr. Orly Cevallos Falquez

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito Dr. Orly Cevallos Falquez, en calidad de Director del Proyecto de Investigación de Grado “**DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE ORIGEN TRINITARIO Y NACIONAL EN LA ZONA DE BUENA FÉ, PROVINCIA DE LOS RÍOS**”, de autoría del estudiante Jerry Jaime Rivera Benites, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 6 %, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.

---

Dr. Orly Cevallos Falquez  
**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

## **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

**“DIVERSIDAD MICROBIOLÓGICA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) DE ORIGEN TRINITARIO Y NACIONAL EN LA ZONA DE  
BUENA FÉ, PROVINCIA DE LOS RÍOS”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Dr. Gregorio Vásquez Montufar

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Rommel Ramos Remache .M.Sc.

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Raquel Guerrero .M.Sc.

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador**

**2017**

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos son profundamente a Dios, por guiarme en el sendero correcto de la vida, cada día en el transcurso de mi camino e iluminándome en todo lo que realizo de mi convivir diario.

A mis queridos padres Jaime y Gina, por ser mi ejemplo para seguir adelante por sus consejos y apoyarme en todo momento, por inculcarme valores que de una u otra forma me han servido en la vida, gracias por eso y por muchos más.

A mis hermanas Gina y Angie, que con mucho cariño, comprensión y paciencia ayudaron a darme ánimo cada día durante el ensayo.

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Pecuarias, en especial a la Decana, Dra. Yenny Torres Navarrete, por la ayuda invaluable durante el proceso de titulación.

A mi director de Tesis Dr. Orly Cevallos Falquez por la disposición brindada durante el proyecto.

Al Ing. Carlos Zambrano Carriel, Coordinador de Innovaciones Tecnológicas del Centro de Transferencia y Tecnología Maquita ,quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y largos consejos han logrado en mí que pueda terminar mi proyecto de investigación con éxito.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres.

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza  
para continuar.

Y mis hermosos padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Es por ellos, lo que realmente soy ahora. Los amo con mi vida.

**JERRY JAIME RIVERA BENITES**

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la población de la diversidad microbiológica del suelo en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) de origen Trinitario y Nacional, en cuatro comunidades agrícolas cacaoteras de la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos. La evaluación se realizó en el Centro Tecnológico Maquita, de la fundación Maquita Comercializando como Hermanos (MCCH) provincia de Los Ríos, durante un periodo de campo de tres meses (Mayo, Junio y Julio) aproximadamente. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2x2, realizando la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Se manejaron seis tratamientos y cinco repeticiones, teniendo como factor A Suelo (Cacao Trinitario y Nacional), y como el Factor B la edad (3-6 años; > 7 años.), se manejaron 480 unidades experimentales, se utilizaron las diluciones decimales  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$  para la siembra de los microorganismos evaluados (bacterias, hongos y actinomicetos). Los resultados mostraron interacción para hongos y actinomicetos con respecto a unidades formadoras de colonias UFC g en las comunidades evaluadas siendo el sector de Aguas Claras quien obtuvo una mayor población de microorganismos de suelo y en cuanto al pH identificado en el suelo de las cuatro comunidades estuvo en la escala de 5.4 – 6.5, concluyendo que existió un efecto sobre la edad y suelo del cultivo de cacao de origen Trinitario manteniendo las mejores características en cuanto a la eficiencia de producción.

**Palabras claves:** Cacao, edad, suelo, microorganismos, UFC g

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the population of soil microbiological diversity in the cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) of Trinitarian and National origin in four cocoa farms in Buena Fe, Los Ríos province. The evaluation was carried out at the Maquita Technological Center, of the Maquita Marketing as Hermanos (MCCH) foundation, province of Los Ríos, for a field period of approximately three months (May, June and July). A completely randomized design (DCA) with 2x2 factorial arrangement was used, the Tukey test was performed at 5% probability, six treatments and five replications were used, with Factor A Soil (Trinitarian and National Cocoa), and as Factor (Age 3-6 years, > 7 years)), 480 experimental units were handled, decimals 10<sup>-4</sup> and 10<sup>-5</sup> were used for the sowing of the evaluated microorganisms (bacteria, fungi and actinomycetes). Results showed interaction for fungi and actinomycetes with respect to colony forming units CFU g in the evaluated communities. The Aguas Claras sector was the one that obtained a larger population of soil microorganisms and the pH identified in the soil of the four communities was on the scale of 5.4 - 6.5, concluding that there was an effect on the age and soil of the cocoa crop of Trinitarian origin, maintaining the best characteristics in terms of the efficiency of production.

**Key words:** Cocoa, age, soil, microorganisms, UFC g

## **TABLA DE CONTENIDO.**

<b>Capítulo</b>	<b>Página.</b>
PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
TABLA DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
CÓDIGO DUBLIN .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>7</b>

2.1.	Marco conceptual.....	8
2.2.	Marco referencial.....	11
2.2.1.	El cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.).....	11
2.2.1.1.	Descripción botánica.....	12
2.2.1.2.	Importancia económica del cacao en Ecuador.....	13
2.2.2.	Cacao Nacional.....	13
2.2.3.	Cacao CCN-51.....	13
2.2.3.1.	Características del CCN-51.....	14
2.3.	Suelos.....	14
2.3.1.	Calidad del suelo.....	15
2.3.2.	Indicadores de calidad del suelo.....	15
2.3.3.	Indicadores físicos.....	15
2.3.4.	Indicadores químicos.....	16
2.3.5.	Indicadores biológicos.....	16
2.4.	Fertilidad del suelo.....	16
2.4.1.	Microbiología del suelo.....	17
2.4.2.	Calidad microbiológica del suelo.....	17
2.4.3.	Bacterias del suelo.....	18
2.4.4.	Hongos del suelo.....	19
2.5.	Actinomicetos del suelo.....	20
2.6.1.	Micorrizas.....	21
2.6.1.1	Importancia de las micorrizas.....	21
2.7.	Actividad microbiana.....	21
2.7.1.	Biomasa microbiana.....	22
2.7.2.	Materia orgánica del suelo (MO).....	22
 <b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>25</b>
3.1.	Localización.....	26
3.2.	Tipo de investigación.....	26
3.3.	Métodos de investigación.....	27
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	27
3.5.	Diseño de la investigación.....	27

3.6.	Instrumentos de investigación.....	28
3.6.1.	Variables a evaluar.....	29
3.6.1.1.	Flora fúngica.....	29
3.6.1.2.	Flora bacteriana.....	29
3.6.1.3.	Poblacion de actinomicetos.....	29
3.6.1.4.	Potencial micorrizico del suelo.....	29
3.7.	Procedimiento experimental.....	29
3.7.1.	Manejo del campo.....	30
3.7.1.1.	Recolección de muestras.....	30
3.7.1.2.	Técnica de la planta trampa.....	30
3.7.1.3.	Extracción y cuantificación de esporas.....	30
3.7.1.4.	Microorganismos de vida libre.....	30
3.7.2.	Manejo de laboratorio.....	31
3.7.2.1.	Medios de cultivos para flora bacteriana.....	31
3.7.2.2.	Medios de cultivos para flora fúngica.....	31
3.7.2.3.	Medios de cultivos para actinomicetos.....	31
3.8.	Tratamiento de los datos.....	32
3.9.	Recursos humanos y materiales.....	32
3.10.	Materiales.....	32
3.10.1.	Material genético.....	32
3.10.2.	Gramínea.....	33
3.10.3.	Equipos.....	33
3.10.4.	Materiales de vidrio.....	33
3.10.5.	Otros materiales.....	33
3.10.6.	Reactivos.....	34
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>38</b>
4.1.	Resultados y discusión.....	39
4.1.1.	Conteo microbiano.....	39
4.1.1.1.	Flora fungica.....	39
4.1.1.2.	Flora bacteriana.....	42
4.1.1.3.	Actinomicetos.....	45
4.1.2.	pH.....	48

<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
5.1. Conclusiones.....	75
5.2. Recomendaciones.....	76
<b>CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>77</b>
6.1. Literatura citada.....	78
<b>CAPÍTULO VII: ANEXOS.....</b>	<b>89</b>
7.1. Cuadrados medios de las variables.....	90

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla</b>		<b>Página.</b>
1.	Taxonomía del cacao.....	31
2.	Valores observados de microorganismos en el suelo.....	38
3.	Características climatológicas del Centro Tecnológico Maquita.....	46
5.	Análisis de Varianza ANDEVA del diseño experimental.....	49
6.	Descripción de los tratamientos.....	53
7.	Características de medios de cultivos de los microorganismos...	34
8	Efecto del factor (A) del suelo del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	58
9	Efecto del factor (B) en la edad del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	59
10	Interacción de los tratamientos sobre el conteo fúngico del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	60
11	Efecto del factor (A) del suelo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	62
12	Efecto del factor (B) en la edad del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	63
13	Interacción de los tratamientos sobre el conteo fúngico del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades	

	Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	63
14	Efecto del factor (A) del suelo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	66
15	Efecto del factor (B) de la edad del cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	67
16	Interacción de los tratamientos sobre el conteo de actinomicetos del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	69
17	Efecto del factor (A) del suelo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	70
18	Efecto del factor (B) de la edad del cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	71
19	Interacción de los tratamientos sobre el pH del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras del cantón Buena Fé.....	72

## ÍNDICE DE ECUACIONES.

Ecuación	Página.
1. Modelo estadístico del diseño experimental.....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS.

<b>Anexo</b>		<b>Página.</b>
1.	Cuadrado medio de flora fúngica.....	91
2.	Cuadrado medio de flora bacteriana.....	91
3.	Cuadrado medio de actinomicetos.....	92
4.	Cuadrado medio de pH.....	92
5.	Análisis de suelo de la comunidad Aguas Claras... ..	94
6.	Análisis de suelo de la comunidad El Congo.....	96
7.	Análisis de suelo de la comunidad Limones.....	98
8.	Análisis de suelo de la comunidad Germania.....	100
9	Imágenes del trabajo de campo y laboratorio.....	102

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	Diversidad microbológica del suelo en el cultivo de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) de origen trinitario y nacional en la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos				
<b>Autor:</b>	Jerry Jaime Rivera Benites				
<b>Palabras claves:</b>	cacao	edad	suelo	microorganismos	UFC g
<b>Fecha de publicación:</b>					
<b>Editorial:</b>					
<b>Resumen:</b>	<p>El objetivo de la presente investigación fue evaluar la población de la diversidad microbológica del suelo en el cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de origen Trinitario y Nacional, en cuatro comunidades agrícolas cacaoteras de la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos. La evaluación se realizó en el Centro Tecnológico Maquita, de la fundación Maquita Comercializando como Hermanos (MCCH) provincia de Los Ríos, durante un periodo de campo de tres meses (Mayo, Junio y Julio) aproximadamente. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2x2, realizando la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, se manejaron seis tratamientos y cinco repeticiones, teniendo como factor A Suelo (Cacao Trinitario y Nacional), y como el Factor B la edad (3-6 años; &gt; 7 años), se manejaron 480 unidades experimentales, se utilizó las disoluciones decimales <math>10^{-4}</math> y <math>10^{-5}</math> para la siembra de los microorganismos evaluados (bacterias, hongos y actinomicetos), los resultados mostraron interacción para hongos y actinomicetos con respecto a unidades formadoras de colonias UFC g en las comunidades evaluadas siendo el sector de Aguas Claras quien obtuvo una mayor población de microorganismos de suelo y en cuanto al pH identificado en el suelo de las cuatro comunidades estuvo en la escala de 5.4 –</p>				

	6.5, concluyendo que existió un efecto sobre la edad y suelo del cultivo de cacao de origen Trinitario manteniendo las mejores características en cuanto a la eficiencia de producción.
<b>Abstract:</b>	<p>The objective of the present investigation was to evaluate the population of soil microbiological diversity in the cultivation of cocoa (<i>Theobroma cacao</i> L.) of Trinitarian and National origin in four cocoa farms in Buena Fe, Los Ríos province. The evaluation was carried out at the Maquita Technological Center, of the Maquita Marketing as Hermanos (MCCH) foundation, province of Los Ríos, for a field period of approximately three months (May, June and July). A completely randomized design (DCA) with 2x2 factorial arrangement was used, the Tukey test was performed at 5% probability, six treatments and five replications were used, with Factor A Soil (Trinitario and National Cocoa), and as Factor (Age 3-6 years, &gt; 7 years), 480 experimental units were handled, decimals 10<sup>-4</sup> and 10<sup>-5</sup> were used for the sowing of the evaluated microorganisms (bacteria, fungi and actinomycetes). Results showed interaction for fungi and actinomycetes with respect to colony forming units CFU g in the evaluated communities. The Aguas Claras sector was the one that obtained a larger population of soil microorganisms and the pH identified in the soil of the four communities was in the scale of 5.4 - 6.5, concluding that there was an effect on the age and soil of the cacao culture of Trinitarian origin, maintaining the best characteristics in terms of the efficiency of production.</p>
<b>Descripción:</b>	102 hojas: dimensiones, 29 x 21cm + CD-ROM
<b>Uri:</b>	

## INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos más importantes y primordiales para la vida en el planeta, ya que es la base fundamental de la explotación agropecuaria y forestal. La producción de alimentos depende en gran parte del uso que se les dé a los suelos (1).

La fertilidad del suelo, ya sea natural o fomentada por el agricultor, implica condiciones de presencia, cantidad y asimilabilidad de elementos nutritivos tales como (nitrógeno, fósforo, y potasio) que se encuentran disponibles para que actúen y hagan frente a las necesidades de las plantas (2).

Los microorganismos del suelo tienen una gran importancia para mantener de la vida en nuestro planeta. El estudio de su diversidad microbiológica es importante, porque estos organismos forman parte de comunidades complejas y dinámicas conformadas por numerosas especies. Para comprender su función en sus nichos específicos, es esencial identificar y cuantificar cada uno de los miembros que conforman estas comunidades (3).

La actividad microbiana se desarrolla en función del sistema de suelo, por lo cual constituye un indicador de la dinámica del suelo y de la salud del recurso, pues una buena actividad microbiana puede ser el reflejo de óptimas condiciones físicas y químicas que permitan el desarrollo de los procesos metabólicos de bacterias, hongos, actinomicetos y micorrizas de su acción sobre los substratos orgánicos (4).

El cacao es uno de los cultivos más importantes para el Ecuador, atendiendo con su producción el 5% de la demanda mundial, siendo uno de los cultivos tradicionales de interés comercial, social, económico y cultural en la provincia de Los Ríos (5) constituyéndose en una especie primordial de los sistemas productivos de los campesinos de muchas regiones (6).

El cacao CCN-51 es un producto de rápida comercialización y muy demandado por empresas procesadoras y exportadoras de cacao. Es una variedad resistente a plagas y enfermedades y su ciclo de cosecha es 4 veces más comparado con otras variedades de cacao (7). Mientras que el cacao Nacional se lo reconoce por dar un chocolate suave de buen sabor y aroma por lo que es reconocido a nivel mundial como cacao fino o de aroma.

Por lo expuesto anteriormente se plantea la presente investigación, con el objetivo de realizar un estudio sobre la población microbiana del suelo en el cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional en la zona de Buena Fe, provincia de Los Ríos.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de investigación.**

### **1.1.1. Planteamiento del problema.**

En la actualidad, el incremento mundial bordea los 7000 millones de personas y se espera que llegue a los 9000 millones alrededor del año 2050, debido a este aumento constante de la población crece con ella también la necesidad de producir alimentos para satisfacer las necesidades de los habitantes (8).

El sistema de producción intensivo surgido de la llamada “Revolución Verde” caracterizado por el uso abusivo de fertilizantes y otros agroquímicos, laboreo excesivo de los suelos, uso del monocultivo, etc., está basado en la aplicación de técnicas culturales que agravan los problemas de degradación de los suelos por erosión, salinidad, acidez, contaminación por pesticidas y fertilizantes, maquinaria agrícola y un sin número de actividades, etc., que hoy en día se ve reflejado los efectos de dichos beneficios ofrecidos a los productores. Ello se traduce en una pérdida de la capacidad productiva de los suelos (9,10,11).

Uno de los principales recursos que ha sido afectado, es sin duda el suelo, ya que forma el eje principal y base de formación de toda explotación agrícola, sin embargo las malas prácticas junto al desconocimiento de los agricultores han sido factores fundamentales para acelerar el deterioro, perdiendo la vida biológica y materia orgánica del suelo, disminuyendo su fertilidad (12).

Por tanto el uso excesivo de agroquímicos ocasiona varios problemas, como la degradación y destrucción de los suelos, originando alteraciones ecológicas que producen daños en la actividad microbiana del suelo, perdiendo la integridad de su biología y el deterioro del ambiente. En suelos agrícolas se han documentado numerosos estudios sobre los cambios que suceden como resultado de la aplicación de plaguicidas y el impacto que genera este sobre el sistema por lo que el inadecuado manejo desencadena una serie de consecuencias perjudiciales para las producciones de cultivos (13).

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿La población de la diversidad microbológica del suelo generará una respuesta en la eficiencia de la productividad del Cacao (*Theobroma cacao* L.) de origen Trinitario y Nacional?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

- ¿Cuál será la población microbológica en los suelos del cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional, en la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos?
- ¿Qué efecto tiene las poblaciones de actinomicetos, flora fúngica y bacteriana de suelo en el cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional, en la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos?
- ¿Cuál será el pH de suelo en el cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional, en la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos?

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Evaluar la diversidad y población microbiológica del suelo en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) de origen Trinitario y Nacional, en cuatro comunidades agrícolas cacaoteras de la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la población de la flora fúngica y bacteriana en los suelos del cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional, en cuatro comunidades agrícolas cacaoteras de la zona de Buena Fe, provincia de Los Ríos.
- Identificar las poblaciones de actinomicetos de suelo en el cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional, en cuatro comunidades agrícolas cacaoteras de la zona de Buena Fe, provincia de Los Ríos.
- Evaluar el pH de suelos en el cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional, en cuatro comunidades agrícolas cacaoteras de la zona de Buena Fe, provincia de Los Ríos.

### **1.3. Justificación.**

El suelo es un conjunto muy complejo formado 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. Además, como su regeneración es muy lenta, el suelo debe considerarse como un recurso no renovable y cada vez más escaso, debido a que está sometido a constantes procesos de degradación y destrucción (14).

El nivel de degradación de un suelo, depende y varía de un gran número de propiedades que intervienen en el proceso de su formación. No obstante, las microbiológicas y bioquímicas son consideradas las más sensibles puesto que responden de manera rápida ante cualquier cambio. La biomasa microbiana ha sido considerada como un indicador de cambios en la materia orgánica del suelo por lo que resulta muy útil e indispensable para estudiar la respuesta del suelo con cultivo ecológico ante aportes orgánicos de distinta naturaleza. El contenido en Carbono de Biomasa Microbiana refleja el tamaño de la población microbiana total del suelo. Este índice ha sido frecuentemente estudiado porque responde de forma muy rápida y sensible a los cambios que se producen en el suelo y a la vez está influenciada por diversos factores tales como humedad, temperatura, luz, contenido en materia orgánica y tratamiento agrícola (15).

Se comprende que estas actividades microbianas del suelo, poblaciones y comunidades se rigen por las variables ambientales, tales como el tipo de suelo, la textura, la temperatura, la humedad y el pH, además hoy se acepta que la actividad de los microorganismos no solo es un factor clave en la fertilidad del suelo, sino que también lo es en la estabilidad y funcionamiento de ecosistemas naturales (16).

En visto a estas características, se propone evaluar la población microbiológica de suelos establecidos con cacao de origen Trinitario y Nacional, en la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos, de modo que se pueda realizar el intercambio de conocimientos y técnicas que beneficien a los pequeños y medianos productores de este cultivo, mediante el conocimiento de estos indicadores de fertilidad de modo que pueda mejorar la calidad de sus suelo con un manejo adecuado de prácticas culturales.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual.**

### **El cacao (*Theobroma cacao* L.).**

*Theobroma cacao* L., es una planta Malvácea umbrófila, cauliflora, hermafrodita y pentámera. Crece de forma espontánea desde el sur de México a Bolivia en la Selva Amazónica. Se agrupa en Forasteros, Criollos y Trinitarios. Tiene una característica de autoincompatibilidad controlada por genes y procesos bioquímicos (17).

### **Suelo.**

El suelo es un componente esencial del ambiente en el que se desarrolla la vida; es vulnerable, de difícil y larga recuperación (tarda desde miles a cientos de miles de años en formarse), y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso natural no renovable. Además el suelo provee importantes funciones ambientales, dentro de las cuales se destaca ser el sustento de alimento para las plantas, almacenar nutrientes, ser el hábitat de diversos organismos que transforman la materia orgánica presente en él (18).

### **Fertilidad.**

La fertilidad de un suelo se define como su capacidad para proporcionar a las plantas un medio físico, que permita su establecimiento y desarrollo y suministre, en cantidad y forma adecuada. Las propiedades químicas, físicas, biológicas y climáticas que actúan normalmente en interacción, son las que identifican la fertilidad de los suelos (19),

### **Indicadores biológicos.**

Los indicadores biológicos son de gran importancia para la evaluación de las propiedades biológicas del suelo, se relaciona estrechamente con la descomposición de la materia orgánica derivada de los residuos vegetales y animales, así como del reciclaje de la misma. Generalmente se refieren a la abundancia y subproductos de los organismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos (20).

### **Diversidad microbiológica.**

Corresponde a la variedad de microorganismos que hay en la naturaleza y sus adaptaciones puesto que los microorganismos ayudan directamente al desarrollo de las plantas por su aporte nutricional o bien mejorando las características del suelo mediante una mejor agregación de partículas, incrementando la retención de suelo y la porosidad (21).

### **Actividad microbiológica.**

La actividad microbiana da entender la funcionalidad de dicho suelo con la interacción de los organismos vivo presentes en el y su medida dará idea de su actividad metabólica, y esto es esencial para que ese suelo realice sus funciones de manera correcta (22).

### **Hongos.**

Los hongos del suelo juegan un papel clave en los procesos de descomposición que mineralizan y reciclan nutrientes de plantas. En el suelo, los hongos interactúan con una compleja comunidad microbiana que incluye: bacterias, actinomicetos y pequeños invertebrados. Los hongos son una parte importante de la cadena alimenticia en el suelo, principalmente para la mesofauna que habita en el suelo (23).

### **Bacterias.**

La función básica de las bacterias es la descomposición y mineralización de los residuos orgánicos, de donde obtienen su fuente energética y alimenticia. Mediante su metabolismo liberan al medio sustancias como enzimas, proteínas, reguladores de crecimiento, metabolitos y algunos nutrientes (24).

### **Micorrizas**

Las micorrizas son una asociación simbiótica mutualista entre raíces de plantas superiores y ciertos grupos de hongos del suelo. Estos hongos dependen de la planta para el suministro de carbono, energía y de un nicho ecológico, a la vez que entregan nutrimentos minerales, además, les imparten otros beneficios como: estimulación de sustancias reguladoras de crecimiento, incremento de la tasa fotosintética, cuando hay sequía, mejoramiento de la agregación del suelo y acciones e interacciones de la micro flora y micro fauna, que cae, en el suelo alrededor de las raíces (25).

### **Actinomicetos**

Los actinomicetos constituyen un grupo heterogéneo de microorganismo; son bacterias Gram positivas que se caracterizan por formar filamentos ramificados, y que se encuentran distribuidas ampliamente en el medio ambiente. El orden de los Actinomicetales comprende 63 géneros constituyendo, aproximadamente del 20-60% de la población microbiana del suelo (26).

## 2.2. Marco referencial.

### 2.2.1. El cacao.

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), fue iniciado por los indígenas en México y Centroamérica, mucho antes del descubrimiento de América. Lo consumían como una bebida llamada xocoatl, que por su sabor amargo no agrado a los españoles: Sin embargo para el año 1550 éstos añadieron dulce y vainilla al chocolate lo que hizo que el uso y demanda de esta pepa se extendiera por todo el mundo (27).

En la Tabla 1. Se presenta la taxonomía de cultivo del cacao:

**Tabla 1.** *Taxonomía del cacao.*

<b>CATEGORIA</b>	<b>TAXÓN</b>
<b>REINO</b>	Plantae
<b>SUBREINO</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>DIVISIÓN</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>CLASE</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>SUBCLASE</b>	<i>Dilleniidae</i>
<b>ORDEN</b>	<i>Malvales</i>
<b>FAMILIA</b>	<i>Sterculiaceae</i>
<b>SUBFAMILIA</b>	<i>Byttnerioideae</i>
<b>GENERO</b>	<i>Theobroma</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>cacao</i>

FUENTE: (28)

El cacao es considerado como uno de los cultivos perennes más importantes del mundo y es explotado comercialmente para la producción de semillas principalmente destinadas a la fabricación de chocolate, además de su gran potencial en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica. La producción mundial del grano de cacao ha decaído debido a cambios en las condiciones de clima de las principales zonas productoras como Africa Occidental y Sudamérica, problemas fitosanitarios, falta de inversión, envejecimiento de las plantaciones e inadecuada fertilización (29).

El grano de cacao se extrae de la baya ovoidea grande, que es el fruto caulinar del árbol de cacao, este es originario de la cuenca alta del Amazonas. El árbol es de tamaño mediano,

aunque puede alcanzar hasta unos veinte metros de alto. Tradicionalmente, el cacao es cultivado en los países productores y vendidos a la exportación en forma de habas. La transformación del cacao para la fabricación de productos terminados o semi acabados (manteca de cacao, licor de cacao, cacao en polvo, chocolate, etc.) se efectúa en los países importadores (30).

#### **2.2.1.1. Descripción botánica.**

**Planta.** El cacao es una planta de la familia de las esterculiáceas, planta de hasta 20 metros de altura cuando crece libremente bajo la sombra (27).

**Raíz.** La principal es pivotante o sea que penetra hacia abajo, especialmente en los primeros meses de vida de la planta puede crecer normalmente entre 120 a 150 cm. Luego nacen muchas raíces secundarias. La mayoría de las raicillas funcionales del árbol, se encuentran en la superficie del suelo (31).

**Tallo.** Es recto y puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales, y manejo de la plantación. Por lo general, el cacao clonal, que proviene de una ramilla un acodo o un injerto, en cuyo caso la planta toma otra forma, sin un tallo principal. Si se le deja crecer libremente, la planta emite chupones. Este chupón adquiere el papel del tallo principal crece vigorosamente, con el tiempo elimina el molinillo verticilo del piso anterior del que sale (32).

**Hojas.** Son simples, enteras y pigmentadas, variando mucho el color de esta pigmentación, la mayoría es de color verde bastante variable. Algunas plántulas tienen hojas tiernas bien pigmentadas (coloreadas) que pueden llegar a ser de un color marrón claro, morado o rojizo; también las hay de color verde pálido (casi sin coloración). El tamaño de la hoja varía mucho, con una alta respuesta al ambiente (33).

**Flores.** Sus flores son pequeñas, aparecen en pequeños racimos que se forman en el tronco y en las ramas más viejas, la flor tiene 5 pétalos, 5 estambres y un pistilo. Solo una treintena de las aproximadamente 6000 flores que se abren durante el año llegan a formar semillas. Estas, llamadas a veces habas del cacao, están encerradas en una mazorca (33).

**Los frutos.** Son una drupa bastante grande, le sostiene un pedúnculo no muy largo pero robusto, que se origina del crecimiento del pedicelo de la flor. Los frutos tienen cinco lóculos y cada lóculo tiene dos partes formados por dos surcos interno, lo que en algunos

es evidente y en otros casi ha desaparecido. El color de los frutos varía notablemente desde casi blancos y verdes hasta colores morados bien fuertes, también hay combinaciones de colores morados con verdes especialmente diferenciando lomos y surcos (34).

**Semillas.** Estas son de forma oblonga y pueden variar mucho en tamaño. Algunas, en la parte más larga son redondeadas como en el caso del cacao tipo Criollo y del Nacional de Ecuador otras son bastante aplanadas como en el caso de los Forasteros. Tienen un recubrimiento o cutícula que protege a los cotiledones y en la parte exterior está el mucilago que permite la fermentación de las semillas. El color de la semilla también es muy variable desde un blanco ceniciento, blanco puro, hasta un morado oscuro y todas las tonalidades (34).

#### **2.2.1.2. Importancia económica del cacao en Ecuador.**

El cultivo de cacao ha tenido una enorme trascendencia como fuente de ingreso de divisas para el País, principalmente en el siglo pasado, cuando las plantaciones se encontraban en sus mejores años de vida y sin problemas de enfermedades; siendo así que por el año de 1911 con volúmenes de exportación en el orden de 46000 t, nuestra exportación significo el 20% de la producción mundial y el 75% de total de divisas que ingresaron al país provenientes de la exportación de productos agrícolas (35).

#### **2.2.2. Cacao nacional.**

La variedad Nacional en el Ecuador corresponde a los híbridos Nacional por Trinitario y en menor grado a los híbridos Nacional por Forasteros, esta población híbrida predominante conserva aún el sabor “Arriba” y aroma del cacao Nacional, pero se ha modificado el sistema de fermentación y secado, ya que se requiere más días de beneficiado (36).

#### **2.2.3. Cacao CCN-51.**

El cacao CCN-51 es fruto de investigación en hibridación de plantas, lo cual fue realizado por Agro. Homero Castro Zurita en Naranjal (Provincia del Guayas), por el año 1965. Es importante señalar que el origen genético de este clon es fruto del cruzamiento entre IMC-67 (Amazónico) x ICS-95 (Trinitario), y la descendencia de estos fue cruzada con otro cacao del oriente. Por lo tanto, el CCN-51 corresponde a lo que se conoce como un híbrido doble. Lo que hay que resaltar es que solamente la planta número 51 fue la que se destacó por sus excelente características agronómicas y sanitarias (37).

### **2.2.3.1. Características del CCN-51.**

Es un material auto compatible que posee una habilidad combinatoria general, lo que significa que posee la facilidad de combinarse con otros materiales genéticos que inclusive pueden ser auto incompatible. Esta característica unida a una eficiente polinización entomofita (se ha demostrado que más del 95% de la polinización se realiza por insectos especialmente del genero *Forcipomyia* spp.), eleva los niveles de producción de fruto, otorgándole ventajas frente a otros materiales genéticos. Se destaca también sus altos niveles de resistencia a la Escoba de Bruja *Moniliophthera pernicioso* y Mal del Machete *Ceratocystis fimbriata*, principales enfermedades de importancia económica del cacao (38).

### **2.3. Suelo.**

El suelo corresponde a la capa superior de la corteza terrestre, que contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan. El suelo es vital, ya que el ser humano depende de él para la producción de alimentos, la crianza de animales, la plantación de árboles, la obtención de agua y de algunos recursos minerales, entre otras cosas. En él se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona, por lo tanto, todo el desarrollo del ecosistema (39)

El suelo está condicionado por cinco factores formadores naturales que son: material parental, tiempo, clima, organismos y el relieve. Estos factores locales deben ser tomados en cuenta en cualquier estudio de suelo (40).

La producción agropecuaria requiere en sus procesos de recursos naturales como el suelo. La calidad y cantidad de este recurso y en consecuencia, la posibilidad de una producción que perdure en el tiempo, está determinada por cómo y con qué intensidad es explotado el suelo y el tipo de tecnologías empleadas. El uso inadecuado de la tecnología es clave para la degradación de los suelos (ej. Labranza intensiva con tractores en zonas de pendiente). La utilización de recursos externos principalmente de origen sintético no contribuyen a la nutrición de los suelos, dejándolos infértiles a futuro, lo que promueve la ampliación de la frontera agrícola, reduciendo hábitats naturales importantes para la conservación de la biodiversidad (41).

### **2.3.1. Calidad del suelo.**

Se define a la calidad del suelo como “la capacidad funcional de un tipo específico de suelo para sustentar la productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, sostener el asentamiento y la salud de los seres humanos, con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo” (42).

Las funciones específicas que representan la calidad del suelo incluyen captar, mantener y liberar nutrientes y otros compuestos químicos; captar, mantener y liberar agua a la vegetación cercana; mantener un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica del suelo (43).

El suelo no posee estándares de calidad definidos, esto se debe a su variabilidad y a otros factores que afectan su funcionamiento, lo que dificulta definir, medir y regular la calidad de este recurso. Los indicadores para determinar la calidad de suelo, dependen del ecosistema y las características que posee; además permiten analizar la situación actual e identificar puntos críticos con respecto a la sustentabilidad del suelo como medio productivo o como recurso natural, importante para la manutención de la biodiversidad. Los indicadores utilizados de forma directa corresponden a las características físicas, químicas y biológicas del suelo (44).

### **2.3.2. Indicadores de calidad del suelo.**

Cualquier índice de calidad de suelo debe considerar la función del suelo, pero estas funciones pueden ser variadas y a menudo complejas (45). Un suelo que es considerado de alta calidad para una función puede no ser igual para otras. Como consecuencia hay potencialmente muchas propiedades del suelo que pueden servir como indicadores de la calidad del suelo (46).

#### **2.3.2.1. Indicadores físicos.**

Los indicadores físicos que se han empleado en las evaluaciones de la calidad del suelo están relacionados, por un lado, con propiedades que reflejen como el suelo acepta, retiene y proporciona agua a las plantas y por otro lado, a las condiciones que limitan el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración y el movimiento del agua dentro del perfil y promover el intercambio óptimo de gases (47).

Existe una amplia variedad de indicadores físicos de la calidad del suelo, estos varían de acuerdo con las características predominantes del lugar en estudio como indicadores la textura, profundidad, conductividad hidráulica, densidad aparente y capacidad de retención de agua (48).

#### **2.3.2.2. Indicadores químicos.**

Los indicadores químicos hacen referencia al contenido de materia orgánica (MO), carbono y nitrógeno orgánico, pH, conductividad eléctrica (CE), y N, P y K, disponibles. Los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, MO, N, P y K) son importantes en términos de producción de cultivos. Además el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos como el Al y Mn. Es importante considerar que uno de los problemas que presenta la utilización de las propiedades químicas como indicadores de la calidad del suelo es su alta variabilidad estacional (49).

#### **2.3.2.3. Indicadores biológicos.**

Los indicadores biológicos son atributos de los sistemas biológicos que se emplean para descifrar factores de su ambiente. Inicialmente, se utilizaron especies o asociaciones de estas como indicadores y posteriormente comenzaron a emplearse también atributos correspondientes a otros niveles de organización del ecosistema, como poblaciones, comunidades, etc., lo que resulta particularmente útil en estudios de contaminación. Las especies indicadoras son aquellos organismos que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies (50).

### **2.4. Fertilidad del suelo.**

La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo (51).

### **2.4.1. Microbiología del suelo.**

Los microorganismos del suelo son los componentes más importantes y constituyen su parte viva, son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo del suelo. Entre los microorganismos presentes están bacterias, actinomicetos y hongos.

Entre las funciones más importantes que cumplen asociadamente en los procesos de transformación están:

- Suministro directo de nutrientes (fijación de nitrógeno).
- Transformación de compuestos orgánicos que la planta no puede tomar a formas inorgánicas que si pueden ser asimiladas (mineralización); como proteínas hasta aminoácidos y nitratos.
- Solubilización de compuestos inorgánicos (fosfato tri-cálcico a fosfato mono-cálcico) para facilitar la absorción por las plantas.
- Aumento del desarrollo radicular en la planta que mejora la asimilación de nutrientes, la capacidad de campo y el desarrollo (52).

### **2.4.2. Calidad microbiológica del suelo.**

El suelo constituye un sistema complejo que alberga una gran riqueza de microorganismos, los cuales establecen relaciones muy variadas y contribuyen a conformar las características propias del suelo, participan en los ciclos del carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo, hierro y otros metales; aportan a la fertilidad del suelo y a la degradación de compuestos. Además, el crecimiento de la vegetación está condicionado por una amplia gama de microorganismos que viven en el suelo y alrededor de las raíces (53).

Los microorganismos cumplen su actividad en la superficie del suelo hasta unos 20 cm de profundidad, esto se debe a que permanecen adheridas a las partículas de arcilla y humus de las raíces de las plantas que les suministran sustancias orgánicas, que sirven de alimento y estimulación en su reproducción (54).

En la Tabla 2 se presentan algunos de los grupos funcionales utilizados en el análisis de la calidad microbiológica del suelo, con los valores normales de las poblaciones en suelos productivos y fértiles.

**Tabla 2.** Valores observados de microorganismos en el suelo.

GRUPOS FUNCIONALES	UFC x 1000/ gss
Bacterias	1000-100 000
Actinomicetos	100- 10 000
Hongos	1-100

gss: Gramo de suelo seco.

FUENTE: (55).

#### 2.4.2.1. Bacterias del suelo.

Las bacterias del suelo se encuentran formando colonias alrededor de partículas que se las considera como fuentes de energía. Algunas bacterias pueden producir esporas como forma de resistencia y sobrevivencia a las condiciones desfavorables para su desarrollo. La riqueza en biodiversidad se presenta en las bacterias que incluyen un número elevado de especies. Las bacterias que se encuentran de forma abundante en el suelo son pequeños bastones de morfología variable. La proporción de bacterias Gram positivas en el suelo no es elevada ya que predominan en número las bacterias Gram negativas (56).

Entre los géneros más frecuentes de bacterias del suelo se encuentran *Acinetobacter* spp, *Agrobacterium* spp, *Alcaligenes* spp, *Arthorobacter* spp, *Bacillus* spp (formadoras de esporas que sobreviven en un rango de pH de 2 a 8 y poseen una habilidad de degradar compuestos químicos orgánicos), *Brevibacterium* spp., *Caulobacter* spp., *Celullomonas* spp., *Clostridium* spp., *Corynebactrium* spp., *Flavobacterium* spp., *Micrococcus* spp., *Mycobacterium* spp., *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp y *Xanthomonas* spp. Entre las principales poblaciones de bacterias fotos autótrofas se encuentran los géneros de cianobacterias *Anabaena* spp., *Catohrix* spp., *Chroococcus* spp., *Cylindrospermun* spp., *Lyngbya* spp., *Microcoleus* spp., *Nodularia* spp., *Nostoc* spp., *Oscillatoria* spp., *Phormidium* spp., *Plectonema* spp., *Schizotbrix* spp., *Scytonema* spp y *Tolypothrix* spp (56) .

Otras bacterias tienen la capacidad de solubilizar compuestos ricos en fósforo, que no están disponible para las plantas, mediante su actividad fisiológica de secretar ácidos orgánicos y enzimas denominadas fosfatasa, por lo que proporciona la liberación de fósforo para que la plantas puedan aprovecharlo (57).

#### 2.4.2.2. Hongos del suelo.

Los hongos constituyen la segunda porción más elevada de la biomasa microbiana del suelo y se presentan generalmente como finos filamentos. La distribución de los hongos en el suelo está determinada por la disponibilidad de carbono orgánico. Son considerados como saprofitos, es decir que crecen en tejidos muertos y realizan la descomposición de la materia orgánica y generalmente se encuentran en la capa superior del suelo (58).

Los hongos tienen la habilidad de descomponer residuos orgánicos como los azúcares, proteínas, almidón y compuestos más resistentes como hemicelulosa y lignina, lo que permite mantener un equilibrio en los ecosistemas del suelo. Los hongos representan un gran depósito de nutrientes para el crecimiento potencial de microorganismos, y subsisten en el suelo debido a los mecanismos de esporas y sus estructuras de reposo. Los hongos del suelo metabolizan carbohidratos y pueden degradar lignina; este tipo de microorganismos son cuantificables (59).

Las raíces de las plantas con exudaciones radiculares están pobladas de hongos, que movilizan los nutrientes hacia las plantas y aumentan la capacidad de retener agua, fijar nitrógeno y solubilizar fósforo. Adicionalmente, protegen a las raíces de patógenos, emitiendo sustancias que inhiben su crecimiento (60).

Los grupos importantes de hongos que se encuentran en el suelo son Zygomycota, Ascomycota, Deuteromycota y Basidiomycota. La mitad de los hongos que generalmente se aíslan del suelo pertenecen a los deuteromicetos, los géneros *Penicillium* spp., *Geotrichum* spp., *Aspergillus* spp. y *Trichoderma* spp (61).

El género *Trichoderma* está compuesto por hongos que se encuentran en forma natural, en casi todos los suelos. Otros géneros que se encuentran en el suelo, muy raramente ya que son considerados como patógenos para las plantas son los Omicetos (*Pythium* y la *Phytophthora*) y hongos complejos como *Agaricus urenidales*, estos últimos causantes de la putrefacción de la madera. La patogenicidad por hongos es una característica que se origina en el suelo, las especies que son saprofitas pueden invadir tejidos vivos y comportarse como agente patógeno. Solo una pequeña cantidad de hongos del suelo causan enfermedades a los vegetales y la provocan con frecuencia los géneros: *Armillaria* spp., *Helminthosporium* spp., *Ophiobolus* spp., *Plasmodiophora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Sclerotium* spp., *Verticillium* spp., *Thielaviopsis* spp., *Phytium* spp., *Fusarium* spp (62).

### **2.4.2.3. Actinomicetos del suelo.**

Los actinomicetos son procariotas cuyo aspecto resulta ser similar a los hongos y constituyen de un 10 a un 50 % de la población microbiana del suelo y se encuentran de forma abundante en suelos que no presentan un elevado grado de contaminación (63).

Los actinomicetos pueden ser organismos aerobios, por lo que no crecen en suelos húmedos; por otro lado no toleran el desecamiento aunque sus esporas, si lo hacen. Los actinomicetos soportan condiciones alcalinas pero no toleran ambientes ácidos. No se los consideran como buenos competidores en el consumo de sustrato fácilmente degradables, aunque degradan quitina y celulosa. Existen indicios de que los actinomicetos abundan en tierras volcánicas en comparación con otro tipo de suelo. Existen actinomicetos acidófilicos, ya que se mantienen en un pH de 3,5 a 4,5 y son de gran importancia en la industria, por ser fuente de compuestos anti fúngico y enzimas; también tienen un rol en la descomposición de biomasa de hongos en hojarasca y suelos ácidos (64).

Entre los principales géneros de actinomicetos tenemos: *Nocardia*, *Rhosococcus*, *Streptomyces* (producen antibióticos), *Frankia* (fijadores de nitrógeno), *Mycobacterium* spp., *Micromonosporas* spp., *Streptosporangium* spp., *Chainia* spp., *Agromyces* spp., *Thermoactinomyces* spp y otros. Un 90 % de los actinomicetos del suelo pueden ser *Streptomyces*, son las causantes del olor a tierra mojada, características que se produce por una serie de metabolitos de estreptomicetos denominados geosminas; antibióticos que juegan un papel importante la medicina (65).

### **2.5. Micorrizas.**

El término micorriza fue acuñado por el botánico alemán Albert Bernard Frank en 1885, y procede del griego mykos que significa hongo y del latín rhiza que significa raíz, es decir, que literalmente quiere decir “hongo-raíz”, definiendo así la asociación simbiótica, o mutualista, entre el micelio de un hongo y las raíces o rizoides de una planta terrestre. Las micorrizas son uno de los tipos de simbiosis más abundante de la biosfera, que mejoran la absorción de agua y nutrientes de la raíz, permitiendo que colonicen los suelos más pobres. La historia de las micorrizas, se remonta a unos 400 millones de años, especialmente al período devónico, a partir del cual las plantas acuáticas con la ayuda de las micorrizas, consiguieron colonizar el medio terrestre hasta lo que son hoy en día (66).

### **2.5.1. Importancia de las micorrizas.**

La micorriza cumple una función clave en la agricultura ya que desde el punto de vista de que el grado de empobrecimiento desaparición de la microflora es un indicador el descenso en estabilidad del sistema planta-suelo de la misma forma que el nivel de estrés causado por las prácticas culturales es una medida de sostenibilidad de la agricultura .La importancia de los hongos micorrizogenos no estribas solo en que pueden representar la fracción mayor de la biomasa del suelo, alcanzando hasta 20% del total de masa seca de la micorriza (67).

Las micorrizas al parecer mejoran el crecimiento de la planta al aumentar la superficie de absorción del sistema radial; al absorber selectivamente y al acumular ciertos nutrientes especialmente el fosforo; al solubilizar y hacer disponibles para las plantas algunos minerales normalmente insolubles (68).

### **2.6. Diversidad microbiana.**

La diversidad microbiana se refiere a los microbios del suelo que son componentes clave para cualquier sistema agrícola y ejercen múltiples funciones, desde lo detrimental (como patógenos) a lo benéfico (como ser: promotores del crecimiento de plantas, solubilizadores de fósforo, inductores de resistencia y antagonistas de patógenos). En el caso de los patógenos afectan el rendimiento y la calidad de los productos. En cambio los microorganismos benéficos mediante los diferentes mecanismos de acción que poseen, ayudan a reducir el uso excesivo de agroquímicos que, debido a un inadecuado uso, pueden afectar a la producción agrícola y al medio ambiente. Estos microorganismos pueden ser hongos, bacterias, actinomicetos, etc. Un gran número de las bacterias de vida libre o asociativa se destacan por su potencial como biofertilizantes (ej. *Pseudomonas* sp.), ejerciendo efectos benéficos sobre las plantas al producir y segregar reguladores del crecimiento como auxinas, giberelinas y citoquininas, mejorando procesos como la germinación de semillas, el desarrollo de raíces y haciendo disponibles ciertos macroelementos necesarios para las plantas (69).

### **2.7. Actividad.**

La importancia que hoy en día está adquiriendo la determinación de la Actividad Microbiana de suelos, mediante parámetros bioquímicos tales como las actividades

enzimáticas de suelos, así como de aquellos relacionados con la biomasa microbiana, es cada vez mayor en los estudios avanzados de la Ciencia del Suelo, puesto que sin su ayuda sería imposible llegar a entender la funcionalidad de dicho suelo; su medida dará idea de su actividad metabólica, y esto es esencial para que ese suelo realice sus funciones de manera correcta (70,71).

La verdadera importancia de los microorganismos en cuanto a su relación con la calidad de un suelo, o con procesos de degradación o recuperación del mismo, no es tanto conocer los tipos de microorganismos que llevan a cabo funciones concretas, sino la actividad microbiana en ese determinado ambiente. Para ello, parámetros de tipo bioquímico pueden constituir un excelente punto de partida (72).

### **2.7.1. Biomasa microbiana.**

La biomasa microbiana define el componente funcional de la microbiota del suelo, responsable principalmente de la descomposición y reconversión de la materia orgánica y la transformación de nutrientes. La biomasa microbiana edáfica puede definirse como la parte viva de la materia orgánica del suelo, excluyendo las raíces de las plantas y los animales de tamaño superior al de las amebas mayores (73).

La fracción de la materia orgánica de un ambiente presente en las células de la micro población se emplea mucho como parámetro de actividad biológica ya que son los microorganismos los agentes que catalizan los procesos biológicos (74).

### **2.8. Materia orgánica del suelo (MO).**

La materia orgánica del suelo, representa un sistema complejo, heterogéneo y dinámico; integrado por numerosos componentes. Se define como la totalidad de sustancias orgánicas presentes en el suelo que proceden de: restos de plantas y animales, en diferentes estados de transformación, exudados radicales, aportes orgánicos externos estiércol, compost, así como los organismos edáficos, biomasa del suelo y los productos resultantes de su senescencia y metabolismo (75). La materia orgánica de los suelos juega un rol trascendental en la mantención de la fertilidad química, física y biológica del suelo (76).

## 2.9. Investigaciones relacionadas al tema.

Según Alzate & Campiño (77), en su trabajo de investigación *Actividad microbiana de suelos con manejo orgánico y convencional.*, determinaron mediante una metodología denominada respirometría pudieron obtener una aproximación a la actividad microbiana del suelo, complementando este procedimiento con el conteo de bacterias y hongos, por medio de las diluciones seriadas, obteniendo el número de unidades formadoras de colonia (UFC) en cada caso. Evidenciando una mayor cantidad de actividad microbiana en el tipo de suelo convencional, debido a sus condiciones de manejo.

Así mismo Chocano *et al* (78), en la investigación *La actividad microbiana como indicador de calidad del suelo en cultivos de ciruelo ecológico*, determinaron durante tres años, la evolución de la calidad de un suelo, midiendo su actividad microbiana, con un cultivo de ciruelo ecológico, sometido a distintas enmiendas orgánicas y comparándolo con otro cultivo colindante convencional de ciruelo; el cual cultivado con técnicas de agricultura ecológica proporciona un aumento en la calidad del suelo y por tanto en su fertilidad frente al cultivo convencional de ciruelo ya que los aportes de compost son los que más activan la población microbiana del suelo considerada como un indicador de su calidad pues el tratamiento que más incrementa la actividad biológica edáfica es el compost, mientras que el ciclo de nitrógeno se favorece con el biofertilizante y el abonado en verde.

Como también Paucar & Díaz (78), en su trabajo *Caracterización microbiológica de los suelos del Ecuador con diferentes cultivos y manejo agronómico*, determinaron que en los suelos de la sierra ecuatoriana analizados se encontró predominio de actinomicetos con  $6.84 \times 10^7$  unidades formadores de colonia/gramo de suelo seco (UFC/gss), seguidos por bacterias ( $2.30 \times 10^6$  UFC/g ss); y en cuanto a la población de hongos se encontró en la mayoría de los suelos la presencia de los géneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., y *Fusarium* sp., adicionalmente se encontraron géneros *Trichoderma* sp y *Paecilomyces* sp., lo cuales son hongos antagonistas de Fitopatógenos y plagas, por lo que la diversidad de las comunidades microbianas especialmente los hongos son afectados por el tipo de suelo, cultivo y manejo agronómico.

Por su parte Arévalo (79), en su ensayo *Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao*, determino la comunidad microbiana

y su interrelación con el cultivo de cacao manejado bajo dos sistemas de producción durante cuatro años, pues se diseñaron dos sistemas de producción de cacao, uno bajo la forma tradicional (ITAS) y el otro, agroforestal (INAS), en ambos sistemas se trasplantaron diez genotipos de cacao y fueron comparados con un híbrido local, en base a las propiedades físicas químicas del suelo se *calculó* el Índice de Calidad de Suelos (ICS), dentro de las propiedades físicas la densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) y porosidad (%) son los indicadores cuyas medias resultaron estadísticamente diferentes en la mayoría de evaluaciones, del mismo modo, el pH, contenido de materia orgánica, NPK y micro elementos son los indicadores químicos cuyas medias resultaron estadísticamente diferentes en los sistemas evaluados, pues la alteración del ambiente natural produce una serie de cambios físicos, químicos y biológicos del suelo y por consiguiente también influyeron en la calidad de los suelos para una agricultura sustentable.

Del mismo modo Ruiz (80), en su estudio *Influencia de microorganismos sobre características fisicoquímicas de los suelos de cultivo de cacao (Theobroma Cacao L.), en Tingo María*, determinó la influencia de microorganismos del bokashi en las características de los suelos de cultivo de cacao, para cuantificar el número de microorganismos se usó la técnica enumeración UF de microorganismos aerobios, actinomicetos, mohos y levaduras y análisis fisicoquímico de suelos, pues se registró mayor densidad a 20 cm de profundidad  $5,8 \times 10^4$ , actinomicetos NACT a 10 cm  $4,8 \times 10^4$ , mohos y levaduras NML a 60 cm  $4,3 \times 10^4$ , ya que el factor principal del crecimiento poblacional de los microorganismos es la materia orgánica y el pH del suelo, respectivamente.

Así como Leiva *et al* (81) en su ensayo *Microorganismos asociados a la rizosfera del cacao (Theobroma Cacao L.) en condiciones de bosque húmedo premontano (Bh-Pm)*, determinaron los microorganismos asociados a la rizosfera del cacao, donde se extrajeron los microorganismos por siembra directa y mediante agitación, se separaron las bacterias y los hongos por morfotipos, se purificaron y se determinó su grupo funcional: solubilizadores de fosfato, fijadores de nitrógeno, proteolíticos, celulolíticos y amilolíticos; Ya que en sus suelos volcánicos se aislaron en total 26 morfotipos de bacterias y 12 de hongos; el 45% de los morfotipos de bacterias aislados presentó actividad fijadora de nitrógeno o solubilizadora de fosfatos; los hongos presentaron baja actividad funcional, solo dos cepas con capacidad amilolítica, cuatro proteolítica y solo uno con actividad solubilizadora de fosfatos.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización del Centro Tecnológico Maquita.

La presente investigación se llevó a cabo el Centro Tecnológico Maquita, de la fundación Maquita Comercializando como Hermanos (MCCH), el mismo que está ubicado en el km. 19 de la vía Sto. Domingo en el Cantón San Jacinto de Buena Fe, provincia de Los Ríos. Se encuentra a una altura de 100 metros sobre el nivel del mar entre las coordenadas geográficas de 0°53', de latitud y 79°29' de longitud oeste.

Las zonas cacaoteras evaluadas durante el ensayo son las comunidades de Limones, Aguas blancas, Congo y Germania, pertenecientes al cantón Buena Fe.

A continuación en la Tabla 3, se detalla las características climatológicas del Centro Tecnológico Maquita:

**Tabla 3.** Características climatológicas del Centro Tecnológico Maquita.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	25.00
Humedad relativa, %	84.00
Precipitación mm/ año <sup>-1</sup>	2265.00
Heliofanía, horas luz/ año <sup>-1</sup>	870
Zona Ecológica	BhT
Topografía del terreno	Ligeramente ondulado
Textura del suelo	Franco arenosa

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI), 2016.

ELABORADO: AUTOR

#### 3.1.1. Localización y características de las comunidades.

A continuación en la Tabla 4, se detalla las características de las comunidades de los Limones, Aguas blancas, Congo y Germania, pertenecientes al cantón Buena Fé:

**Tabla 4.** Características generales de las comunidades del cantón Buena Fé.

Características	Comunidades			
	Germania	Congo	Limones	Aguas Claras
<b>Nombre del productor</b>	Juan Soria	Pedro Jaramillo	Marcos Sánchez	Miguel Macías
<b>Cantón</b>	Buena Fé	Buena Fé	Buena Fé	Buena Fé
<b>Altitud, m.s.n.m</b>	97	95	95	100
<b>Temperatura °C</b>	24.0	24.0	24.0	25.0
<b>Humedad relativa %</b>	83.0	85.1	85.0	84.0
<b>Zona Ecológica</b>	BhT	BhT	BhT	BhT
<b>Textura de suelo</b>	Franco-Limoso	Franco-Limoso	Franco-Limoso	Franco-Limoso
<b>Orden de suelo</b>	Inceptisol +	Inceptisol +	Inceptisol +	Inceptisol +
	Alfisol	Alfisol	Alfisol	Alfisol
<b>Cultivo</b>	Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)
<b>Material</b>	Trinitario y Nacional	Trinitario y Nacional	Trinitario y Nacional	Trinitario y Nacional
<b>Área que ocupan (ha)</b>	Trinitario(5)	Trinitario (2)	Trinitario (4)	Trinitario (6)
	Nacional (2 )	Nacional (0.5)	Nacional (1)	Nacional (1)
<b>Edad promedio (Años)</b>	Trinitario (4)	Trinitario (5)	Trinitario (6)	Trinitario (3)
	Nacional (10)	Nacional (12)	Nacional (8)	Nacional (8)
<b>Principales problemas</b>	Monilla	Monilla	Monilla	Monilla
	Escoba de bruja	Escoba de bruja	Escoba de bruja	Escoba de bruja
<b>Riego</b>	Trinitario (aspersión)	Trinitario (secano)	Trinitario (aspersión)	Trinitario (aspersión)
	Nacional (secano)	Nacional (secano)	Nacional (secano)	Nacional (secano)
<b>Prácticas de cultivo</b>	Poda (2/año)	Poda (2/año)	Poda (2/año)	Poda (3/año)
	Chapeas (c/3meses)	Chapeas (c/4meses)	Chapeas (c/3meses)	Chapeas (c/3meses)
<b>Fertilización</b>	Urea(c/6meses)	10-30-10 (c/4meses)	Yaramila (c/6meses)	Abono completo (c/6meses)

### **3.2. Tipo de investigación.**

La investigación es de Tipo Experimental, donde se determinó la diversidad microbiológica del suelo en el cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional, en la zona de Buena Fe, provincia de Los Ríos. La presente tributa a la Línea de Investigación Exploratoria: Puesto que no se ha encontrado datos sobre las unidades formadoras de colonias (UFC/g de suelo seco) de los microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) de suelos procedentes del cultivo de cacao en la zona del Litoral.

### **3.3. Métodos de investigación.**

Los métodos de investigación a empleados fueron los de Observación, donde se analizó las poblaciones de los microorganismos en los medios establecidos y el Experimental, ya que se evaluó la diversidad microbiológica de suelos establecidos con cacao de origen Trinitario y Nacional, mediante la incubación de estos mismos, además de estudiar cada una de las variables con el fin de obtener datos cuantitativos, y de determinar los mejores tratamientos con la aplicación del análisis de varianza y pruebas de Tukey.

### **3.4. Fuentes de recopilación de información.**

La información cuantitativa de las variables de respuestas se obtuvo de la medición directa de las muestras de los tratamientos en los sitios experimentales (fuentes primarias de información) y la incubación en los medios de cultivos establecidos, los resultados fueron contrastados en resultados similares y en base a literatura teórica (fuentes secundarias de información), especialmente de tesis, revistas indexadas y evidencia científica comprobable y documentada.

### **3.5. Diseño de la investigación.**

Para el presente estudio se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial 2x2, con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Para la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Cada unidad experimental estuvo conformada por 2 cajas petri.

El modelo estadístico del diseño experimental es:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

**Dónde:**

$Y_{ijk}$  = La puntuación del i sujeto bajo la combinación del j valor del factor A y el k valor del factor B.

$\mu$  = La media común a todos los datos del experimento

$\alpha_j$  = El efecto o impacto del j nivel de la variable de tratamiento A.

$\beta_k$  = Efecto del k valor de la variable de tratamiento B.

$(\alpha\beta)_{jk}$  = Efecto de la interacción entre el j valor de A y el k valor de B.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

A continuación en la Tabla 5, se detalla el esquema del análisis de varianza del diseño experimental:

**Tabla 5.** *Análisis de Varianza (ANDEVA) del diseño experimental.*

<b>Fuente de variación (FV)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>	
Tratamiento	(t- 1)	3
Factor A (Suelos)	(a -1)	1
Factor B (Edad)	(b - 1)	1
Interacción A*B	(a -1) (b - 1)	1
Error experimental	(ab) (r - 1)	16
Total	(abr- 1)	19

ELABORADO: AUTOR

A continuación en la Tabla 6, se detalla los tratamientos del diseño experimental:

**Tabla 6.** Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción	Rep	TUE	N.D	N.C	Total
<b>T1</b>	Suelo CCN-51 - Joven (3-6 años)	5	2	2	4	120
<b>T2</b>	Suelo CCN-51 - Envejecido (> 7 años).	5	2	2	4	120
<b>T3</b>	Suelo Nacional - Joven (3-6 años)	5	2	2	4	120
<b>T4</b>	Suelo Nacional - Envejecido (> 7 años).	5	2	2	4	120
<b>Total</b>						<b>480</b>

\*TUE=Tamaño de la Unidad Experimental; N.D= Número de disoluciones – N.C= Número de comunidades.

ELABORADO: AUTOR

### **3.6. Instrumentos de investigación.**

Entre los instrumentos utilizados en la investigación están la observación directa, síntesis y registro de datos de las variables evaluadas en el laboratorio:

#### **3.6.1. Variables evaluadas.**

##### **3.6.1.1. Población de flora fúngica.**

Se determinó la flora fúngica mediante la disolución seriada de 10 g del suelo en disolución salina (NaCl 0.85%) con siembra posterior en medio Agar Rosa de Bengala (incubación a 25 °C durante 5 días).

##### **3.6.1.2. Población de flora bacteriana.**

Se procedió a la disolución seriada de 10 g del suelo en disolución salina (NaCl 0.85%) con siembra posterior en medio TSA (incubación a 25 °C durante 48h).

### **3.6.1.3. Población de actinomicetos.**

Para la población se determinó a través de la disolución seriada de 10 g del suelo en disolución salina (NaCl 0.85%) con siembra posterior en medio Almidon-Caseina Agar (incubación a 37°C durante 7 días).

## **3.6.2. Procedimiento Experimental.**

En el procedimiento experimental se realizó dos tipos de manejo en el ensayo: manejo del campo que inició con la recolección de muestras y el manejo de laboratorio en donde se procedió con la siembra e incubación de los microorganismos y cuantificación de los mismos.

### **3.6.3. Manejo del campo.**

#### **3.6.3.1. Recolección de muestras.**

Para la realización de la recolección de muestras en campo, se las tomó en fincas convencionales pertenecientes al Cantón Buena Fé ,ubicado en las comunidades del recinto los Limones, Aguas blancas, Congo y la Germania y se procedió a limpiar las áreas donde se extrajo sub muestras de suelo de aproximadamente un kilogramo a una profundidad de 15 cm.

#### **3.6.3.2. pH del suelo.**

La toma de pH se lo realizó con la ayuda de un potenciómetro, el cual se lo introdujo en las zonas en que se recolecto las muestras de suelo de las comunidades evaluadas.

### **3.6.4. Manejo de laboratorio.**

#### **3.6.4.1. Medios de cultivo para flora bacteriana.**

Para la preparación del cultivo de bacterias se utilizó Tryptona Soja Agar (TSA).

- Se Disolvió 40 g de polvo deshidratado del medio de cultivo en un litro de agua destilada, para luego mezclar y dejar reposar por 5 minutos.
- Se calentó suavemente agitando y hervir durante 10 o 15 minutos hasta su disolución, con un pH final de 7.3.
- Se distribuyó y esterilizó en autoclave durante 15 minutos a 118-121°C.

#### **3.6.4.2. Medio de cultivo para flora fúngica.**

Para el cultivo de hongos se usó Agar Rosa de Bengala (DRBC), a razón de 31.6 g/L.

- Se Disolvió 31.6 g del medio en 1 litro de agua destilada.
- Se mezcló para luego dejar reposar por un lapso de 10 a 15 minutos
- Luego de esto se calentó agitando hasta ebullición para su disolución, con un pH final de 5.6.
- Para luego llevar a Autoclave a 121 °C durante 15 minutos.

#### **3.6.4.3. Medio de cultivo para actinomicetos**

Este medio estuvo compuesto de: Almidón, 10 g/L; Caseína, 10 g/L; KH<sub>2</sub> PO<sub>4</sub> fosfato de potasio, 0.5 g/L y MgSO 47H<sub>2</sub>O sulfato de magnesio, 0.5 g/L.

- Posteriormente se ajustó el pH del medio a 7 y se le añadió 18 g de Agar bacteriológico (tipo Eu/Am). Se calentó en agitación a 60 °C.
- Luego fueron colocados en autoclave a 121 °C durante 15 minutos.

A continuación en la Tabla 7, se detalla las características de usos de los medios de cultivos establecidos:

**Tabla 7.** Características de usos de los medios de cultivos establecidos.

<b>Medio de cultivo</b>	<b>Tiempo de incubación</b>	<b>Temperatura de incubación</b>	<b>Diluciones de siembra</b>
TSA	48 horas	25°C	10 <sup>-4</sup> y 10 <sup>-5</sup>
DRBC	5 días	25°C	10 <sup>-4</sup> y 10 <sup>-5</sup>
Almidón- Caseína	7 días	37°C	10 <sup>-4</sup> y 10 <sup>-5</sup>

TSA= Trypthona soja agar; DRBC = Agar Rosa de Bengala

**ELABORADO:** AUTOR

#### **3.6.4.4. Recolección de muestras y recuento de unidades formadoras de colonias.**

Las muestras de suelo se tomaron de las comunidades anteriormente mencionadas, se procedió a realizar varias muestras y sub muestras de la zona en estudio y recogió 1 kg de suelo a una profundidad de 15 cm y con una distancia de árbol de 60 cm.

El recuento de UFC (Unidades formadoras de colonias) se determinó utilizando la metodología conocida como diluciones seriadas, para lo cual se enumeraron seis tubos de ensayo desde el uno hasta seis, según tratamiento, repetición y comunidad, seguidamente se pesó en una balanza 1.0 g de suelo, anticipadamente tamizado, luego se tomaron pequeñas cantidades de diversas partes del suelo resultante de un cuarteo previo.

Posteriormente se agregó el gramo de suelo al tubo número uno, se agito y se tomó una alícuota de 1.0 mL, usando una pipeta estéril, luego se transfirió ésta al tubo número dos, se agito y con una pipeta diferente, se tomó otra alícuota de 1.0 mL, para transferirla al número tres, de ésta forma se continuo sucesivamente hasta llegar al tubo número seis.

En este punto se obtuvo la dilución correspondiente de las muestras en el medio de cultivo. Estos se realizó tomando una alícuota de 50 µL con la ayuda una pipeta estéril, para ubicarla sobre la superficie de los respectivos platos, posterior a esto, se esparció el líquido

con una aza realizando giros alrededor de la caja sobre el medio de cultivo según el microorganismo.

De las diluciones se usaron únicamente los tubos cuatro y cinco por ser aquellos donde fue más probable obtener colonias separadas de los hongos, bacterias y actinomicetos, una vez concluida la distribución, se cerró el plato y se rotulo sobre la tapa, usando un marcador. Finalmente se cerró las cajas Petri con parafilm y se incubaron a temperaturas indicadas según el microorganismos.

### **3.7. Tratamiento de los datos.**

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza (ANDEVA) y los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), con la utilización de un software libre. Cuadros, figuras y el procesamiento de los datos se realizó en hojas de cálculo de EXCEL del paquete Office de Microsoft.

### **3.8. Recursos humanos y materiales.**

Talento humano que contribuyó en la realización del proyecto de investigación son los que se nombran a continuación:

- Director del proyecto de investigación Ing. Ph.D. Orly Cevallos.
- Estudiante y autor del Proyecto de Investigación Jerry Rivera Benites.
- Lugar de la Investigación Centro Tecnológico Maquita.
- Coordinador del laboratorio del Centro Tecnológico Maquita, Ing. Carlos Zambrano.

### **3.9. Materiales.**

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales:

### **3.9.1. Material genético.**

Se utilizó 2 variedades de cultivo de Cacao, tipo CCN-51 y Nacional, con dos edades categorizadas en joven (3-6 años) y envejecido (>7 años), provenientes de Fincas de agricultores de la Zona Buena Fe.

### **3.9.2. Equipos.**

- Estufa de cultivo
- Cabina de bioseguridad
- Autoclave.
- Balanza digital
- Balanza analítica
- Calentador agitador
- Desecador
- Destilador de agua

### **3.9.3. Materiales de vidrio**

- Vasos de precipitación
- Cajas petri
- Tubos de ensayo
- Matraz erlenmeyer de 500 y 1000 mL
- Frascos de vidrio
- Varilla de agitación
- Embudo de porcelana
- Bureta

### **3.9.4. Otros materiales**

- Asa de inoculación
- Mechero
- Agitador magnético
- Alcohol 96°
- Cloro
- Gasa y algodón

- Papel parafilm y papel filtro
- Papel de aluminio
- Maceteros
- Fundas
- Agua destilada
- Machete
- Humus

### **3.9.5. Reactivos.**

- Cloruro de sodio
- Agar nutritivo
- Tryptona Soja Agar (TSA)
- Agar Rosa de Bengala (DRBC)
- Almidón- Caseína

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados y discusión.

### 4.1.1. Conteo microbiano.

En este capítulo se muestran los resultados del presente estudio referentes al conteo microbiológico de suelos con cultivo de cacao (CCN-52 y Nacional), de cuatro comunidades pertenecientes al cantón Buena Fé, cabe recalcar que los datos fueron tomados de poblaciones que contenían 30 – 300 unidades formadoras de colonia (UFC/gss).

#### 4.1.1.1. Flora fúngica.

Con respecto a población de flora fúngica, se indica el efecto (A) del suelo de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 8.** *Flora fúngica en el suelo de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.*

Comunidad	Flora fúngica (UFC/ gss)		p<
	Factor (A)		
	Suelo de cacao CCN-51	Suelo de cacao Nacional	
Aguas Claras	7.8 x 10 <sup>5</sup> a	7.9 x 10 <sup>5</sup> a	0.9971 NS
Congo	8.5 x 10 <sup>5</sup> a	5.8 x 10 <sup>5</sup> b	0.0025 *
Germania	5.4 x 10 <sup>5</sup> a	2.1 x 10 <sup>5</sup> b	0.0010 *
Limones	5.1 x 10 <sup>5</sup> b	6.6 x 10 <sup>5</sup> a	0.0494 *

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; Promedios en sentido horizontal con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

En la Tabla 8, se observa que existió significancia estadística (p<0.05) en los suelos de cacao (CCN-51 y Nacional) provenientes de las comunidades Germania, Congo y Limones, donde se indica que existió variaciones en la población de flora fúngica entre los sectores evaluados, pues en las comunidades de Germania y el Congo, el suelo de cacao tipo Nacional obtuvo un menor número de unidades formadoras de colonias (UFC/gss) con respecto al suelo de cacao CCN-51 el cual fue el que reflejó los mayores valores.

Estas variaciones de población fúngica encontradas en las comunidades están relacionada a lo dicho por Hoggs (82), quien indica que el número de microorganismos depende de las

labores realizadas en el suelo y el tipo de cultivo establecido ya que estos disminuyen a medida que se aleje de la superficie del suelo, como de la materia orgánica y oxígeno debido a que la mayoría de los hongos presentes son heterótrofos aerobios que participan en la descomposición de sustrato orgánicos.

En cuanto a la comunidad de los Limones generó una respuesta inversa al de los dos sectores antes mencionados, ya que el suelo de cacao CCN-51 obtuvo un menor valor en carga fúngica en comparación con el del otro tipo de suelo, y con respecto a la comunidad Agua Claras no presentó significancia estadística pues no hubo diferencia de población entre ambos pues los recuentos no superaron los  $10^5$ , estos valores concuerdan con lo escrito por Paucar et al (83), quienes indican que la población de hongos dependerá del tipo de suelo, pues al realizar un análisis de suelo tipo Andisol de la Sierra Norte y Centro de Ecuador, encontró que al cuantificar la población de microorganismos de hongos una recuento desde  $10^5$  hasta  $10^7$  unidades formadoras de colonia por gramo de suelo seco (UFC/gss).

En la siguiente Tabla 9, se detalla el efecto (B) de la edad de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 9.** Flora fúngica con respecto a la edad de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

Comunidad	Flora fúngica (UFC/ gss)		p<
	Factor (B)		
	Jóven (3-6 años)	Envejecido (>7 años)	
Aguas Claras	$7.3 \times 10^5$ a	$8.3 \times 10^5$ a	0.4689 NS
Congo	$7.1 \times 10^5$ a	$7.4 \times 10^5$ a	0.6863 NS
Germania	$3.1 \times 10^5$ a	$4.4 \times 10^5$ a	0.1602 NS
Limones	$7.4 \times 10^5$ a	$4.2 \times 10^5$ b	0.0004 *

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; Promedios en sentido horizontal con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $p < 0.05$ ); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

La Tabla 9, muestra los resultados del factor (B) donde la comunidad Limones fue la única que presentó significancia estadística ( $p < 0.05$ ) con la edad del cultivo de cacao envejecido

(> 7 años), pues esta presenta un bajo recuento de flora fúngica en comparación con la edad del cultivo de cacao joven (3-6 años), estos valores reflejados son más altos a los encontrados por Álvarez (84), quien indica que en el suelo del Parque Itchimbia de la Provincia de Pichincha donde se encuentran árboles frutales y forestales con más de 30 años se encontró que la población de hongos totales, no presentaron diferencias significativas pues obtuvo un promedio total de  $1.17 \times 10^3$  UFC/g de suelo.

Por el contrario Martínez (85), obtuvo un número mayor de propágulos fúngicos en plantas frutales asociados con árboles forestales, señalando que la hojarasca producida junto a las condiciones de suelo determina las comunidades y actividades biológicas de los microorganismos presentes.

Sin embargo Palacios et al (86) indican que la información cualitativa y cuantitativa de los microorganismos del suelo en nuestro país es muy escasa, en especial los suelos que han sufrido algún tipo de daño, de forma natural o provocado por el hombre, pues las labores o antecedentes del terreno influyen en la población de hongos y demás.

En la siguiente Tabla 10, se detalla el efecto de la interacción de los tratamientos sobre el conteo fúngico de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 10.** *Interacción de los tratamientos sobre el conteo fúngico de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.*

Comunidad	Tratamientos (UFC/ gss)				>p		
	T1	T2	T3	T4	A	B	A x B
A. Claras	$8.3 \times 10^5$ a	$7.3 \times 10^5$ a	$6.4 \times 10^5$ a	$9.2 \times 10^5$ a	0.9971 NS	0.4689 NS	0.4531 NS
Congo	$6.0 \times 10^5$ bc	$1.1 \times 10^6$ a	$8.1 \times 10^5$ ab	$3.6 \times 10^5$ c	0.0025 *	0.6863 NS	0.0001 **
Germania	$4.9 \times 10^5$ a	$5.9 \times 10^5$ a	$1.4 \times 10^5$ b	$2.8 \times 10^5$ ab	0.0010 *	0.1602 NS	0.0055 *
Limones	$7.0 \times 10^5$ a	$3.1 \times 10^5$ b	$7.8 \times 10^5$ a	$5.3 \times 10^5$ ab	0.0494 *	0.0004 *	0.0014 *

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; A. Claras= Aguas Claras; T1= Suelo CCN-51 Joven (3-6 años); T2= Suelo CCN-51 Envejecido (>7 años); T3= Suelo Nacional Joven (3-6 años); T4= Suelo Nacional Envejecido (>7 años); Factor A= Suelos (Nacional y CCN-51); Factor B= Edad de cultivo (3-6; >7 años); Promedios en sentido horizontal con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $p < 0.05$ ); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

En la Tabla 10, se indica la interacción de los tratamientos sobre el conteo fúngico del cacao tipo CCN-51 y Nacional, donde se observa que existió significancia estadística ( $p < 0.05$ ) para las comunidades de Germania – Limones y alta significancia ( $p < 0.0001$ ) para el sector del Congo, determinando así una relación dependiente de los factores estudiados con respecto a la población de flora fúngica.

De forma general se observó que los tratamientos 3 y 4 de cacao (Nacional joven y envejecido) fueron los que presentaron un bajo recuento de unidades formadoras de colonias en comparación con el del cacao tipo CCN-51 determinando así una baja actividad de hongos, este comportamiento se vio reflejado en las comunidades evaluadas a excepto del sector de Aguas Claras, pues en este sitio no se reflejó diferencias significativas ya que se encontraba con similares valores de recuento de población.

Las variaciones en recuento de hongos de los tratamientos obtenidos en la investigación son superiores a los valores mencionados por Cruz (87), quien al cuantificar la población de hongos en asociaciones de árboles forestales con cacao obtuvo promedios de 4.12 y 3.85 UFC/Log10. No obstante Morales (88), señala que al comparar el mismo sistema agroforestal con cacao obtuvo recuento fúngicos parecidos sin embargo la asociación con el árbol de *Tabebuia donnel-smithii* obtuvo la mayor población.

Sin embargo el pH de las comunidades evaluadas tenían variaciones de 5.6 a 6.5 por lo que esta acidez encontrada concuerda con lo registrado por Alexander (89); Silvila de Carry (90), quienes indican que las colonias de hongos son predominantes en suelos ácidos, ya que con esta clase de pH las colonias de los hongos favorecen a la captación de agua y nutrimentos para el suelo, además de no presentar competencia con bacterias y actinomicetos.

Por otro lado Grishkan *et al.* (91); Grishkan y Nevo (92), indican que la estructura de las comunidades de hongos en el suelo no sólo es afectada por la precipitación como parte del clima, también lo es por el microhábitat, que a su vez, depende de la vegetación dominante o salinidad del suelo.

#### 4.1.1.2. Flora bacteriana.

Con respecto a flora bacteriana, se indica el efecto (A) del suelo de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 11.** Flora bacteriana en el suelo de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

Comunidad	Flora bacteriana (UFC/gss)		p<
	Factor (A)		
	Suelo de cacao CCN-51	Suelo de cacao Nacional	
Aguas Claras	1.3 x 10 <sup>7</sup> a	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	0.2386 NS
Congo	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	0.8700 NS
Germania	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	0.2264 NS
Limones	1.3 x 10 <sup>7</sup> a	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	0.3273 NS

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; Promedios en sentido horizontal con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

En la Tabla 11, se observa que no existió significancia estadística (p>0.05) en los suelos de cacao (CCN-51 y Nacional) provenientes de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras, ya que no se encontró variaciones en la población de flora bacteriana (UFC/gss) siendo iguales en el suelo de cacao tipo Nacional como el del cultivo de cacao CCN-51.

No obstante se aprecia que los valores obtenidos se encuentran en base de 10<sup>7</sup> y estos son superiores a los encontrados por Álvarez (84), quien muestra que los promedios de unidades formadoras de colonia de las bacterias totales en suelo de las áreas del Parque Itchimbí (Pichincha) se encuentran entre los 10<sup>6</sup> UFC/g de suelo, por lo que las condiciones climáticas influyen en la comunidad bacteriana.

Además se observa que las poblaciones de bacterias no reflejaron variaciones de población por lo que se estima que la flora bacteriana no solo están comprendidas por el tipo de vegetación o cultivo, este comportamiento se asemeja a lo señalado por Neufeld et al (93), quienes muestran que la distribución de flora bacteriana no se corresponde con los biomas eucariotas como la selva, la pradera, cultivos o la tundra, además Bossio et al (94), señala que no hay consenso sobre cómo se distribuyen las poblaciones microbianas sobre el suelo

pero que esta, es más afectada por las propiedades del suelo que la vegetación que el suelo soporta.

De igual forma Fierer (95) y Gelsomino (96), señalan que la textura del suelo, el pH o el material parental son los factores que controlan la estructura de la comunidad bacteriana del suelo, influyendo en la población de bacterias.

Por lo tanto Marschner (97), indica que la interacción entre los tipos de suelo, especies de plantas/genotipos y las etapas de crecimiento pueden afectar las comunidades microbianas en la rizosfera del suelo infiriendo en la población.

En la siguiente tabla 12, se detalla el efecto (B) de la edad de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 12.** Flora bacteriana con respecto a la edad de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

Comunidad	Flora bacteriana (UFC/gss)		p<
	Factor (B)		
	Jóven (3-6 años)	Envejecido (>7 años)	
Aguas Claras	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	0.7253 NS
Congo	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	0.4299 NS
Germania	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	0.0189 NS
Limones	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	1.3 x 10 <sup>7</sup> a	0.8289 NS

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; Promedios en sentido horizontal con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

La Tabla 12, muestra los resultados del factor (B) donde se indica que este no presentó significancia estadística (p>0.05) en la edad del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades evaluadas, pues estas mantienen un mismo número de población de flora bacteriana entre sí.

Estos valores reflejados son superiores a los mencionados por Uribe (98), en el cual señala que el promedio de las bacterias en un suelo sano, fértil y productivo se presenta con valores superiores a la 10<sup>3</sup> UFC/ gss, por lo que los promedios de bacterias totales

encontrados en el suelo de cada comunidad, se mantienen por encima de los valores registrados. Así mismo Alexander (89) manifiesta que la presencia y cantidad de hongos puede estar influenciada directa o indirectamente por factores medio ambientales como la humedad, la temperatura y otros.

Así mismo Arévalo (99), indica que en el cultivo de cacao, las prácticas de manejo han influenciado la actividad de la población bacteriana en la rizósfera del suelo, es por ello que sus genotipos de cacao (ICT-2142 y U-30) evaluados, variaron la abundancia de bacterias, debido a los procesos bioquímicos ejercidos por las raíces de las plantas.

Por otro lado Nunan *et al.* (100), señalan que las comunidades bacterianas no están distribuidas al azar en el suelo, si no que siguen patrones especiales de adherencia a escalas de varios milímetros y metros y que la edad de los genotipos o cultivares incitan la actividad y población de microorganismos presentes en el suelo.

Además Nielsen y Winding (101) , indican que la población de las bacterias se concentra en gran medida en el suelo superficial, cuya profundidad puede variar, ya que en la tierra vegetal los componentes biológicos ocupan una fracción muy pequeña (menos al 0.5%) del volumen total del suelo y constituyen menos del 10% de la materia orgánica total en el suelo.

En la siguiente Tabla 13, se detalla efecto de la interacción de los tratamientos sobre el conteo bacteriano de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 13.** *Interacción de los tratamientos sobre el conteo bacteriano de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.*

Comunidad	Tratamientos(UFC/ gss)				>p		
	T1	T2	T3	T4	A	B	A x B
Germania	1.3 x 10 <sup>7</sup> a	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	1.0 x 10 <sup>7</sup> a	0.2264 NS	0.0189 NS	0.8113 NS
Congo	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	1.0 x 10 <sup>7</sup> a	0.8700 NS	0.4299 NS	0.4989 NS
Limones	1.3 x 10 <sup>7</sup> a	1.4 x 10 <sup>7</sup> a	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	0.3273 NS	0.8289 NS	0.9120 NS
A. Claras	1.3 x 10 <sup>7</sup> a	1.1 x 10 <sup>7</sup> a	1.0 x 10 <sup>7</sup> a	1.2 x 10 <sup>7</sup> a	0.2386 NS	0.7253 NS	0.0651 NS

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; A. Claras= Aguas Claras; T1= Suelo CCN-51 Joven (3-6 años); T2= Suelo CCN-51 Envejecido (>7 años); T3= Suelo Nacional Joven (3-6 años); T4= Suelo Nacional Envejecido (>7 años); Factor A=

Suelos (Nacional y CCN-51); Factor B= Edad de cultivo (3-6; >7 años); Promedios en sentido horizontal con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $p < 0.05$ ); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

La Tabla 13, se revela los resultados de la interacción, los cuales no presentaron significancia estadística ( $p > 0.05$ ) en cuanto al conteo bacteriano del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional de las comunidades Germania, Congo, Limones y Aguas Claras pertenecientes al cantón Buena Fé, ya que el recuento de bacterias fue el mismo a través de los sectores. Reflejando así que los factores estudiados son completamente independientes en cuanto a número unidades formadoras de colonias (UFC/gss) de bacterias en el suelo.

De igual manera Morales (88) obtuvo valores inferiores  $1.37 \times 10^6$  a los registrados en esta investigación, donde indica que la mayor población la alcanzo sistemas agroforestales con *Coffea arabica* y *Theobroma cacao* en el sur de Manabí, donde enmarca que estos resultados varían debido a las condiciones edafoclimáticas y los sistemas de producción estudiados.

Por otro lado Cruz (87), señala que el recuento bacteriano de árboles forestales en asociación con cacao obtuvo un valor de 3.70 UFC/Log10 y que su mayor población fue el de una plantación de *Terminalia ivorensis* (5.60 UFC/Log10) en donde indica que este comportamiento se debe a que esta provee gran cantidad de hojarasca y material vegetativo sobre la cubierta del suelo, lo cual sirve como fuente de alimentación para los microorganismos. No obstante Martinezzi (85), obtuvo valores superiores en cuanto a población bacteriana (6.40 UFC/Log10) en sistemas de frutales con árboles de *Nothofagus* en Chile.

En tanto Marschner *et al.* (97), revelan que las comunidades microbianas responden de manera diferente a los compuestos liberados por las raíces, como también los exudados de las raíces son diferentes y se cree que esta condición explique las comunidades microbianas específicas en la rizosfera de los diferentes tipos de suelo.

Y Garbeva *et al.* (102), señalan que además, el tipo de suelo es otro factor importante para la determinación de las comunidades microbianas en la rizósfera, como los suelos presentan diferentes texturas, pH, aireación y otras características físico-químicas que

pueden afectar a las comunidades microbianas, proporcionando un hábitat específico para la selección de microbios específicos, e indirectamente, al afectar exudación de las raíces de la planta.

Del mismo modo Yang y Crowley (103), revelan que hay muchas evidencias de que los exudados de las raíces están fuertemente afectadas por la etapa de crecimiento de la planta, que a su vez, con el tiempo, estas pueden afectar a las comunidades microbianas en la rizósfera del suelo.

Por lo tanto Magdoff (104), señala que la diversidad biológica del suelo, es parte importante de la salud y estabilidad del agroecosistema. Una amplia mezcla de organismos crea un sistema en el cual la competencia por las fuentes alimenticias, nichos y dinámicas depredador-presa, ayudan a limitar las poblaciones de bacterias y hongos que causan enfermedades, nematodos parásitos de las plantas y problemas insectiles.

Así mismo Tian (105), indica que la comunidad de organismos (fauna y microorganismos) en el suelo juegan un rol crucial en mantener la calidad y fertilidad del suelo, debido a su participación en el ciclo de nutrientes a través de la descomposición de la materia orgánica, mejorando los procesos físicos del suelo y almacenamiento de nutrientes.

#### 4.1.1.3. Actinomicetos.

Con respecto a población de actinomicetos, se indica el efecto (A) del suelo de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 14.** *Actinomicetos en el suelo de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.*

Comunidad	Actinomicetos (UFC/gss)		p<
	Factor (A)		
	Suelo de cacao CCN-51	Suelo de cacao Nacional	
Aguas Claras	9.2 x 10 <sup>6</sup> a	9.1 x 10 <sup>6</sup> a	0.9573 NS
Congo	3.8 x 10 <sup>6</sup> b	8.3 x 10 <sup>6</sup> a	0.0001 **
Germania	8.7 x 10 <sup>6</sup> a	7.5 x 10 <sup>6</sup> a	0.1516 NS
Limones	6.9 x 10 <sup>6</sup> a	4.1 x 10 <sup>6</sup> b	0.0272 *

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

En la tabla 14, se observa que existió significancia estadística ( $p < 0.05$ ) en los suelos del cultivo de cacao (CCN-51 y Nacional) provenientes de las comunidades Congo y Limones, donde se refleja las variaciones en la población de actinomicetos UFC/gss entre los dos sectores, sin embargo en la comunidad del Congo, el suelo de cacao Nacional fue el que obtuvo los más altos recuento de población al contrario del sector de Limones quien el suelo de cacao CCN-51 fluctuó con el mayor valor.

Sin embargo se puede apreciar que las poblaciones de actinomicetos obtenidos se encuentran en base de  $10^6$ , valor que se asemeja a lo dicho por Goodfellow y Williams (106) quienes señalan que la densidad de población de actinomicetos y actinobacterias se encuentran en el orden de  $10^6$  a  $10^9$  células por gramo de suelo y que esta a su vez depende del hábitat y de las condiciones climáticas predominantes.

Además Mayfield *et al.* (107), indican que la mayoría de los Actinomicetos son organismos saprofitos que habitan con mayor abundancia en suelos que otros medios, especialmente en suelos alcalinos, pasando la mayor parte de su ciclo de vida como esporas semidormantes, especialmente en condiciones de limitación de nutrientes.

Pero Prabakaran (108), también señala que las condiciones más favorables para los actinomicetos son aquellos suelos ligeramente alcalinos, pues estas son las más aptos para su desarrollo y población de actinomicetos sobre el suelo.

En la siguiente tabla 15, se detalla el efecto (B) de la edad de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 15.** Actinomicetos con respecto a la edad de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

Comunidad	Actinomicetos (UFC/gss)		p<
	Factor (B)		
	Jóven (3-6 años)	Envejecido (>7 años)	
Aguas Claras	$9.7 \times 10^6$ a	$8.6 \times 10^6$ a	0.2746 NS
Congo	$6.9 \times 10^6$ a	$5.2 \times 10^6$ b	0.0461 *
Germania	$8.3 \times 10^6$ a	$7.9 \times 10^6$ a	0.5973 NS
Limones	$5.2 \times 10^6$ a	$5.8 \times 10^6$ a	0.5868 NS

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $p < 0.05$ ); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

En la tabla 15, se muestra los resultados de la significancia estadística ( $p < 0.05$ ) de la comunidad del Congo con relación a la edad del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional, en la que se refleja que el suelo de edad envejecido ( $> 7$  años) posee un menor número de unidades formadoras de colonia (UFC/gss) de actinomicetos en comparación con el de otra edad.

Por su parte el resto de comunidades evaluadas no mostraron diferencias significativas entre si pues ambos suelos de cacao con edades diferentes poseían similares recuentos de actinomicetos.

No obstante Xue *et al.* (109), reportan una gran cantidad de actinomicetos aislados de rizósfera de diferentes cultivos agrícolas, considerándola como una gran fuente y reservorio de estos microorganismos, además de que indica que los rastrojos de cultivos también ayudan a la proliferación de actinomicetos en el suelo.

Cabe mencionar que Kamal (110), en su evaluación encontró que todos los municipios de México en que se habían sembrado frutales poseían una gran cantidad de actinomicetos, no dependiendo del nivel de tecnificación; sin embargo, es importante señalar que en algunos se realizan aplicaciones de materia orgánica, lo cual favorece el establecimiento de estos microorganismos, por lo que el manejo de fertilización indica un mayor porcentaje de comunidades de actinomicetos.

Pero Cardona *et al.* (111), indican que la abundancia de actinomicetos y micorrizas arbusculares en paisajes fragmentados de la Amazonía colombiana, se encuentra en promedios de  $1.5 \times 10^3$  por cada 100 g de suelo, generando resultados bajos en los suelos de actinomicetos.

Además Gopalakrishnan *et al.* (112), manifiestan que los actinomicetos son una alternativa con gran potencial para ser usados como agentes de control biológico como *Fusarium* spp. en cultivos de frutales.

**Tabla 16.** Interacción de los tratamientos sobre el conteo de actinomicetos de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

Comunidad	Tratamientos (UFC/gss)				>p		
	T1	T2	T3	T4	A	B	A x B
Germania	8.8 x 10 <sup>6</sup> a	8.6 x 10 <sup>6</sup> a	7.8 x 10 <sup>6</sup> a	7.3 x 10 <sup>6</sup> a	0.1516 NS	0.5973 NS	0.7973 NS
Congo	4.4 x 10 <sup>6</sup> bc	3.1 x 10 <sup>6</sup> c	9.4 x 10 <sup>6</sup> a	7.1 x 10 <sup>6</sup> ab	0.0001 **	0.0461 *	0.0305 *
Limones	7.0 x 10 <sup>6</sup> a	6.8 x 10 <sup>6</sup> a	1.0 x 10 <sup>6</sup> b	4.9 x 10 <sup>6</sup> ab	0.0272 *	0.5868 NS	0.4758 NS
A. Claras	9.1 x 10 <sup>6</sup> a	9.3 x 10 <sup>6</sup> a	3.4 x 10 <sup>6</sup> a	8.0 x 10 <sup>6</sup> a	0.9573 NS	0.2746 NS	0.1811 NS

UFC = Unidades formadoras de colonia; gss = Gramos de suelo seco; A. Claras= Aguas Claras; T1= Suelo CCN-51 Joven (3-6 años); T2= Suelo CCN-51 Envejecido (>7 años); T3= Suelo Nacional Joven (3-6 años); T4= Suelo Nacional Envejecido (>7 años); Factor A= Suelos (Nacional y CCN-51); Factor B= Edad de cultivo (3-6; >7 años); Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

En la presenta Tabla, se indica los resultados de la interacción de los tratamientos, de los cuales la comunidad del Congo presentó significancia estadística (p<0.05) en cuanto al conteo de actinomicetos en el cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional, pues los tratamientos 3 y 4 referentes al suelo de cacao Nacional presentó los valores más bajos en comparación al CCN-51.

En cuanto a la significancia estadística del factor (A) de comunidad de Limones refleja que coincide con los tratamientos del cacao Nacional como valores bajos de actinomicetos presentes en el suelo de estudio.

Pero según Álvarez (84), señala que en totalidad de la población de actinomicetos fue menor en comparación a las poblaciones de bacterias y hongos totales encontrados en el parque de Itchimbía pues estos alcanzaron un promedio total de 7.3 x 10<sup>3</sup> UFC/ g de suelo.

Sin embargo Sivila y Angulo (113), revelan que la población de actinomicetos es de gran interés para determinar la calidad del suelo, porque su presencia demuestran que el suelo es sano y que mantiene los niveles de nutrientes elevados para ser productivos. Y que según Sánchez (114), los actinomicetos se los encuentra con mayor frecuencia en suelos ricos en materia orgánica, ya que no toleran pH bajos, suelos húmedos y con baja aireación.

También Benzing (115), muestra que los actinomicetos son microorganismos aerobios capaces de sobrevivir con poca humedad y 36 de estos participan en la descomposición de celulosa y lignina, pues en su mayoría son saprofitos y proliferan más con un mayor

contenido de materia orgánica, especialmente cuando está en sus últimas etapas de descomposición generando una mayor actividad microbiológica en el suelo (116).

Señalando según Jaizme y Rodríguez (117), que la actividad microbiana de la rizósfera en gran medida, es responsable del funcionamiento del ecosistema y de la fertilidad de los suelos agrícolas fortaleciendo la productividad de los cultivos y mejorando la calidad biológica.

Además Hernández *et al.* (118), indican que este tipo de bacterias, aseguran la sostenibilidad de los cultivos contribuyendo a mejorar la calidad del suelo, limitar el aporte de nutrientes e incrementar los rendimientos en producción desarrollando un equilibrio para la agricultura.

#### 4.1.2. pH.

Con respecto al pH, se indica el efecto (A) del suelo de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.

**Tabla 17.** *pH de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.*

Comunidad	pH		p<
	Factor (A)		
	Suelo de cacao CCN-51	Suelo de cacao Nacional	
Aguas Claras	6.03 b	6.50 a	0.0172 *
Congo	6.02 a	6.01 a	0.9395 NS
Germania	6.09 a	6.05 a	0.7768 NS
Limones	6.07 a	5.67 b	0.0080 *

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $p < 0.05$ ); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

En la Tabla 17, se aprecia que existió significancia estadística ( $p < 0.05$ ) en los suelos de cacao (CCN-51 y Nacional) provenientes de las comunidades Limones donde el pH del suelo de cacao Nacional obtuvo un valor de 5.67 (medianamente ácido) y en Aguas Claras,

fue inverso con 6.03 (ligeramente ácido), ya que en el resto de comunidades no se encontró variaciones siendo iguales el pH en el suelo de ambas variedades de cacao.

Arguello (119), en su trabajo indica que los valores de pH más ácidos correspondieron a los suelos de cacao de la localidad de Florilandia (5.32) y Villa Antigua (5.42), suelos que anteriormente fueron cultivados por más de 2 años con arroz, por consiguiente estos valores de acidez se atribuyen a que los suelos tardan más tiempo en recuperarse del exceso de agroquímicos como los empleados en este tipo de cultivo (120). Por otro, estos mismos señalan que el pH de Porvenir (6.48) favorece al cultivo de cacao notoriamente dado que las formas más solubles y disponibles de P, están presentes en el rango de 6.0 a 7.0 obteniendo producciones aceptables (121).

Los valores obtenidos son superiores a los escrito por Leiva *et al* (122), muestra que en suelos de cacao de bosque húmedo premontano (bh-pm) provienen de cenizas volcánicas y se caracterizan por tener un pH ácido y una alta capacidad de retención de humedad ya que el pH medido osciló entre 5 y 6 interpretado como ligeramente ácido, en suelos con pH de 5.6 la mayoría de los microorganismos beneficiosos para los cultivos existen, y sus enzimas son activas (123).

En la siguiente Tabla 18, se detalla el efecto (B) de la edad de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé

**Tabla 18.** *pH respecto a la edad de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.*

Comunidad	pH		p<
	Factor (B)		
	Jóven (3-6 años)	Envejecido (>7 años)	
Aguas Claras	6.14 a	6.39 a	0.1768 NS
Congo	6.26 a	5.77 b	0.0016 *
Germania	6.03 b	6.11 a	0.5722 NS
Limones	5.70 b	6.04 a	0.0204 *

Promedios en sentido horizontal con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo

Se observa que en la Tabla 18, existió significancia estadística ( $p < 0.05$ ) con respecto a el pH del suelo de edad envejecido (> 7 años) proveniente del sector Congo y el suelo de edad joven de Limones en los cuales obtuvieron valores menores al resto siendo estos medianamente ácidos 5.70 – 5.77, en comparación al resto de comunidades que se encuentra entre los rangos de ligeramente ácido.

Cerdas (124), indica que en suelos con cultivo de cacao como monocultivo con una edad promedio de 20 años poseen un pH de 5.73 y en asociaciones con laurel fue de 5.33, lo que sugiere un incremento en las actividades de microorganismos que intervienen en la mineralización y solubilización del fósforo, además de aportar a la actividades biológicas en el suelo (125).

Además Porta *et al.* (126), señalan que el suelo presenta propiedades físicas y químicas que le confieren características particulares y su descripción tanto en campo como en el laboratorio es muy importante, ya que tienen gran influencia sobre el pH, así como también en el componente microbiano edáfico.

**Tabla 19.** *Interacción de los tratamientos sobre el pH de huertas de cacao CCN-51 y Nacional de las comunidades Aguas Claras, Congo, Germania y Limones del cantón Buena Fé.*

Comunidad	Tratamientos				>p		
	T1	T2	T3	T4	A	B	A x B
Germania	6.26 a	5.92 a	5.80 a	6.30 a	0.7768 NS	0.5722 NS	0.0520 NS
Congo	6.30 a	5.78 ab	6.46 a	5.76 b	0.9395 NS	0.0016 *	0.9395 NS
Limones	5.98 a	6.16 a	5.42 b	5.92 ab	0.0080 *	0.0204 *	0.2434 NS
A. Claras	5.82 b	6.24 a	6.27 ab	6.54 a	0.0172 *	0.1768 NS	0.3509 NS

A. Claras= Aguas Claras; T1= Suelo CCN-51 Joven (3-6 años); T2= Suelo CCN-51 Envejecido (>7 años); T3= Suelo Nacional Joven (3-6 años); T4= Suelo Nacional Envejecido (>7 años); Factor A= Suelos (Nacional y CCN-51); Factor B= Edad de cultivo (3-6; >7 años); Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $p < 0.05$ ); NS = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo.

La Tabla 19, muestra los resultados de la interacción de los tratamientos, de los cuales no presentaron significancia estadística ( $p > 0.05$ ) en cuanto al pH de suelo del cultivo de cacao tipo CCN-51 y Nacional, pues los tratamientos 3 y 4 referentes al suelo de cacao Nacional presentó los valores más bajos en comparación al CCN-51, obteniendo como respuesta comportamientos independientes entre factores.

Sin embargo Arguello (127), revela que las condiciones físicas y químicas del suelo juegan como rol importante en el crecimiento y producción del cultivo de cacao, pues el nivel de pH del suelo determinan la respuesta del árbol como actor en las interacciones biológicas.

Según Wood (128), indica que el pH debe estar en el rango de 6.0 a 7.5 en la capa superficial, sin ser excesivamente ácido (pH menor a 4.0) o alcalino (pH mayor a 8.0), hasta una profundidad de un metro para alcanzar los niveles deseados de producción. Pero Amores (129), selecciona a los suelos aluviales, de textura franco-arcillosa, franco-limosa y franco-arenosa, suelto y profunda, que le permitan la raíz principal penetrar de 80 a 150 centímetros, como las condiciones idóneas e interacciones microbiológicas.

De tal manera que para el cultivo de cacao que crece en suelos con bajo pH la presencia de bacterias contribuye a la nutrición, pues uno de los mayores beneficios de los microorganismos, es su capacidad para facilitar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo mediante la fijación biológica (130), además se les atribuyen otras cualidades entre las que se destacan la solubilización de nutrientes que los hace disponibles para las plantas (131).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones.

- La población de hongos en el suelo de huertas de cacao de una misma localidad, son muy semejantes en plantaciones de un mismo tipo de cacao, sin embargo la flora fúngica es más estable dentro del tiempo en huertas de cacao Nacional, que en huertos de CCN-51, pues estas disminuyen a medida que avanza la edad de la plantación, bajo estas circunstancias la población de hongos en el suelo de huertos de cacao fluctúan entre  $1.4 \times 10^5$  a  $1.1 \times 10^6$  UFC/gss. Y con respecto a unidades formadoras de colonias de bacterias, el comportamiento de estas fue similar en cuanto a comunidades como en tipos de huertas de cacao, registrando valores de  $1.0 \times 10^7$  a  $1.4 \times 10^7$  UFC/gss.
- Las poblaciones de actinomicetos en el suelo de huertas de cacao fue diferente en los sectores como en los tipos de cacao, pues las huertas de CCN-51 existía un mayor recuento de actinomicetos en comparación a las del Nacional, sin embargo esta población alta se mantenía en plantaciones jóvenes establecidas, pues las unidades formadoras de colonias de ambos tipos de cacao decrecían con la edad del cultivo, oscilando valores de  $9.4 \times 10^6$  a  $1.0 \times 10^6$  UFC/gss.
- El pH evaluado en el suelo de huertas de cacao fue similar en cuanto al tipo de cacao, no obstante difirió de acorde a las comunidades y edad de las huertas obteniendo valores de 5.4 a 6.5.

## **5.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda evaluar otras comunidades del cantón Buena Fé, como referencia general de poblaciones microbiológicas de suelo en el cultivo de cacao de origen Trinitario y Nacional.
- Al momento de realizar la toma de muestras, proceder a ejecutar varias submuestras de diferentes puntos de la zona estudiada, para verificar que estas sean homogéneas y los resultados sean explícitos.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Literatura citada

1. Martin N. Adad I. Generalidades más importantes de las ciencias del suelo. Cuba: Universidad Agraria de La Habana; 2006.
2. Guathier G. El suelo y sus características agronómicas. Tratado de pedología agrícola. Barcelona, España:, Omega; 1971.
3. Gosset L. Escalante A. Zapata B. Francisco M. Gosset Lagarda. Guillermo. Escalante Lozada. Diversidad bacteriana del suelo: métodos de estudio no dependientes del cultivo microbiano e implicaciones biotecnológicas Agrociencia. Redalyc. 2004.
4. Mora J. La actividad microbiana: Un indicador integral de la Calidad del suelo. Revista Luna Azul. 2006; Universidad de Caldas.
5. Sánchez M. Garcés F. Vera J. Ramos R. Troya F. Cuantificación de enfermedades en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona central del Litoral Ecuatoriano. Quito- Ecuador:, Memorias del VIII Simposio Internacional de Recursos Genéticos para América Latina y el caribe; 2011.
6. Torres L. Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Cuenca - Ecuador: Universidad de Cuenca; 2012.
7. Lema J. Centro de acopio de cacao ccn-51 en carrizal ciudad de Milagro. Guayaquil – Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2012.
8. CAIT. Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica. Catálogo de Tecnologías. Madrid - Spain.: Universidad Politécnica de Madrid; 2016.
9. Rosset P. Cuba alternative agriculture during crisis. In: Trupp. Washington DC: World Resources Institute, New Partnerships for Sustainable Agriculture; 1989.
10. Shiva V. The Violence of the Green Revolution. Penang, Malaysia.: Third World Agriculture, Ecology and Politics. Third World Network; 1991.
11. Rosset P. Medea B. The Greening of the Revolution: Cuba's Experiment with Organic Agriculture. Australia Ocean Press, Melbourne:; 1994.

12. Cerón R. Enzimas del suelo: Indicadores de Salud y Calidad. Acta Biológica; 2005.
13. Pomares F. García A. Gómez H. Sukkel W. Garcia D. A practical case in the Valencia Community. España: Final Report on the VEGINECO ; 2002.
14. Giménez P. Efectos sobre el sistema suelo-plantas de compost de lodo anaerobio y comparación con un fertilizante tradicional de la comarca de Cartagena. Giménez, P. Efectos sobre el sistema suelo-plantas de compost de lodo anaerobio y comparaCartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.; 2010.
15. Chocano C. Hernández M. Aguilar J. González D. García C. La actividad microbiana como indicador de calidad del suelo en cultivos de ciruelo ecológico. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia, Consejería de Agricultura y Agua. Murcia: Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura.
16. Ananyeva ND. Susyan EA. Chernova OV. Wirth S. Microbial Respiration Activities of Soils from different Climatic Regions of European Russia. Moscow, Russia.: Institute of Ecology and Evolution Problems, Russian Academy of Sciences; 2007.
17. Monteiro W. Ahnert D. Melhoramento Genético do Cacaueiro. Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacaueiro. ; 2007.
18. Dorronsoro F. Edafología y química agrícola. España: Universidad de Granada; 2007.
19. Trasar MC. Leirós MC. Gil F. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic oakwood) in an area of the European temperate-humid zone. Galicia, NW Spain.: Soil Biology & Biochemistry; 2000.
20. Calderón A. Moreno M. Barra E. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Texcoco, México.: Agro ciencia; 2002. Report No.: vol. 36, núm..
21. Tate III R. Soil microbiology. 1995; New, York. USA.
22. Burns R. Enzyme activity in soil: Location and possible role in microbial ecology. , Soil Biology & Biochemistry; 1982.

23. Bonkowski M. Griffith B. Ritz K. Food preference of earthworms for soil fung. *Pedobiologia*; 2000.
24. Ochoa C. Urroz F. Determinación de la Actividad microbiana como indicador biológico en suelos agrícolas del occidente de Nicaragua. Universidad nacional autónoma de Nicaragua - león, Facultad de ciencia y tecnologías. Departamento de agro ecología.; 2011.
25. Blanco F. Salas E. Micorrizas en la agricultura. Costa Rica.: Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional., Costa Rica.; 1996.
26. Ezziyyani M. Pérez C. Requena M. Rubio L. Candela M. Biocontrol por *Streptomyces rochei* –ziyani- de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. ; 2004.
27. Alarcón E. Ardila J. Kondo J. Foro de las Américas para la Investigación y desarrollo tecnológico (FORAGRO): Un camino hacia su consolidación para la cooperación.; 2001.
28. Ayala F. Manejo integrado de Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante el uso de fungicidas, combinado con labores culturales”. Guayaquil: ESPOL; 2008.
29. Rojas F. Sacristán E. Guía ambiental para el cultivo del cacao. Bucaramanga– Colombia, Federación Nacional de Cacaoteros–Fedecacao. 2009;(111 p): p. 1-12.
30. Leiva E. Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. , Facultad de Ciencias Agrarias; 2012.
31. Aldona H. Características de árboles de cacao (*Theobroma cacao*). Costa Rica; 1995.
32. Batista L. Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. : CEDAF,; 2009.
33. INIAP. Manual del cultivo de cacao. Manual No. 25. Segunda. Corregida y Aumentada ed. EET Pichilingue, Quevedo, Ecuador; 1993.

34. Vera B. Material de siembra y propagación. In manual del cultivo de cacao. Segunda ed.: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias; 1993.
35. Decebra J. Manejo y Producción del Cacao CCN-51. Ecuador; 2004.
36. INIAP. Influencia del prese-secado de las almendras sobre la evaluación del pH y porcentajes de fermentación durante la época seca en las variedades de cacao CCN-51 y Nacional. Pichilingue- Ecuador; 2007.
37. Cebrera J. Manejo y producción del cacao ccn-51. La Union; 2004.
38. Sarango C. Efecto de tres niveles de fertilización química en el cultivo de cacao theobroma cacao, variedad ramilla ccn 51. Loja: Universidad Nacional de Loja; 2009.
39. Frers C. Los problemas de degradar el suelo. ; 2008.
40. Corrales E. Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia No. 5. Reino de Noruega - SUIPICOL Suiza; Séjours Catholique Francia ASDI Suecia, IDEA - IER - ILSA -. , Secretariado Nacional Pastoral. Bogotá. ; 2002.
41. Aster M. Mass M. Eschewers J. Derivación de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sostenible. Vol.36. Texcoco –México. ; Agro-ciencia; 2002.
42. Karlen D. Mausbach M. Doran J. J.W, Clines RG. Harris RaSGE. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J. ; 1997.
43. Brejda J. Mooman T. Identification and Interpretation of regional soil quality factor for the central high plain of the mind. ; 2001.
44. Bautista A. Etchevers J. Castillo R. Gutiérrez C. Calidad del suelo y sus Indicadores. Ecosistemas.Vol. XIII. Alicante –España.; 2004.
45. González V. Metodología, formulación y aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla-La Mancha. España: Univesidad Autonoma de Madrid; 2006.

46. Nortcliff S. Standardisation of soil quality attributes.. , Agriculture, Ecosystems and Environment.; 2002.
47. Etchevers J. Hidalgo C. Vergara M. Bautista M. Padilla J. Calidad de suelo: conceptos, indicadores y aplicacion en agricultura.. ; 2009.
48. Doran J. Parkin T. Defining and Assessing Soil Quality for Sustainable e Environment. Special Publication. Madison, Wisconsin:, Soil Science Society of America.; 1994.
49. Sánchez J. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas -conceptos básicos-. Fertitec S.A.; (S/F).
50. Alexander M. Introducción a la microbiología del suelo. New York;; 1980.
51. Samchez J. Fertilidad y Nutricion mineral de plantas. FERTITEC S.A.
52. Delgado M. Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Villavicencio: Documento Técnico de la investigación Orius Biotecnología. ; 2005.
53. Grant W. Long P. Microbiología Ambiental. Editorial Acribia, S.A. ; 1989.
54. Delgado M. Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Villavicencio. Colombia:, Documento Técnico de la investigación Orius Biotecnología; 2005.
55. Uribe L. Técnicas microbiológicas para determinar la calidad de los suelos.. Congreso Nacional del suelo. Universidad de Costa Rica, Centro de investigaciones Agronómicas; 1999. Report No.: .
56. Atlas R. Bertha R. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental.. 4 ta edición Editorial. Addison Wesley.. Barcelona –España ;; 2001.
57. Ferrea R. Alarcón A. La microbiología del suelo en la agricultura. Toluca - Mexico;; 2001. Report No.: ErgoSum.Vol.8.
58. Coyne M. Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. Editorial Parafino. España.;; 2000.

59. Sánchez K. Evaluación de la solarización y usos del agente microbiológico antagónico para controlar el patógeno del suelo bajo invernadero. Tesis Ingeniería en Agrónoma.. Universidad Central del Ecuador; 2001.
60. Olalde V. Yaguilkera L. Microorganismos y Biodiversidad.. Chapingo- México: Terra Latinoamericana; 1998.
61. Benzina A. Verlag N. Villingen S. Agricultura orgánica fundamentos para la región andina. Editorial Neckar. Verlag Alemania.;; 2001.
62. Sánchez K. Evaluación de la solarización y usos del agente microbiológico antagónico para controlar el patógeno del suelo bajo invernadero.. Quito: Universidad Central del Ecuador.; 2001.
63. Simon L. Phylogeny of the Glomales: Deciphering the Past to Understand the Present. New Phytologist. ; 1996. Report No.: Vol. 133.
64. Rodríguez C. Ward A. Goodfellow M. Nuevas formulaciones de medios de cultivo para el aislamiento de actinomicetes acidofilicos del suelo y caracterización de nuevas especies de *Sreptacidiphilis griseisporus* sp.nov, *Sreptacidiphilis griseus* sp, *Sreptacidiphilis luteialbus* sp.nov. y *Sreptacid.* Chimborazo: Escuela Politecnica de Chimborazo; 2000.
65. Agrios G. Fitopatología... A. pp. México, DF: Academic Press Inc; 2002.
66. Barea J. Azcón C. Mycorrhiza and their significance on nodulating nitrogen fixing plants.. ; 1983.
67. Bethlenfalway G. Mycorrhizae in the agricultural plant-soil system. ; 1992.
68. Agrios G. Fitopatología. Mexico: Academic Press Inc; 2002.
69. Franco J. Main G. Urquieta E. Valorización de la diversidad microbiológica andina a través de Intensificación sostenible de sistemas agrícolas basados en el cultivo de papa Cochabamba - Bolivia. 2015.
70. Burns G. Enzyme activity in soil: Location and possible role in microbial ecology.

- Soil Biochem. ; 1982.
71. Dick W. Tabatabai M. Significance and potential uses of soil enzymes. New York ;; 1993.
  72. Nannipieri P. Ceccanti B. Grego S. Ecological significance of the biological activity in Soil Biochemistry. New York;; 1990.
  73. Acosta Y. Paolini J. Dinámica de la Biomasa Microbiana en un suelo de la península de paraguana tratadp con residuos organicos. Punto fijo, Venezuela: Universidad del Zulia; 2006. Report No.: Vol 6.
  74. Frioni L. Procesos Microbianos. Rio Cuarto, Argentina: fundación Universidad Naciona; 1999.
  75. Labrador J. La materia orgánica en los Agrosistemas. España: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación; 1996.
  76. Sierra C. Rojas C. La Materia Orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo. ; (s/f).
  77. Alzate J. Campiño D. Actividad Microbiana De Suelos Con Manejo Orgánico Y Convencional. Universidad Tecnológica De Pereira, Escuela De Química Facultad De Tecnologías Tecnología Química Pereira.; 2014.
  78. Paucar B. Díaz N. Caracterización microbiológica de los suelos del Ecuador con diferentes cultivos y manejo agronómico. VIII Simposio internacional de recursos genéticos de América Latina y El Caribe. INIAP.; 2011.
  79. Arévalo E. Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao. Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Postgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable; 2014.
  80. Ruiz S. Influencia De Microorganismos Sobre Características Físicoquímicos De Los Suelos De Cultivo De Cacao (*Theobroma Cacao L.*), En Tingo María. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).; 2012.

81. Leiva E. Osorio M. Ramírez R. Microorganismos Asociados A La Rizosfera Del Cacao (*Theobroma Cacao* L) En Condiciones De Bosque Húmedo Premontano (Bh-Pm). Sede Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.; s/f.
82. Hoggs S. Essential Microbiology (2nd Edition ed.). In Hoggs, S. Essential Microbiology. Somerset , NJ, USA: Jhon Wiley & Sons.; 2013. p. 36.
83. Paucar B. Carpio M. Alvarado. Valverde F. Parra R. Análisis de solubilizadores de fósforo en los suelos andisoles de Sierra Norte y Centro de Ecuador. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas; 2015.
84. Alvarez Morales JC. La calidad microbiológica del suelo y del compost del parque Itchimbia en su proceso de recuperación. Tesis de Pregrado. Pichincha : ESPE. Sede Sangolquí, Facultad de Ingeniería en Biotecnología; 2009.
85. Martinezzi O. Comunidades microbianas y actividad biológica en suelos de bosques de Araucaria – *Nothofagus* después de dos años de un incendio en el parque nacional Tolhuaca. tesis Mag. Sc. Valdivia, Chile: Uniersidad Austral; 2007.
86. Palacios C, Sanchez M. Estudio Microbiológico de los efectos de Vytazyme en la micro biota del suelo y en el crecimiento de la cebolla de bulbo. Tesis licenciatura en Biología. Pontificia Universidad Central del Ecuador; 2003.
87. Cruz Cruz A. Identificación de microorganismos edáficos asociados a cuatro diferentes plantaciones forestales en la zona central del Litoral Ecuatoriano. Previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal. Los Rios: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES; 2015.
88. Morales R. Estudio de la diversidad microbiana en sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*), y cultivos de pastos y arroz (*Oriza sativa*) en dos tipos de suelo del sur de Manabí. Tesis. Ing. Agrónomo. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador; 2004.
89. Alexander M. Biodegrading and Bioremediation. 2da edición Editorial Academia Pres

of New-York. 1999;(100-109).

90. Sivila de Cary , R Hewé D. El estado microbiológico del suelo, Indicador de una restauración de la fertilidad. Eds. IBTA - ORSTOM. La Paz- Bolivia : Instituto de Ecología, UMSA; 1994.
91. Grishkan I, Nevo E. Soil microfungi of Nahal Meitsar, Golan Heights, Israel. *Plant Biosystems*. 2004; 138(21-26).
92. Grishkan I, Nevo E, Wasser SP, Beharav A. Adaptive spatiotemporal distribution of soil microfungi in “Evolution Canyon” II, Lower Nahal Keziv Western Upper Galilee, Israel. *Biological Journal of Linnean Society*. 2003; 78:527-539.
93. Neufeld J, Mohn W. Unexpectedly high bacterial diversity in arctic tundra relative to boreal forest soils, revealed by serial analysis of ribosomal sequence tags. *Appl Environ Microbiol*. 2005; 71:5710–5718.
94. Bossio D, Girvan M, Verchot L, Bullimore J, Borelli T, Albrecht A, et al. Soil microbial community response to land use change in an agricultural landscape of Western Kenya. *Microb Ecology*. 2005; 49:50–62.
95. Fierer N, Jackson R. The diversity and biogeography of soil bacterial communities. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2006; 103:626–631.
96. Gelsomino A, Keijzer-Wolters A, Cacco G, Elsas J. Assessment of bacterial community structure in soil by polymerase chain reaction and denaturing gel electrophoresis. *J Microbiol Methods*. 1999; 38:1–15.
97. Marschner P, Yang CH, Lieberei R, Crowley DE. Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere. *Soil Biol. Biochemical*. 2001; 33:1437-1445.
98. Uribe L. Técnicas microbiológicas para determinar la calidad de los suelos. Congreso Nacional del suelo. Universidad de Costa Rica, Centro de investigaciones Agronómicas; 1999.

99. Arevalo Gardini. Dinámica De Los Indicadores De Calidad Del Suelo En El Manejo De Sistemas Agroforestales Con Cacao. Doctorado En Agricultura Sustentable. Lima-Peru: Universidad Agraria La Molina; 2014.
100. Nunan N, Wu K, Young IM, Crawford JW, Ritz K. Spatial distribution of bacterial communities and their relationship with the microarchitecture of soil. *FEMS Microbiology Ecology*. 2002; 44(203-215).
101. Nielsen MN, Winding A. Microorganisms as indicators of soil health. Denmark: National Environmental Research Institute. 2002.
102. Garbeva P, Van Veen JA, Van Elsas JD. Microbial diversity in soil: Selection of Microbial Populations by Plant and Soil Type and Implications for Disease Suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology*. 2004; 42:243-270.
103. Yang CH, Crowley DE. Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. *Appl. Environ Microbiology*. 2000; 66: 345-351.
104. Magdoff F. Calidad y manejo del suelo. Capítulo 16 in *Agroecología: Base científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad; 1999.
105. Tian G, Badejo. Soil fauna and soil fertility. I: Dick, W. A; Hatfield, J.L, editors. *Sustaining soil fertility in West Africa*. SSSA special publication 58. Madison, Wisconsin USA: American Society of Agronomy; 2001.
106. Goodfellow M, Williams S. Ecology of actinomycetes. *Annu Rev Microbiology*. 1983; 37:189–216.
107. Mayfield C, Williams S, Ruddick S, Hatfield H. Studies on the ecology of actinomycetes in soil. IV. Observations on the form and growth of streptomycetes in soil. *Soil Biol Biochem*. 1972; 4:79–91.
108. Prabakaran G. *Introduction to Soil and Agricultural Microbiology*. Mumbai: Himalaya Publishing House. 2010.

109. Xue L, Xue Q, Chen Q, Lin C, Shen G, Zhao J. Isolation and evaluation of rhizosphere actinomycetes with potential application for biocontrol of Verticillium wilt of cotton. *Crop Protection*. 2013; 43:231-240.
110. Kamal S, Prasad R, Varma A. 2010.
111. Cardona G, Arcos A, Murcia U. Abundancia de actinomicetos y micorrizas arbusculares en paisajes fragmentados de la Amazonía colombiana. Bogotá, Colombia: Colciencias; 2005.
112. Gopalakrishnan S, Pande S, Sharma M, Humayun P, Kiram BK, Sandeep D, et al. Evaluation of actinomycete isolates obtained from herbal vermicompost for the biological control of Fusarium wilt of chickpea. *Crop Protection*. 2011; 30(8)(1070-1078.).
113. Sivila de Cary R, Angulo W. Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo en el Altiplano Central boliviano. Instituto de Ecología, Ecología en Bolivia; 2004. Report No.: 41(3).
114. Sanchez K. Evaluación de la solarización y usos del agente microbiológico antagonico para controlar el patógeno del suelo bajo invernadero. Tesis Ingeniería en Agrónoma. Universidad Central del Ecuador; 2001.
115. Benzing A. Agricultura Orgánica- fundamentos para la region andina. Neckar-Verlag, Villingen- Schwenningen, Alemania;; 2001.
116. Coyne M. Microbiología de suelos: un enfoque exploratorio. In Coyne M. Microbiología de suelos: un enfoque exploratorio. Madrid, ES: Paraninfo; 2000. p. 416 p.
117. Jaizme- Vega M, Rodriguez-Romero A. Integración de microorganismos benéficos (hongos micorrícicos y bacterias rizosféricas) en agrosistemas de las Islas Canarias. *Agroecología*. 2008; 3(33-39).
118. Hernandez A, Heydrich M, Velasquez M, Hernandez AN. Perspectivas del empleo de rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia

- económica. *Revista Mexicana De Fitopatología*. 2006; 24(1)(42-49).
119. Arguello Navarro AZ, Madiedo- Solre N, Moreno-Rozo LY. Cuantificación de bacterias diazótrofias aisladas de suelos cacaoteros (*Theobroma cacao* L.), por la técnica de Número Más Probable (NMP). *Colombiana de Biotecnología*. 2016 Nov; 18(40-47).
  120. Santos M, Santos MT, Cárdenas D. Aislamiento e identificación de microorganismos con potencial biofertilizante de suelos arroceros del distrito de riego del río Zulia, Norte de Santander. *Revista Respuestas*. 2008; 11(2), 5-13.
  121. INPOFOS. Manual internacional de fertilidad de suelos. Canadá: Instituto de la Potasa y Fósforo Versión en Español; 1997.
  122. Leiva E, Osorio , Ramírez. Microorganismos Asociados A La Rizosfera Del Cacao (*Theobroma Cacao* L) En Condiciones De Bosque Húmedo Premontano (Bh-Pm). *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*. 2013 Jan; 43(35-45).
  123. CALVO P, MENESES L, ZÚÑIGA D. Estudio de las poblaciones microbianas de la rizosfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. *Ecología Aplicada*. 2008; 7 (1,2)(141-148).
  124. Cerda Bustillos H. Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el valle de Talamanca, Costa Rica. Tesis de la Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza , Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación ; 2008.
  125. Das A, Mukherjee D. Soil application of insecticides influences microorganisms and plant nutrients.. *Applied Soil Ecology*. 2000; 14:55-62.
  126. Porta J, López-Acevedo M, Roquero C. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. Tercera edición ed. Madrid, España: Mundi-Prensa; 2003.
  127. Arguello-Navarro A, Moreno-Rozo L. Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazótrofias aisladas de suelos con cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Acta Agronómica. 2014; 63(3): p. 1-12.

128. Wood G. Cacao:Primera edición en español. 5369255274th ed. México, D.F: Compañía Editorial Continental S.A; 1982.
129. Amores F, Jimenez J, Peña G. Influencia del tiempo de fermentación y el tostado sobre el desarrollo de compuestos aromáticos asociados al sabor a chocolate en almendras de cacao de la variedad Nacional. San Jose, Costa Rica:, COPAL; 2005.
130. Baca B, Soto L, Pardo M. Fijación Biológica del Nitrógeno. Elementos: Ciencia y cultura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2000.
131. Yazdani M, Bahmanyar M, Pirdashti H, Esmaili M. Effect of Phosphate Solubilization microorganisms (PSM) and Plant Growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield and yield Components of Corn (Zea mays L.). International Journal of Biological and Life Sciences. 2009; 5(2): 80- 83.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

#### **1. Anexos.**

##### **7.1.1. Análisis de varianza de las variables en estudio.**

### **Anexo 1. Cuadrado medio de Flora Fúngica.**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Germania</b>	<b>Congo</b>	<b>Limonas</b>	<b>Aguas Claras</b>
<b>Suelo</b>	<b>1</b>	561125335	381884749	118020717	1033305.8
<b>Edad</b>	<b>1</b>	747530658	506205289	517834769	409101733
<b>Suelo* Edad</b>	<b>1</b>	157128582	1.1960491E12	214215233	164464139
<b>CV%</b>		28.93	23.80	27.66	30.74

### **Anexo 2. Cuadrado medio de Flora Bacteriana.**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Germania</b>	<b>Congo</b>	<b>Limonas</b>	<b>Aguas Claras</b>
<b>Suelo</b>	<b>1</b>	3.02058E12	992768723	4.4265497E12	3.2731412E12
<b>Edad</b>	<b>1</b>	1.30111E13	2.35543E12	20919389876	279338757025
<b>Suelo* Edad</b>	<b>1</b>	1125001500	1.71918E12	54648598760	8.5685988E12
<b>CV%</b>		11.61	16.28	17.07	12.23

### **Anexo 3. Cuadrado medio de actinomicetos.**


<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Germania</b>	<b>Congo</b>	<b>Limones</b>	<b>Aguas Claras</b>
<b>Suelo</b>	<b>1</b>	7.58688E12	1.0392655E1	3.831415E13	12500000000
<b>Edad</b>	<b>1</b>	9720043223	1.4219113E13	1.9959718E12	5.4174598E12
<b>Suelo* Edad</b>	<b>1</b>	2282025570	972004172314	3.4596068E12	8.2736591E12
<b>CV%</b>		22.48	28.66	25.07	22.32

### **Anexo 4. Cuadrado medio de pH.**

<b>Fuente</b>	<b>DF</b>	<b>Germania</b>	<b>Congo</b>	<b>Limones</b>	<b>Aguas Claras</b>
<b>Suelo</b>	<b>1</b>	0.00800000	0.00050000	0.80000000	1.10450000
<b>Edad</b>	<b>1</b>	0.03200000	1.20050000	0.57800000	0.31250000
<b>Suelo* Edad</b>	<b>1</b>	0.88200000	0.00050000	0.12800000	0.14450000
<b>CV%</b>		5.11	4.81	5.03	6.31

## Anexo 5. Análisis de suelo de las comunidades evaluadas.

- Comunidad Aguas Claras



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TRAJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empíjeme, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Telf: 042 783044 suel@ininp.gob.ec

---

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : Fundación Maquna Cushechi  
 Dirección :  
 Ciudad : Quito  
 Teléfono : 0997347526  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : San Nunez  
 Provincia : Los Rios  
 Cantón : Buena Fe  
 Parroquia :  
 Urbacón : Comunidad Aguas Claras


**PARA USO DEL LABORATORIO**

Catino Actual : Casco  
 N° Reporte : 2762  
 Fecha de Muestreo : 28/08/2017  
 Fecha de Impreso : 28/08/2017  
 Fecha de Salida : 11/09/2017

---

**DATOS DEL LOTE**

N° Muestr. Laboral.	Identificación	Área	pH	ppm	mg/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm				
RS929	Mil Larios Culebo		5,6 <b>Mala</b>	16 <b>B</b>	P <b>B</b>	K <b>B</b>	0,87 <b>A</b>	14 <b>A</b>	5,4 <b>A</b>	4 <b>B</b>	16,3 <b>A</b>	4,2 <b>A</b>	14,2 <b>A</b>	9,8 <b>M</b>	0,28 <b>B</b>



**INTERPRETACION**

pH :  
 1,4 = Muy Acido    1,41 = Lig. Acido    1,41 = Lig. Acido    RC = Sanguineo/Cl  
 Ac = Acido    1,41 = Pas. Medio    1,41 = Moder. Acido    N = Nitrógeno  
 Me-A = Mecha Acido    1,41 = Buena    Al = Aluminio    A = Alta

**Elementos de N y P**  
 N = Bajo    P = Alto  
 A = Alto


---

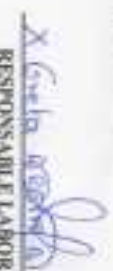
**METODOLOGIA USADA**

pH :  
 N:P:K  
 K:Ca:Mg:Cu:Pb:Zn

**EXTRACTANTES**

Otros Métodos  
 N:P:K:Ca:Mg:Cu:Pb:Zn  
 Fuente de Código Metodológico  
 BS


*X*  **LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS**

*X*  **RESPONSABLE LABORATORIO**

La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Luego en el que se requiera reclamamos en los resultados



- Comunidad El Congo



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Tel: 052 783544 suelto@eagri.gov.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : Fundación Mesquita Cusumachi  
 Dirección :  
 Ciudad : Quito  
 Teléfono : 0997147526  
 Fax :


**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : San Vicente  
 Provincia : Loja  
 Cantón : Buena Fe  
 Parroquia :  
 Liberación : Comunidad El Congo

**PARA USO DEL LABORATORIO**

Cuadro Actual : Cacao  
 N° Reporte : 2762  
 Fecha de Muestreo : 28/08/2017  
 Fecha de Ingreso : 28/08/2017  
 Fecha de Salida : 11/09/2017

N° Muest. Laboral	Datos del Suelo		ppm						mg/100ml						ppm											
	Identificación	Area	pH	NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
85975	Mi Inmueble		6,0 <b>Mbvc</b>	17 <b>B</b>	56 <b>A</b>	1,06 <b>A</b>	17 <b>A</b>	51 <b>A</b>	6 <b>B</b>	11,1 <b>N</b>	3,5 <b>M</b>	72 <b>N</b>	4,9 <b>B</b>	0,26 <b>B</b>												



INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA				EXTRACTANTES					
<b>Mbvc</b> = Muy Acido	<b>LAE</b> = Ligero Acido	<b>LAI</b> = Ligero Alcalino	<b>HC</b> = Resumen Cl	<b>P</b> = Phos	<b>K</b> = Pot	<b>Ca</b> = Calcio	<b>Fe</b> = Hierro	<b>Ca</b> = Calcio	<b>Mg</b> = Magnesio	<b>S</b> = Azufre	<b>Cu</b> = Cobre	<b>Fe</b> = Hierro	<b>Mn</b> = Manganeso
<b>A</b> = Acido	<b>ps</b> = Poco Acido	<b>Mbvc</b> = Muy Alcalino		<b>N</b> = Nitro	<b>M</b> = Medio	<b>A</b> = Alto		<b>N</b> = Nitro	<b>C</b> = Carbono	<b>N</b> = Nitro	<b>P</b> = Fosforo	<b>P</b> = Fosforo	<b>Zn</b> = Zinc
<b>Mbvc</b> = Muy Acido	<b>N</b> = Normal	<b>Al</b> = Alcalino		<b>Ca</b> = Calcio	<b>Mg</b> = Magnesio	<b>S</b> = Azufre		<b>Ca</b> = Calcio	<b>Mg</b> = Magnesio	<b>S</b> = Azufre	<b>Cu</b> = Cobre	<b>Fe</b> = Hierro	<b>Mn</b> = Manganeso

*X* W. Infante  
 LIDER DPTO. MAC, SUELOS Y AGUAS

*X* G. G. G. G.  
 RESPONSABLE LABORATORIO



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TELIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quereño - El Empílice, Apartado 24  
 Quereño - Ecuador Telef. 052 785044 soeldos.ec@iniap.gob.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**  
 Nombre : Fundación Margueta Cusumbi  
 Dirección :  
 Ciudad : Quito  
 Teléfono : 0997547526  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**  
 Nombre : Sin Nombre  
 Pertenencia : Los Ríos  
 Cantón : Buena Fe  
 Parroquia :  
 Ubicación : Comunidad El Congo

**PARA USO DEL LABORATORIO**  
 Cultivo Actual : Cacao  
 N° de Reporte : 1 2762  
 Fecha de Muestras : 28/08/2017  
 Fecha de Impreso : 28/08/2017  
 Fecha de Salida : 11/09/2017

N° Muestra	mg/100ml			ds/m	pH	M.O.	Ca		Mg		Ca+Mg		S. Base	RNS	C	Textura (%)			Clase Textural
	Al	H	Na				Mg	K	K	S. Base	Argil	Limo				Areñilla			
85975				0,32	NS	5,0	1,1	4,81	20,85	21,16			42	48	10				Franco-Limoso



**INTERPRETACION**

APRECIACION	C.E.	M.O. y CI
B = Baja	ns = No Salino	R = Bajo
M = Medio	ls = Lig. Salino	M = Medio
S = Toxicos	sb = Muy Salino	A = Alto

**ABREVIATURAS**

C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RNS	= Reservas de Nitrógeno del Suelo

**METODOLOGIA ESPAÑA**

C.E.	= Conductividad
M.O.	= Titulación de Walkley Titul
APNH	= Titulación con NVC/II

*R. A. López*  
 LIBER DPTO. MAC, SUELOS Y AGUAS

*X. G. G. G. G.*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

La responsabilidad de los resultados  
 por esta prueba, incluye a los clientes  
 y a los proveedores de insumos.

- Comunidad Germania



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TUBOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 3 Carretera Quevedo - El Esmeralde, Apartado 74  
 Quevedo - Ecuador Telf: 052 783044 sueldo: pep@iniap.gub.ec

---

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : Fundación Marquina Cushman  
 Dirección :  
 Ciudad : Quito  
 Teléfono : 0997347536  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : San Norberto  
 Provincia : Loja  
 Cantón : Baños  
 Parroquia :  
 Urbacación : Comunidad La Germania

**PARA USO DEL LABORATORIO**

Cultivo Actual : Cacao  
 N° Reporte : 1 2762  
 Fecha de Muestras : 28/08/2017  
 Fecha de Ingreso : 28/08/2017  
 Fecha de Salida : 11/09/2017

---

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

N° Muestr. Laboratorio	Bases del Lote		pH	ppm				mg/100ml				ppm			
	Identificación	Área		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
85978	Mt. Salsam. Llanura		5,0 MeAr	10 B	42 A	0,50 A	17 A	4,8 A	4 B	10,0 A	4,1 A	85 A	1,3 B	0,27 B	



**INTERPRETACION**

pH :  
 L&A = Muy Acido    L&U = Lig. Acido    RC = Marginal Cal  
 A = Acido    P = Pobre    B = Bases    M = Medio    S = Salino  
 M&A = Mucha Acido    N = Normal    Al = Alcalino    A = Alto

**EXTRACTANTES**

Como Va el suelo :  
 N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn :  
 Fertilidad de Calcio Moderada  
 B :

**METODOLOGIA USADA**

pH :  
 N, P, B :  
 K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn :  
 S :  
 B :  
 Al :  
 A :  
 M :  
 S :

**EXTRACTANTES**

Como Va el suelo :  
 N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn :  
 Fertilidad de Calcio Moderada  
 B :

**LIDER DPTO. NACC/SUELOS Y AGUAS**

*[Signature]*

**RESPONSABLE LABORATORIO**

*[Signature]*



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Emplague, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Telf: 052 783044 suedes.cep@iniap.gob.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : Fundación Maquila Cuchumbe  
 Dirección :  
 Ciudad : Quito  
 Teléfono : 0997347526  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**

Nombre : Sta. Neodre  
 Provincia : Los Rios  
 Cantón : Buena Vista  
 Parroquia :  
 Urbización : Comunidad La Gremista

**PARA USO DEL LABORATORIO**

Cultivo Actual : Cacao  
 N° de Reporte : 2762  
 Fecha de Muestras : 28/08/2017  
 Fecha de Ingreso : 28/08/2017  
 Fecha de Salida : 11/09/2017

N° Muestra Laboral	mg/100ml			d <sub>s/m</sub>	C.E.	M.O.	Ca Mg	Mg K	Ca+Mg K	Σ Bases	(mg/l) <sup>1/2</sup>	RAS	Cl	Textura (%)			Clase Textural
	Al	Na	C.E.											Arenal	Limo	Areña	
R5978				0,24	NS	5,0	3,5	9,60	43,60	22,30				16	48	16	Franco-Limoso



INTERPRETACION			
APRIL APT No	CE	M.D. y CI	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	H = Hijo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Madre
T = Toxico			A = Aba

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad/Thomson
M.O.	= Materia Organica
RAS	= Índice de Adsorción de Sodio


METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Conductivimetro
M.O.	= Tratamiento de Walkley Black
APRIL	= Tratamiento con NaCl

*[Signature]*  
 LIDER DPTO. MAC. SUELOS Y AGUAS

*[Signature]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

El presente informe es válido únicamente en los resultados que se detallan en el mismo.

- Comunidad Limones



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Telef. 052 781044 selos.estp@iniap.gob.ec

**DATOS DEL PROPIETARIO**

Nombre : Fundación Miquita Cusumbi  
 Dirección :  
 Ciudad : Quito  
 Teléfono : 0997147526  
 Fax :

**DATOS DE LA PROPIEDAD**


Nombre : Sin Nombre  
 Provincia : Los Rios  
 Cantón : Buena Fe  
 Parroquia :  
 Liberación : Comunidad El Trunfo

**PARA USO DEL LABORATORIO**

Cultivo Actual : Cacao  
 N° Reporte : 2762  
 Fecha de Muestras : 28/08/2017  
 Fecha de Impreso : 28/08/2017  
 Fecha de Salida : 11/09/2017

**REPORTE DE ANALISIS DE SELOS**

N° Muestr. Laboral.	Datos del Suelo		ppm		mg/100ml					ppm				
	Identificación	Área	pH	NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
85982	Mt. Agua Valera		5.0 <b>Maka</b>	14 <b>B</b>	19 <b>M</b>	1.02 <b>A</b>	18 <b>A</b>	5.9 <b>A</b>	5 <b>B</b>	12.8 <b>A</b>	4.6 <b>A</b>	105 <b>A</b>	6.6 <b>M</b>	0.41 <b>B</b>



INTERPRETACION				METEOROLOGÍA USADA				EXTRACTANTES						
Maka	MA	Maka	Maka	pH	NP <sub>4</sub> B	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
= Mayor Acido	= Acido	= Menor Acido	= Menor Acido		= Suelo seco (1:2.5)	= Colomano	= Toluidina	= Almidón estándar						
EA = Liger Acido	PA = Pura Perda	MA = Menor Acido	MA = Menor Acido											
PC = Puro Calcio	MA = Menor Acido													

*X W. Lopez*  
 LIDER DPTO. NAC. SELOS Y AGUAS

*X Garcia*  
 RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"  
 LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Aylas 24  
 Quevedo - Ecuador. Telf: 032 783044 sueldos@epi.iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Fundacion Manigua Cushman  
 Dirección :  
 Ciudad : Quito  
 Teléfono : 0997347526  
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : San Nemesio  
 Provincia : Los Rios  
 Canton : Buena Fe  
 Parroquia :  
 Ubicación : Comunidad El Tronco

PARA USO DEL LABORATORIO

Cobete Actual : Casio  
 N° de Registro : 2762  
 Fecha de Muestreo : 28/08/2017  
 Fecha de Ingreso : 28/08/2017  
 Fecha de Salida : 11/09/2017

N° Muestra	mg/100ml			ds/m	C.E.	M.O.	Ca Mg Ca+Mg			mg/100ml	mmg/10g	RAS	Cl	Textura (%)		Clase Textural
	Al+B	Al	Na				Mg	K	K					2 Bases	Arenal Limo/Arcilla	
83983				0,35	NS	4,4	3,0	5,78	23,43	24,92						Franco-Limoso



INTERPRETACION			
AP+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl	
B = Bajo M = Medio T = Tóxico	NS = No Salino L3 = Lig. Salino M3 = Muy Salino	B = Bajo M = Medio A = Alto	

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Conductividad
M.O.	= Método de Walkley-Black
AP+H	= Titulación con SMOXI

X. *[Signature]*  
 LIDER DPTO. NAAC, SUELOS Y AGUAS

X. *[Signature]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

## Anexo 6. Imágenes del trabajo de campo y laboratorio.



**a:** Recolección de muestras de suelo; **b:** Toma de pH del suelo; **c:** Lotes de cacao



**d:** Preparación de medios de cultivo; **e:** Muestras de suelo de las comunidades; **f:** Proceso de Disolución de las muestras



**g:** Siembra posterior en medios de cultivo; **h:** Cuantificación de unidades formadoras de colonia bacteria y actinomicetos; **i:** Cuantificación de unidades formadoras de colonia hongos