



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación
Previo a la Obtención del Título
de Ingeniera Agrónoma.

Título del Proyecto de Investigación:

“Evaluación de las poblaciones microbiológicas predominantes en suelos
asociados a cacao en la zona de Buena Fe”

Autor:

Domitila Monserrate Ponce González

Director del Proyecto de Investigación:

Dr. Fernando Abasolo Pacheco

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Domitila Monserrate Ponce González**, declaro que el trabajo de investigación aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado 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 normativa institucional vigente.

Atentamente,

Domitila Monserrate Ponce González
C.I: 1314931518

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Dr. Fernando Abasolo Pacheco**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Domitila Monserrate Ponce González**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de las poblaciones microbiológicas predominantes en suelos asociados a cacao en la zona de Buena Fe**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrónoma**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente,

Dr. Fernando Abasolo Pacheco
Director del proyecto de investigación

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

URKUND	
Documento	DOMITILA MONSERRATE PONCE GONZALEZ TEMA Evaluación de las poblaciones microbiológicas predominantes en suelos asociados a cacao en la zona de Buena Fe".docx (D54283460)
Presentado	2019-07-02 17:40 (-05:00)
Presentado por	Fernando (fabasolo@uteq.edu.ec)
Recibido	fabasolo.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	TESIS DOMITILA Mostrar el mensaje completo 3% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

URKUND	
<h3>Urkund Analysis Result</h3>	
Analysed Document:	DOMITILA MONSERRATE PONCE GONZALEZ TEMA Evaluación de las poblaciones microbiológicas predominantes en suelos asociados a cacao en la zona de Buena Fe".docx (D54283460)
Submitted:	7/3/2019 12:40:00 AM
Submitted By:	fabasolo@uteq.edu.ec
Significance:	3 %
Sources included in the report:	
https://www.oriusbiotech.com/escrito?%20nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutrici%C3%B3n_vegetal .	
Instances where selected sources appear:	
7	

Dr. Fernando Abasolo Pacheco
Director del proyecto de investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“Evaluación de las poblaciones microbiológicas predominantes en suelos asociados a cacao en la zona de Buena Fe”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniera Agrónoma

Aprobado por:

Ing. Freddy Amores Puyutaxi
Presidente del Tribunal

Dra. Marisol Rivero Herrada
Miembro del Tribunal

Dra. Silvia Saucedo Aguiar
Miembro del Tribunal

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019

AGRADECIMIENTO

El presente agradecimiento va dirigido a todas las personas que me han ayudado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo. De forma muy especial a papito Dios por brindarme salud y muchas fuerzas para salir adelante y orientándome en los momentos más difíciles.

A mis padres Maritza González y Ramón Ponce que me han ayudado y apoyado a lo largo de mi vida con sus enseñanzas y valores. A mi esposo Leiver Alcivar y mi hijo Adel por su apoyo, su amor, confianza y consejos he concluido esta meta.

A mis hermanos Alex, Kassandra, Lourdes, Iris y mi sobrino Jair por estar ahí cuando más los necesito. A mi segunda familia Alcivar Intriago, en especial a mi segunda madre Elsa Intriago por apoyarme en los momentos de soledad y brindarme su amor de madre.

A la Fundación Maquita por permitir realizar mi trabajo de investigación en sus instalaciones, en especial al Ing. Carlos Zambrano, Ing. Celso Averó, Ing. Julio Arce, Ing. David Riera.

A mi tutor de tesis el Dr. Fernando Abasolo por su amistad, apoyo y paciencia.

A la Dra. Carmita Suarez por su apoyo incondicional, quién me incentivo en muchos sentidos a seguir adelante y sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

A los docentes de la UTEQ por sus enseñanzas Ing., Freddy Amores, Dra. Silvia Saucedo, Dra. Marisol Rivero, Ing. Leonardo Matute, Ing. Ignacio Sotomayor, Ing. Daniel Vera, Ing. Yanilla Granados, Ec. Flavio Ramos, Ing. Ramiro Gaibor, Ing. Cesar Varas, Ing. Luis Llerena, Ing. Cesar Bermeo, Ing. David Campi.

Domitila Ponce González

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a papito Dios, por permitirme llegar a cumplir esta meta. A mi hijo Adel Alcivar por ser mi motor, mi luz cada día, con su tierna sonrisa llenas de alegría mi vida. A mi esposo Leiver Alcivar por su apoyo. A mi madre Maritza González por ser mi amiga incondicional.

RESUMEN

Las propiedades microbiológicas del suelo especialmente aquellas relacionadas con el flujo de energía y el reciclaje de nutrientes responden de forma rápida y sensible a los cambios de las condiciones del suelo por efecto del manejo de diferentes sistemas productivos, estos cambios suministran una información anticipada sobre las alteraciones de la calidad del mismo. El objetivo de la presente investigación es la determinación de la población de microorganismos biológicos existentes en suelos con cultivares de cacao convencional y agroecológico. Este estudio comparará las comunidades de microorganismos existentes en suelos cacaoteros de los sistemas de producción agroecológico, convencional y mixto en tres zonas (El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo) del Cantón Buena Fe. De cada zona y sistema se recogieron muestras para análisis químico y microbiológico. El análisis químico se realizó en el laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal de la ESPOL, la investigación microbiana se realizó en el laboratorio de Innovación Agrícola de la Fundación Maquita, Buena Fe. Se empleó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de 3 x 3 usando 2 unidades experimentales por tratamiento. Todas las variables fueron sometidas al análisis de varianza y a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad para establecer la diferencia entre las medias de los tratamientos. Todas las variables se sometieron a un análisis multivariado para tratar de establecer los factores que tipifican las zonas y sistemas. Los resultados obtenidos se estableció que la carga microbiana estuvo representada por poblaciones altas de bacterias en la zona de “El Congo” se obtuvo el mayor promedio de población de bacterias 24,55 UFC (Unidades Formadores de Colonias); y en las zonas El Triunfo y Cuatro Mangas no se encontraron diferencias. El análisis físico químico dio valores entre medio y bajo para todos los parámetros. En el análisis de componentes principales (PCA), se incluyeron las variables microbianas evaluadas (bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras), y las variables provenientes del análisis químico: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), pH, materia orgánica (M.O), capacidad de intercambio catiónico (CIC), la variable fósforo (P) se encuentra asociada a la presencia de actinomicetos, bacterias y levaduras principalmente en el sistema agroecológico de las zonas El Triunfo y El Congo, mientras que el componente B las variables materia orgánica (M.O) y nitrógeno (N) se encuentra asociados con la presencia de hongos de vida libre 10,30 y 7,30 UFC, principalmente los sistemas convencional y mixto de la zona de Cuatro Magas.

Palabras claves: Sistemas de producción, agroecológico, microbiología de suelos.

ABSTRACT

Microbiological properties of soil especially those related to energy flow and nutrient recycling respond quickly and responsibly to changes in soil conditions as a result of different management production systems, these changes provide advance information on the alterations of the quality of the same. The objective of this research is to determine the population of biological microorganisms existing in soils with cultivars of conventional and agroecological cocoa. This study will compare the communities of microorganisms existing in cocoa soils of agroecological, conventional and mixed production systems in three zones (The Triumph, Four Mages and The Congo) of canton Buena Fe. A completely random design was used, with a 3 x 3 factorial arrangement using 2 experimental units per treatment. All variables were subjected to variance analysis and Duncan's test at 0.05% probability to establish the difference between the averages of treatments. All variables were subjected to a multivariate analysis to try to establish the factors that typify zones and systems. The obtained results established that the microbial load was represented by high populations of bacteria in the area of "The Congo" obtained the highest average population of bacteria 24,55 UFC (Colony Forming Units) and in the zones The Triumph and Four mages no differences were found. Chemical physical analysis gave values between medium and low for all parameters. In the analysis of main components (PCA), were included the microbial variables evaluated (bacteria, fungi of free life, actinomicets and yeasts), and the variables from the chemical analysis: nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), pH, organic matter (M.O), cation exchange capacity (CIC), phosphorus variable (P) is associated with the presence of actinomicets, bacteria and yeasts mainly in the agroecological system of the zones The Triumph and The Congo, while the component B the variables organic matter (M.O) and nitrogen (N) are associated with the presence of free life pits 10,30 and 7,30 CFU, mainly conventional and mixed systems of the area of Four mages.

Keywords: Production systems, agroecological, soil microbiology.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
TABLA DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLA.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURA	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
CÓDIGO DUBLÍN	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema	3
1.1.3. Sistematización del problema.....	3
1.2. Objetivo.....	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación.....	5

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual	7
2.1.1. El Cacao	7
2.1.2. Sistemas de producción.....	7
2.1.2.1. Sistema de producción agroecológico.....	7
2.1.2.2. Sistema de producción convencional	8
2.1.2.3. Sistema de producción mixto	9

2.1.3.	Determinación de la calidad de suelos en diferentes sistemas de producción.....	9
2.1.4.	Requerimientos de suelos.....	10
2.1.5.	Indicadores de la calidad del suelo.....	10
2.1.6.	Calidad microbiológica del suelo.....	11
2.1.8.	Bacterias del suelo.....	12
2.1.9.	Actinomicetos del suelo.....	13
2.1.10.	Hongos del suelo.....	14
2.1.11.	Levaduras del suelo.....	14

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización del experimento.....	16
3.2.	Tipo de investigación.....	16
3.3.	Método de investigación.....	16
3.4.	Fuentes de información.....	16
3.5.	Zonas de estudio.....	16
3.6.	Materiales y equipos.....	18
3.6.1.	Material del laboratorio.....	18
3.6.2.	Equipos de laboratorios.....	18
3.6.3.	Reactivos del laboratorio.....	18
3.6.4.	Material de campo.....	18
3.7.	Instrumentos de investigación.....	19
3.7.1.	Factores de estudio.....	19
3.8.	Diseño experimental.....	19
3.9.	Manejo del experimento para determinar las comunidades microbianas.....	20
3.9.1.	Preparación de medios de cultivo.....	20
3.9.2.	Preparación de Solución Salina.....	20
3.9.3.	Muestras de suelo.....	20
3.9.4.	Disoluciones en serie del suelo.....	21
3.10.	Determinación físico-químico de muestras de suelo.....	22
3.11.	Datos registrados y formas de evaluación.....	22
3.11.1.	Conteo poblacional de los microorganismos (bacterias, Hogos de vida libre, actinomicetos y Levaduras).....	22

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Análisis microbiológico.....	24
4.2	Zonas cacaoteras	25
4.3	Sistemas de producción.....	25
4.4	Interacciones.....	26
4.5	Análisis nutricional del suelo.....	27
4.5	Análisis de componentes principales (PCA).....	28
4.6	Discusión.....	29

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	33
5.2	Recomendaciones	34

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA

6.1.	Bibliografía	36
------	--------------------	----

CAPÍTULO VII ANEXOS

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.	Valores de microorganismos en el suelo.	12
Tabla 2.	Zonas de recolección de muestras de suelos cacaoteros.	17
Tabla 3.	Esquema del ADEVA.	20
Tabla 4.	Determinación físico-químico de muestras de suelo	22
Tabla 5.	Resultado de la población de microorganismos del suelo en las zonas de estudio.	25
Tabla 6.	Resultados de la población de microorganismos del suelo en función a los sistemas de producción agroecológico, convencional y mixto.	25
Tabla 7.	Análisis nutricional en suelos de sistemas de producción cacaoteros agroecológicos, convencionales y mixto, en las zonas El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe, Los Ríos, 2019.	27

ÍNDICE DE FIGURA

- Figura 1.** Aspecto del cultivo in-vitro de las diferentes poblaciones de microorganismos de bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras. 24
- Figura 2.** Resultados de la interacciones zonas x sistemas de producción. 26
- Figura 3.** Análisis de componentes principales (PCA) del análisis microbiológico y análisis químico obtenidos en sistemas de producción cacaoeros agroecológicos, convencionales y mixto, en las zonas El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe, Los Ríos, 2019. 28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Preparación de medios de cultivo y solución salina.	39
Anexo 2.	Recolección de muestras de suelos	39
Anexo 3.	Manejo del experimento.	40
Anexo 4.	Registro de datos de la población de microorganismo bacterias, hongos, actinomices y levaduras de cada sistema de producción agroecológico, convencional y mixto.	41
Anexo 5.	En la tabla del número más probable para series de disoluciones en réplicas de cinco por nivel de disolución.	42
Anexo 6.	En la tabla del número más probable para series de disoluciones en réplicas de cinco por nivel de disolución.	43
Anexo 8.	Estimación de la Población unidades formadoras de colonias (UFC) de cuatro grupos de microorganismos asociadas a cultivo de cacao, en tres zonas agroecológicas del Cantón Buena Fe, bajo tres sistemas de explotación y sus interacciones (Datos convertidos en notación científica).	45
Anexo 9.	Niveles de significación estadística valores transformados en (logaritmo natural de $x + 1$) entre zonas para bacterias, hongos de vida libre, actinomices y levaduras obtenidos en sistemas de producción cacaoteros agroecológicos, convencionales y mixto, en las zonas El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe, Los Ríos, 2019.	46
Anexo 10.	Análisis de componentes principales (PCA) (Anexo 10) del análisis microbiológico y análisis químico obtenidos en sistemas de producción cacaoteros agroecológicos, convencionales y mixto, en las zonas El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe, Los Ríos, 2019.	47

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Evaluación de las poblaciones microbiológicas predominantes en suelos asociados a cacao en la zona de Buena Fe”		
Autor:	Domitila Monserrate Ponce González		
Fecha de publicación:			
Palabras clave:	Sistemas de producción	Agroecológico	Microbiología de suelos
Resumen:	<p>Las propiedades microbiológicas del suelo especialmente aquellas relacionadas con el flujo de energía y el reciclaje de nutrientes responden de forma rápida y sensible a los cambios de las condiciones del suelo por efecto del manejo de diferentes sistemas productivos, estos cambios suministran una información anticipada sobre las alteraciones de la calidad del mismo. El objetivo de la presente investigación es la determinación de la población de microorganismos biológicos existentes en suelos con cultivos de cacao convencional y agroecológico. Este estudio comparará las comunidades de microorganismos existentes en suelos cacaoteros de los sistemas de producción agroecológico, convencional y mixto en tres zonas (El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo) del Cantón Buena Fe. De cada zona y sistema se recogieron muestras para análisis químico y microbiológico. El análisis químico se realizó en el laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal de la ESPOL, la investigación microbiana se realizó en el laboratorio de Innovación Agrícola de la Fundación Maquita, Buena Fe. Se empleó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de 3 x 3 usando 2 unidades experimentales por tratamiento. Todas las variables fueron sometidas al análisis de varianza y a la prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad para establecer la diferencia entre las medias de los tratamientos. Todas las variables se sometieron a un análisis multivariado para tratar de establecer los factores que tipifican las zonas y sistemas. Los resultados obtenidos se estableció que la carga microbiana estuvo representada por poblaciones altas de bacterias en la zona de “El Congo” se obtuvo el mayor promedio de población de bacterias 24,55 UFC (Unidades Formadoras de Colonias); y en las zonas El Triunfo y Cuatro Mangas no se encontraron diferencias. El análisis físico químico dio valores entre medio y bajo para todos los parámetros. En el análisis de componentes principales (PCA), se incluyeron las variables microbianas evaluadas (bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras), y las variables provenientes del análisis químico: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), pH, materia orgánica (M.O), capacidad de intercambio catiónico (CIC), la variable fósforo (P) se encuentra asociada a la presencia de actinomicetos, bacterias y levaduras principalmente en el sistema agroecológico de las zonas El Triunfo y El Congo, mientras que el componente B las variables materia orgánica (M.O) y nitrógeno (N) se encuentran asociados con la presencia de hongos de vida libre 10,30 y 7,30 UFC, principalmente los sistemas convencional y mixto de la zona de Cuatro Magas.</p>		
Descripción:	63 hojas: dimensiones, 29.7 X 21 cm + CD-ROM 6162		
URL			

INTRODUCCIÓN

La comunidad microbiana de los suelos agrícolas es un componente con múltiples funciones esenciales en la fertilidad del suelo. Los microorganismos son los seres más numerosos que existen en la tierra son organismos ancestrales que han colonizado cada nicho ecológico, la gran variedad de microorganismos que degradan la materia orgánica la cual permite la disponibilidad para las plantas, si esta actividad el mundo sería un enorme basurero, otros han jugado un papel en relación con el hombre y su productividad según a Olalde *et al.* (1998), participando en la agricultura, en la que desempeñan un papel fundamental transformando nutrientes en moléculas que puedan ser asimilables por las plantas.

La supervivencia de nuestra sociedad está ligada de forma inexplicable a la salud de nuestros suelos. Actualmente, este recurso se ha ido degradando rápidamente como consecuencia de una serie de amenazas derivadas de la actividad humana, muchos agricultores no tienen medida al utilizar insumos que desgastan la vida microbiana, la cantidad y diversidad de los microorganismos disponible en los suelos agrícolas aseguran la descomposición de materia orgánica y tornarla en los nutrientes que se encuentran en los suelos beneficiando los cultivos en su desarrollo y resistencia a problemas bióticos y abióticos, mejorando la economía del agricultor.

Actualmente se ha llegado a una situación en que los agricultores deben prestar más atención al sistema de manejo de los suelos y la influencia de dicho manejo en las poblaciones microbianas de los suelos. Es necesario generar conciencia que el uso de sistemas de siembra convencional y tradicional influye en la vida microbiológica del suelo y en este sentido el mejor indicador es la población microbiana de los suelos.

La importancia de la presente investigación está orientada a evaluar las comunidades de microorganismos existentes en los suelos cacaoteros de los sistemas de producción agroecológico, convencional y mixto en varias zonas agroecológicas del cantón Buena Fe. Ya que la mayoría de los agricultores utilizan estos sistemas sin saber que microorganismos se encuentran en los suelos y como su actividad influye en el bienestar de sus cultivos.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La microbiota del suelo es de gran importancia debido a los procesos en que interviene: descomposición y mineralización de la materia orgánica, formación y estabilización de los agregados de suelo, ataques a rocas y minerales, participación en los ciclos biogeoquímicos, además, constituye en sí un reservorio lábil de elementos nutritivos. Debido a ello, el suelo es considerado por muchos autores como un agente decisivo tanto en la fertilidad del suelo como en la alimentación de las plantas. Los diferentes sistemas de producción que emplean los agricultores los lleva a hacer uso de diferentes usos de productos químicos que conducen al desgaste y contaminación de los suelos y tengan bajos rendimientos, lo que repercute tanto en la capacidad productiva de los mismos como en la calidad del producto generado. Sin embargo, a nivel del país existen muy pocos estudios que permitan relacionar la composición de la microbiota de los suelos con su fertilidad. Considerando que una de las actividades más extensivas en la zona de estudio son los sistemas de producción a base de cacao, y que estos sistemas se desarrollan en diversas condiciones ecológicas y de manejo, se dan las condiciones precisas para determinar la composición microbiana de dichos sistemas.

1.1.2. Formulación del problema

¿Qué sistema de producción con base a cacao será menos nocivo para la microbiota del suelo?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál de las zonas evaluadas presenta mayores comunidades microbianas?

¿Cuál de los sistemas de producción presenta el mayor número de microorganismos?

¿Los sistemas de producción con mayor presencia de comunidades microbianas son más fértiles?

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo general

Determinar la población de microorganismos biológicos existentes en suelos con cultivos de cacao convencional y agroecológico.

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer los microorganismos biológicos indicadores de la fertilidad en los suelos cacaoteros.
- Evaluar el contenido nutricional de los suelos de las zonas cacaoteras en estudio.
- Comparar el contenido microbiano de los suelos con cacao convencional y Agroecológicos.

1.3. Justificación

La presente investigación se llevó a cabo para evaluar las comunidades microorganismos existentes en los suelos con cultivos de cacao con manejo agroecológico, convencional y mixto en las zonas el Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe. Dado que la función de las diferentes poblaciones de microorganismos es conocida, la relación entre la composición microbiana y la fertilidad de los diferentes sistemas de producción y zonas bajo estudio, permitirá tener un mejor enfoque a la hora de desarrollar buenas prácticas para aumentar la productividad de un cultivo, desde el punto de vista una mayor actividad microbiana que promueve más descomposición, mineralización y reciclaje nutritivo en armonía con el incremento de biomasa, rendimiento y contenido de materia orgánica. Los beneficiarios de este estudio son los agricultores para saber el contenido de microorganismos existentes en los suelos de los diferentes sistemas de producción y los investigadores para el estudio de la temática.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. El Cacao

El cacao es un cultivo de alto valor socioeconómico en el país, ligado íntimamente al desarrollo económico. En la cadena productiva del cacao participan unos 100 mil productores, de los cuales se estima que el 85% cultiva menos de 10 ha, un 15% entre 10 y 20, y un 5% que tiene más de 20 ha. (Radi, 2008)

Algunos de estos productores se dedican con exclusividad al cultivo del cacao y otros en sistemas de producción más complejos. La asociación de este cultivo con productores de bajos recursos ha dado lugar a sistemas de producción de diversa complejidad con diversos grados de estabilidad. Según el III Censo Nacional Agropecuario, se estima que existen unas 243 mil ha en las que el cacao es el cultivo predominante y unas 190 mil ha con diversos niveles de asociación. El monocultivo se realiza en unas 58.400 UPA, de las cuales la mitad son menores a las 10 ha, un 17% tiene menos de 20 ha, y el resto en unidades mayores. Los sistemas de cultivo asociado se efectúan en unas 38.360 UPA; de las cuales el 49% es menor a 10 ha, otro 20% tiene entre 10 y 20 ha, en tanto el resto se desarrolla en unidades de mayor superficie, el cacao, se cultiva principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí. (MAG-IICA, 2006).

2.1.2. Sistemas de producción

2.1.2.1. Sistema de producción agroecológico

Desde el punto de vista biológico los sistemas agroecológicos optimizan la diversidad de las especies y los recursos genéticos en distintas maneras sin perder de vista el aspecto utilitario de la producción agrícola. Los enfoques agroecológicos potencian la prestación de servicios ecosistémicos, en particular la polinización y la salud del suelo, de los que depende la producción agrícola. La diversificación puede aumentar la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos al optimizar la cosecha de biomasa y la captación de aguas, mejorando también la capacidad de resiliencia de dichos recursos según la FAO (2018). La creciente conciencia del cambio climático y la participación que la agricultura

tiene sobre el mismo está promoviendo nuevas formas de conseguir buenos niveles de productividad, pero reduciendo la aplicación de insumos externos. Un conocimiento de la fracción biológica del suelo permite mayor comprensión de los procesos de asimilación de nutrientes y uso de recursos propios de la naturaleza como son los residuos de podas etc.

En un agroecosistema, la respuesta de los procesos microbianos y de la estructura de las comunidades, a las alteraciones físicas, químicas y biológicas constituye un aspecto central de la calidad del suelo. Hiperdensidad e hiperdiversidad son los dos aspectos fundamentales que caracterizan a las comunidades microbianas del suelo y por lo tanto la composición de la microbiota de un suelo tanto en la cantidad como en la diversidad de microorganismos presentes se han constituido en índices muy útiles para conocer la capacidad nutritiva y la sanidad de los suelos (Soria, 2016).

Se ha establecido que la cantidad de microorganismos en un gramo de suelo puede variar entre 10^7 y 10^9 células/gramo, mientras que algunas estimaciones indican la posibilidad de que haya al menos 10^4 especies microbianas distintas por gramo de suelo. La biodiversidad es una propiedad que condiciona la capacidad de recuperación del sistema edáfico ante una alteración y que le asegura su estabilidad (Salamone, 2011).

2.1.2.2. Sistema de producción convencional

El enfoque de la agricultura convencional se basa en promover la producción de cosechas agrícolas, desde sus inicios tuvo como meta el aumento de sin considerar las consecuencias posteriores sobre el ambiente en el que se practica. Alto uso de insumos, agresivas prácticas de poda, baja biodiversidad de las especies cultivadas, introducción de especies ajenas o poco adaptadas a los ecosistemas son prácticas promovidas y aplicadas bajo el enfoque de la denominada agricultura convencional.

La aplicación de las prácticas e innovaciones tecnológicas que el desarrollo de la ciencia ha puesto al servicio de la producción agrícola por supuesto que ha conseguido grandes logros en productividad incidiendo en la seguridad alimentaria mundial y en el desarrollo de industrias relacionadas, pero ahora se está reconociendo que todos esos logros han tenido consecuencias considerables y ocasionalmente irreversibles en los recursos naturales. De

acuerdo a Gaviria (2019), el deterioro de la cubierta vegetal, la erosión del suelo, el incremento de la salinidad de los suelos, la pérdida de diversidad agrícola biológica y genética, la resistencia constante de plagas y enfermedades agrícolas, las inundaciones naturales y la contaminación del aire, son algunas de las múltiples consecuencias de la agricultura basada en agroquímicos y en el uso de grandes cantidades de energía. Una de las razones de la situación actual ha sido la falta de índices que permitan visualizar esas consecuencias de manera que sirvan de alarma para generar cambios.

2.1.2.3. Sistema de producción mixto

Este sistema es el que predomina entre los cultivadores de cacao, pues sus fincas están dedicadas también a otro tipo de cultivos o actividades agropecuarias que complementan las finanzas del productor. Generalmente el cacao, junto con plantas de plátano, café, cítricos etc. Ocupa el segundo dosel bajo árboles maderables que le sirven de sombra. Los niveles de manejo de estos sistemas también cubren una escala de posibilidades de manejo entre lo que predomina el uso de herbicidas, fertilización y ocasionalmente fungicidas o insecticidas. Se basa en el uso de abonos orgánicos y abonos químicos en la fertilización de cultivos (Santos, 2013).

2.1.3. Determinación de la calidad de suelos en diferentes sistemas de producción.

De acuerdo a Vallejo (2013), la calidad de un suelo se define como la capacidad que tiene para cumplir sus funciones dentro de un ecosistema, sosteniendo o mejorando actividades productivas agropecuarias, manteniendo la calidad ambiental, dando soporte a la habitabilidad y salud del hombre.

Para determinar la calidad de suelos generalmente se usan tres tipos de indicadores: físicos, químicos y biológicos; todos y cada uno representan una parte importante de la función de los suelos y su estudio conjunto permite analizar el estado de las características y funciones de un suelo. Los indicadores físicos y químicos se consideran relativamente estables, ya que los cambios en un sistema tardan en modificar ese tipo de propiedades hasta un nivel apreciable y por tal razón no justifica medirlos en intervalos cortos; en cambio, los

indicadores biológicos son más sensibles y por eso se consideran los primeros y mejores para detectar cambios rápidos en un suelo (García *et al.*, 2012).

2.1.4. Requerimientos de suelos

Los suelos para el cultivo de cacao deben permitir un amplio desarrollo radicular. Normalmente su capa profunda de suelo arria de los 100 centímetros, con alta capacidad de retención de agua y con una porosidad adecuada para la penetración de raíces, la circulación del aire y la adecuada infiltración y percolación del agua. Se recomienda una capa superficial rica en materia orgánica, con un contenido mínimo de un 3,5% (Malespín, 1982).

La textura de los suelos aptos para el cacao comprende desde suelos arcillosos hasta los francos – arenosos. El cacao puede desarrollarse sobre suelos muy ácido con pH inferior a 5,0 incluso sobre suelos de reacción muy alcalina, o un pH superior a 8,0, un suelo adecuado para el cacao es de un pH entre 6,0 y 7,0 y su óptimo de 6,5 y su pendiente optima del 0 al 15%, pero es aceptable una pendiente que oscile en un rango de 15 a 30% (Malespín, 1982).

2.1.5. Indicadores de la calidad del suelo

El análisis de la calidad de suelos permite detectar cambios en el suelo, especialmente en la parte biológica, provee los aspectos básicos para evaluar la sostenibilidad del manejo del sistema y tiene relación directa con la producción sostenible; por tales razones, la calidad del suelo es el indicador primario del manejo sostenible de suelos y se considera un componente crítico de la agricultura sostenible. Para determinar la calidad de suelos es necesario usar tres tipos de indicadores: físicos, químicos y biológicos; todos son importantes para analizar en forma conjunta las características y funciones de un suelo (García *et al.*, 2012).

Los indicadores físicos y químicos se consideran relativamente estables, ya que los cambios en un sistema tardan en modificar apreciablemente ese tipo de propiedades y por tal razón no justifica medirlos en intervalos cortos; en cambio, los indicadores biológicos

son más sensibles y por eso se consideran los primeros y mejores para detectar cambios rápidos en un suelo (García *et al.* , 2012).

2.1.6. Calidad microbiológica del suelo

La rizosfera, definida como la porción del suelo influenciada por las raíces vegetales, es el sitio de máxima interacción entre microorganismos edáficos y entre éstos y los cultivos. Por ello, el conocimiento detallado de este ambiente y la caracterización de su biodiversidad constituyen pilares fundamentales para lograr agroecosistemas sustentables. La microbiología del suelo estudia el número y clases de microorganismos, los efectos sobre el medio ambiente suelo y desarrollo vegetal, contribuye en solucionar el problema (Gómez, 2015).

Su importancia del origen abiótico en la baja de fertilidad de los suelos, la acidez, la salinidad, la contaminación con metales pesados, compuestos orgánicos, estos problemas se ha generado por el manejo irracional en la preparación del terreno, la fertilización, riego, uso de pesticidas y el uso excesivo del monocultivo, este manejo irracional causa desequilibrio en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo según Gómez (2015), reflejándose en una baja productividad.

2.1.7. Microbiología del suelo

Es la combinación de la ciencia del suelo y de la microbiología, estas dos grandes disciplinas interactúan en beneficio a la agricultura. Incluye a los microorganismos del suelo con un tamaño de 0,02 a 1000 μm (bacterias, hongos, actinomicetos) menciona Gómez (2015), los microorganismos cumplen su actividad en la superficie del suelo hasta unos 20 centímetros de profundidad, este se debe a que permanecen adheridas a las partículas de arcilla y humus (fracción coloidal) y a las raíces de las plantas que les suministran sustancias orgánicas, que sirven de alimento y estimulación en su reproducción. Algunos microorganismos actúan sobre un substrato, otros se desarrollan en los productos de la transformación (Tabla 1). La población microbiana es la que proporciona nutrientes de forma permanente para que el suelo sea fértil y pueda alcanzar un balance que permita el desarrollo ambiental.

A continuación, 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 1. Valores de microorganismos en el suelo

Grupo funcionales	Ufc x1000/g de suelo seco
Bacterias	1000-100 000
Actinomicetos	100-10 000
Hongos	1-100

Fuente: Adaptado de Uribe (1999)

2.1.8. Bacterias del suelo

Las bacterias son los organismos menos evolucionados, de menor complejidad estructural y los más pequeños. Son unicelulares de forma esférica, cilíndrica o en espiral y están presentes en casi todo tipo de ambientes (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007).

Aunque son numerosas, debido a su pequeño tamaño, sólo representan menos de la mitad de la biomasa microbiana total. La abundancia se puede medir por medio del conteo en placas o estimando, a través de microscopía directa; se estima que un suelo puede contener entre 10^8 a 10^{10} bacterias/g de suelo (Benintende y Sánchez, 2000). Las bacterias se encuentran adheridas a las partículas de arcillas y humus y raramente en la solución del suelo. La cantidad y el tipo de bacterias están determinados por el tipo de suelo, especialmente por su contenido de arcilla, humedad, aireación, temperatura, contenido de materia orgánica y pH, así como por cultivo, estación del año, profundidad, abundancia de protozoarios y de otros organismos que se alimentan de ellas, es posible encontrarlas en ambientes diametralmente opuestos.

La abundancia y la diversidad bacterias están limitadas por la disponibilidad de nutrimentos y están concentradas en áreas con mayor abundancia de recursos como los

sustratos orgánicos, incluida la rizosfera. La función de las bacterias participa en el ciclo del carbono reduciendo el monóxido de carbono hasta metano y oxidado el dióxido de carbono; proceso a través del cual se mantiene la vida del planeta. Algunas bacterias pueden degradar compuestos orgánicos y así reciclar nutrientes, convirtiéndolos a formas disponibles para las plantas. También intervienen en el ciclo del nitrógeno, nutriente clave en el crecimiento de los organismos y que forma parte de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, enzimas y otras sustancias como clorofila y hemoglobina (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007).

2.1.9. Actinomicetos del suelo

Este se considera un grupo de transición entre hongos y a las bacterias. Crecen a manera de micelio radial, forman conidias como los hongos pero las características morfológicas de sus células son similares a las de las bacterias. Se encuentran en el suelo, las aguas estancadas, el lodo y los materiales orgánicos en degradación. Se nutren de materiales orgánicos (heterótrofos) (Higuera, 2015).

Degradan desde azúcares simples, proteínas, ácidos orgánicos hasta sustratos muy complejos compuestos por hemicelulosas, ligninas, quitinas y parafinas, lo que los hace importantes en el proceso de transformación de residuos vegetales, hasta la obtención del humus en el suelo. Además son considerados como los mejores agregadores del suelo, pues son muy eficientes produciendo sustancias húmicas (Higuera, 2015). En suelos bien aireados con alto contenido de materia orgánica, alcanzan poblaciones muy altas. Constituyen del 10 al 50% de la comunidad microbiana del suelo. Se desarrollan bien en suelos con pH desde 5 hasta 7. Se reproducen por conidias y estas son resistentes a condiciones difíciles de temperatura, acidez y humedad (Higuera, 2015). De acuerdo a Higuera (2015), esto les permite germinar cuando se restablecen las condiciones favorables para su desarrollo. En suelos secos los actinomicetos se comportan muy bien. Algunos actinomicetos producen antibióticos que regulan los patógenos de las plantas que están en el suelo.

Al agregar conidias de actinomicetos en un suelo contaminado con bacterias y hongos fitopatógenos, crecen inhibiendo las poblaciones de aquellos, regulando los problemas

hasta alcanzar un balance que le permita a las plantas obtener nutrientes y desarrollarse (Higuera, 2015).

2.1.10. Hongos del suelo

Conforman una importante fracción de la biomasa total microbiana del suelo. Crecen en forma de red extendiéndose como micelio hasta su estado reproductivo donde dan origen a esporas sexuales o asexuales. Son importantes degradadores aerobios de material vegetal en descomposición, sobre todo en suelos ácidos. Producen enzimas y metabolitos que contribuyen al ablandamiento y a la transformación de sustancias orgánicas. Estas enzimas también forman parte de la actividad de otros microorganismos (Higuera, 2015). Por otra parte, los hongos constituyen un depósito de nutrientes, ya que forma el grueso de la biomasa microbiana. También ayudan a formar los agregados del suelo, ponen a disposición de otros organismos los nutrientes mediante la descomposición de la materia orgánica (Coyne, 2000).

2.1.11. Levaduras del suelo

El término levadura no tiene significado empleado para designar aquellos hongos de estructura unicelular y que se reproducen por fisión binaria o gemación. Las levaduras del suelo típicas serían especies de las epifitas, son abundantes en suelos ricos en materia orgánica fresca o poco descompuesta, y también en los mantillos forestales. En suelos turbosos pueden representar hasta un 50% de la población total (entre 20 y 50 cm de profundidad). Se explica esta distribución por la aptitud de desarrollarse en anaerobiosis (cuando fermentan) (Frioni, 2011). Según Higuera (2015), algunas levaduras son importantes fermentadoras de carbohidratos produciendo alcoholes que son utilizados por otros microorganismos como fuentes de energía, entre los géneros más importantes están el *Saccharomyces* y el *Rhodotorula*. Para el crecimiento de las levaduras necesitan fuentes de carbono orgánico y nitrógeno mineral u orgánico. Además algunas necesitan varias vitaminas, el carbono es el compuesto mayoritario de la célula de la levadura alrededor del 50% de peso seco. El pH óptimo para el crecimiento de las levaduras varía de 4,5 a 6,5 aunque muchas especies toleran grandes variaciones de pH 2,8 – 3 a 2 – 8,5. Entre estos, valores del pH intracelular varía entre 5.8 a 6.8 (Uribe, 2007).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del experimento

Este trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Innovación Agrícola de la Fundación Maquita, ubicada en el km 3 vía Santo Domingo situada en el cantón Buena Fe provincia de Los Ríos, en el sector los Limones, coordenadas geográficas son 0°50'56.3" de latitud sur y 79°29'21.5" de latitud occidental, a una altura promedio de 103 msnm.

3.2. Tipo de investigación

El proyecto de investigación es de tipo experimental, implementado un ensayo para determinar el efecto de la evaluación microbiológica de los suelos en diferentes sistemas de producción agroecológicos, convencionales y mixtos de zonas cacaoteras del cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos.

3.3. Método de investigación

La metodología que se utilizó para resolver los diferentes objetivos planteados es el método deductivo, partiendo de la información de diferentes fuentes sobre los sistemas de producción agroecológicos, convencionales y mixtos para la evaluación microbiológica de los suelos cacaoteros en estudio.

3.4. Fuentes de información

El registro de datos de campo y resultados de laboratorio representó la fuente de información primaria. Las fuentes empleadas para adquirir información secundaria son de libros, revistas, publicaciones.

3.5. Zonas de estudio

Se recolectaron muestras de suelos en tres zonas cacaoteras y en tres suelos con distintos sistemas de producción en el cantón Buena Fe. Las muestras se sometieron al análisis microbiológico de bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras.

El sistema agroecológico, áreas planas cubierta por una vegetación arbustiva de tipo secundario con muy poca intervención antrópica y cacao de más de 25 años con racional eliminación de ramas bajas que interrumpen el paso y malezas.

El sistema de cacao convencional son asociaciones de cultivos frutales y plátano con cacao, (2 a 3 ha), con mínima aplicación de fertilizantes químicos y control químico de manchas de malezas donde había plantas faltantes de cultivar y en los bordes. Se riega una hora dos veces en semana con podas ocasionales. Algunos sistemas se benefician de riego por aspersión arria de la copa y otros por micro aspersión.

En el sistema mixto, predomina el cultivo de cacao de más de 10 años de establecido, con unas cuantas plantas maderables y frutales dispersas. Este sistema se beneficia de los “paquetes tecnológicos” que ofrece la Fundación Maquita que incluye agroquímicos específicos para cacao y productos orgánicos (bioles y bocashi), aunque sin riego. Tanto el sistema convencional como el mixto están localizados en áreas irregulares con pendientes ligeras y también terreno planos.

Tabla 2. Zonas de recolección de muestras de suelos cacaoteros.

Recolección de muestras de suelo			Ubicación Geográfica
Zonas	Sistemas de Producción	Propietario	Coordenadas
El Triunfo	Agroecológico	Edison Vélez	00°51.6716'S 079°31.8169' W
El Triunfo	Convencional	Gustavo Pereira	00°52.0616'S 079°31.8376' W
El Triunfo	Mixto	Cayetano Pereira	00°52.0616'S 079°31.8170' W
Cuatro Manga	Agroecológico	Elisa Prado	00°55.8433'S 079°30.9271' W
Cuatro Manga	Convencional	Carlos Briones	00°55.5578'S 079°30.9031' W
Cuatro Manga	Mixto	María del Pilar Ochoa	00°56.1191'S 079°30.9199' W
El Congo	Agroecológico	Liliana Vera	00°42.1864'S 079°27.1875' W
El Congo	Convencional	Maquita	01°24.3665'N 001°24.3750' E
El Congo	Mixto	Liliana Vera	00°42.1864'S 079°27.1875' W

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Material del laboratorio

- Placas petri vidrio y plástico
- Probetas
- Tubo de dilución
- Pipetas
- Puntas para micropipetas
- Espátulas
- Vaso de precipitación
- Alcohol
- Mandil
- Guantes
- Mascarilla
- Gorro
- Zapatones

3.6.2. Equipos de laboratorios

- Incubadora
- Agitador
- Balanza analítica
- Microondas
- Cámara de flujo laminar
- Nevera
- Cocina eléctrica
- Microscópico optimo

3.6.3. Reactivos del laboratorio

- Agar de caseína
- Rosa de bengala
- TSA (Agar de Soja Trípico)
- Yeast Extract
- Agar puro
- Agua destilada
- Cloruro de sodio al 0.85% (NaCl)

3.6.4. Material de campo

- Machete
- Palilla
- Cinta de papel
- Metro
- Fundas de plástico
- Marcadores
- Piola

3.7. Instrumentos de investigación

3.7.1. Factores de estudio

Se evaluaron dos factores, zonas cacaoteras y suelos bajo distintos sistemas de producción.

Factor A (Zonas cacaoteras)

- **Zc₁**: El Triunfo
- **Zc₂**: Cuatro Mangas
- **Zc₃**: El Congo

Factor B (Sistemas de producción)

- **Sp₁**: Agroecológico
- **Sp₂**: Convencional
- **Sp₃**: Mixto

3.8. Diseño experimental

Se empleó el Diseño Completamente Alzar (DCA) con arreglo factorial de 3x3 usando dos unidades experimentales (cajas petri) por tratamiento en cuatro medios de cultivos; actinomicetos (Agar de Caseína), hongos de vida libres (Rosa de Bengala), bacterias (TSA) y levaduras (Yeast Extract).

Lo que significa que el Factor A está compuesto por 3 zonas cacaoteras, (El Triunfo, Cuatro Manga y El Congo); Factor B 3 sistemas de producción (agroecológico, convencional y mixto); con lo cual se evaluaron 9 tratamientos a nivel de laboratorio para observar los microorganismos presentes.

Para las pruebas de todas las variables serán sometidas al análisis de varianza y a la prueba de Duncan al 0.05 % de probabilidad.

Tabla 3. Esquema del ADEVA

Fuentes de variación	Grados de libertad
A: Zonas cacaoteras	2
B: Sistemas de producción	2
Interacción A (Zc) x B (Sp)	4
Error	10
Total	18

3.9. Manejo del experimento para determinar las comunidades microbianas

3.9.1. Preparación de medios de cultivo

Para el crecimiento de hongos libres se preparó 500 ml de medio de cultivo Rosa de Bengala (32 g), para los actinomicetos el medio de cultivo agar de caseína, bacterias el medio de cultivo TSA (Agar de Soya Trípico) y las levaduras Yeast Extract (39 g) se preparó 500 ml.

Se pesó en balanza analítica cada medio se realizó la mezcla en un vaso de precipitación de 500 ml de agua destilada, se calentó en el microondas 5 minutos se depositó en un recipiente, los medios se los esterilizó en autoclave a 110 °C, durante 25 minutos y finalmente se los conservo en la nevera a 20 °C.

3.9.2. Preparación de Solución Salina

Se pesó cloruro sodio (4,25 g) al 0,85%, se mezcló en un litro de agua estéril conservándola en un envase de vidrio en la nevera a 20°C.

3.9.3. Muestras de suelo

Las muestras de suelos cacaoteros de las tres zonas y tres sistemas de producción del cantón Buena Fe, se tomaron de un punto referencial donde se seleccionaron tres

submuestras a una profundidad de 15 cm, se mezclaron y de esas se recogieron 100 g de suelo para el análisis microbiológico y 100 g para el análisis físico-químico, las muestras fueron colocadas en fundas plásticas con sus respectivas identificaciones y colocadas en gavetas para su traslado al laboratorio.

Para el análisis microbiológico se utilizó la técnica del número más probable modificada por la autora. Esta técnica ofrece una estrategia eficiente de estimación de las densidades poblacionales, especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible. La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelos u otros ambientes (Hylary, 2014).

Por lo tanto, un requisito importante de este método es la necesidad de poder reconocer un atributo particular (coloración de los medios de cultivo y aspecto morfológico de las colonias) de la población en el medio de crecimiento a utilizarse. El estimado de densidad poblacional se obtiene del patrón de ocurrencia de ese atributo en diluciones seriadas y el uso de una tabla probabilística. El atributo particular a usarse en esta técnica es la capacidad de microorganismos a formar colonias en medios sólidos de crecimiento (Hylary, 2014).

3.9.4. Disoluciones en serie del suelo

En la sala de preparación, se extrajeron las muestras, pesando 1 g de suelo en la balanza analítica, luego se añadiendo en un tubo de ensayo estéril de 15 ml con 9 ml de solución salina, se colocó durante 15 minutos en el agitador para que las células sean removidas y homogenizadas obteniendo la solución madre. En la cámara de flujo laminar se realizó la serie de diluciones, utilizando una micropipeta para transferir un ml de la solución madre a un tubo de ensayo de 15 ml con 9 ml de solución salina, cada transferencia corresponde una disolución de la serie se utilizaron las disoluciones 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} .

Con un marcador se divide las cajas petri estéril en 5 partes iguales, usado una caja por cada muestra, se vierte 10 ml del medio de cultivo específico, se dejó enfriar por 15 min. La inoculación se la realiza con una micropipeta de 0.5 μ m las disoluciones 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} en cada división de las cajas petri se colocaron cinco gotas. Realizadas las

respectivas disoluciones se deja que el inoculó (gotas) seque sobre el medio de crecimiento, se sella la caja petri con parafilm y finalmente se llevan a incubación por 7 - 12 días a 25°C.

3.10. Determinación físico-químico de muestras de suelo

Las muestras recolectadas de cada zonas y sistemas de producción se las enviaron para el análisis en el Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal de la ESPOL. De las variables de fertilidad que se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Determinación físico-químico de muestras de suelo

Parámetros
pH
Conductividad eléctrica
Capacidad de intercambió catiónico
Materia orgánica
Elementos extraíbles (macro, micronutrientes y metales pesados)

3.11. Datos registrados y formas de evaluación

3.11.1. Conteo poblacional de los microorganismos (bacterias, Hogos de vida libre, actinomicetos y Levaduras)

Se contaron en cada caja petri los putos con crecimiento de colonias de los cuatros microorganismos específicos (bacterias, actinomicetos, hongos de vida libre y levaduras), es decir el número de respuestas posibles por el nivel de disolución. Dichos números se ordenaron siguiendo secuencias referenciales mostrado en la tabla que contiene “el número más probable para series de disoluciones en réplicas de cinco por nivel de disolución” en Anexo 5. A partir de esta secuencia se obtuvo la población estimada de los distintos microorganismos. Con esta estimación se multiplican por un mismo factor de 200 x 1000 para los microorganismos en estudio. Al final de esta multiplicación se produce cifras de tal uniformidad que hubo la necesidad de expresar dichas cifras en notación científica y después expresada a logaritmo natural $x + 1$ para el análisis de varianza.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis microbiológico

En la Tablas 5, 6 y la Figura 1, se presentan los resultados en la comparación de medias para zonas, sistemas de producción e interacciones. En la Figura 1 se muestra el aspecto del cultivo *in-vitro* de los diferentes organismos (bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras).

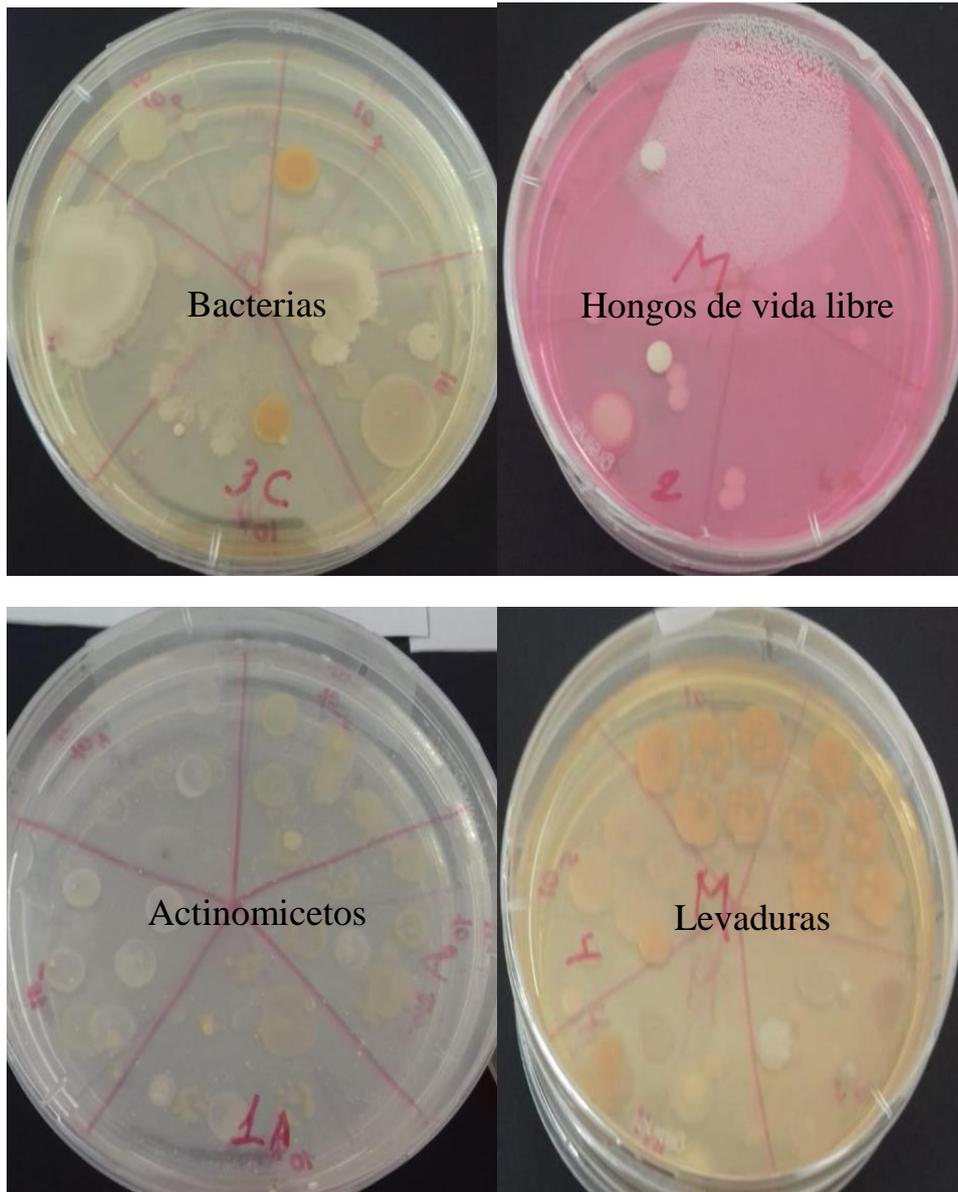


Figura 1. Aspecto del cultivo *in-vitro* de las diferentes poblaciones de microorganismos de bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras.

4.2 Zonas cacaoteras

El número de bacterias en la zona del El Congo supero estadísticamente a las zonas El Triunfo y Cuatro Mangas. En cuanto a las poblaciones de hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras fueron similares en las tres zonas (Tabla 5).

Tabla 5. Resultado de la población de microorganismos del suelo en las zonas de estudio.

Población de microorganismos				
Zonas	Bacterias	Hogos de vida libre	Actinomicetos	Levaduras
El Triunfo	21,64 b	7,54 a	20,52 a	16,07 a
Cuatro Mangas	19,69 b	9,02 a	16,32 ab	15,55 a
El Congo	24,55 a	12,22 a	20,17 a	16,78 a
Media	21,96	9,59	19,00	16,13
CV %	12,2	59,22	21,29	13,57

4.3 Sistemas de producción

Según la Tabla 6 los sistemas de producción no causaron cambios en las poblaciones bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras, como lo demuestra la ausencia de significancia estadística al hacer las comparaciones entre sistemas de producción.

Tabla 6. Resultados de la población de microorganismos del suelo en función a los sistemas de producción agroecológico, convencional y mixto.

Población de microorganismos				
Sistemas de producción	Bacterias	Hogos de vida libre	Actinomicetos	Levaduras
Agroecológico	22,97 b	10,65 a	20,70 a	16,92 a
Convencional	21,20 b	10,83 a	17,97 a	15,70 a
Mixto	21,71 a	7,30 a	18,35 a	15,79 a
Media	21,97	9,59	19,00	16,13
CV %	12,2	59,22	21,29	13,57

4.4 Interacciones

Solo para la variable población de bacterias se detectaron diferencia estadística significativa relacionada por el efecto de la interacción zona por sistema. En el sistema agroecológico el número de bacterias fue similar para la zona del Triunfo, Cuatro Magas y El Congo. Sin embargo, para el sistema convencional hubo una brecha significando para el número de bacterias entre El Congo y Cuatro Magas. Finalmente, en el sistema mixto el número de bacterias vario significativamente entre las zonas del Congo y El Triunfo.

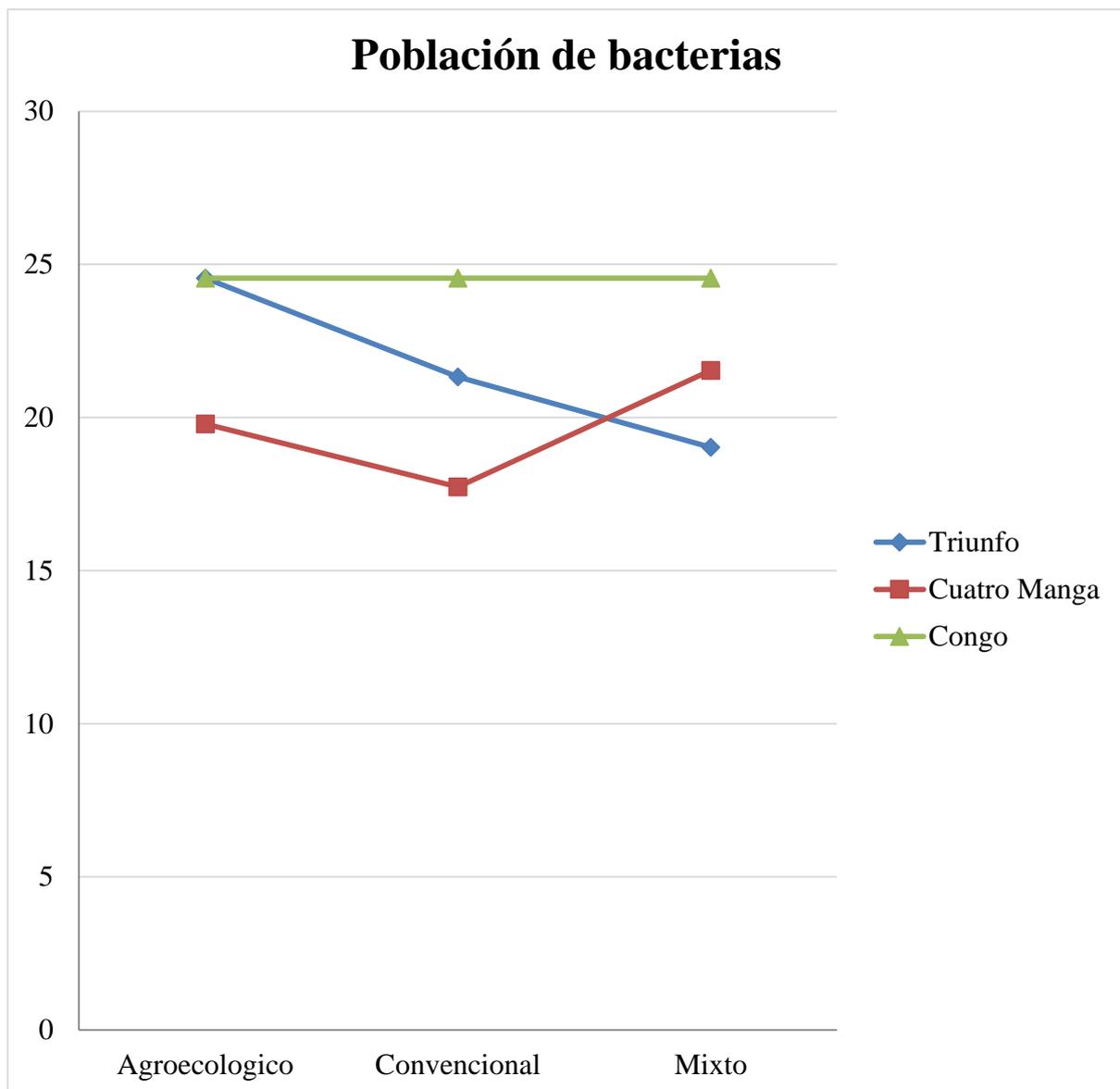


Figura 2. Resultados de la interacciones zonas x sistemas de producción.

4.5 Análisis nutricional del suelo

Todas las zonas presentan bajos (B) niveles fosforo (P), aunque esta definición es más aumentada para la zona de El Triunfo en el sistema agroecológico está acompañada por el porcentaje más bajo (B) de nitrógeno (N) 0,10 % en comparación con las otras dos zonas (Tabla 5). Respecto con las bases tenemos que los niveles calcio (Ca) son altos (A) para todas las zonas mientras que los niveles de potasio (K) y magnesio (Mg) son medios (M). El pH es ligeramente ácido (L.a) y la CEC medio (M) en todas las zonas lo mismo se observa para la M.O respecta a la distintas zonas que en general presenta niveles medio para los parámetros.

Tabla 5. Análisis nutricional en suelos de sistemas de producción cacaoteros agroecológicos, convencionales y mixto, en las zonas El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe, Los Ríos, 2019.

Zonas y Sistemas de Producción	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	pH	C.E.C (cmol/kg)	M.O (%)
El Triunfo + Agroecológico	0.14	9.82	100.31	1515.78	160.99	6.79	10.13	2.80
El Triunfo + Convencional	0.09	5.22	239.94	1220.16	130.27	6.71	8.36	5.47
El Triunfo + Mixto	0.09	5.22	106.5	1004.5	96.38	6.5	6.67	4.40
Media	0.10B	6.75B	149.91M	1246.81A	129.21M	6.66L.a	8.38 M	4.22M
Cuatro Mangas + Agroecológico	0.24	9.67	107.5	1277.43	115.46	6.51	10.50	5.01
Cuatro Mangas + Convencional	0.16	5.61	178.08	1349.31	152.38	6.62	9.05	3.96
Cuatro Mangas + Mixto	0.14	7.23	139.04	1485.3	121.59	6.34	9.37	4.46
Media	0.18B	7.50 B	141.54M	1370.68A	129.81M	6.4966L.a	9.79 M	4.47M
El Congo + Agroecológico	0.14	9.25	155.2	1048.52	128.75	6.4	7.52	3.22
El Congo + Convencional	0.17	5.67	107.65	1277.43	115.46	6.51	7.96	3.98
El Congo + Mixto	0.15	8.19	142.24	1374.88	196.09	6.92	10.19	3.45
Media	0.15B	7.70 B	131.03M	1233.61A	146.76M	6.6166L.a	8.56 M	3.55M
Promedio total	0.15	7.32	141.82	1283.70	122.43	6.58	8.86	4.08
VALOR DE REFERENCIA	0,50	20	350	500	250	6 - 5	>20	>5

4.5 Análisis de componentes principales (PCA)

En el análisis de componentes principales (PCA), se incluyeron las variables microbianas evaluadas (bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras), las variables provenientes del análisis químico: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), pH, materia orgánica (M.O), capacidad de intercambio catiónico (CIC). El PCA identificó dos componentes principales que explican el 46% de la varianza total. Se puede observar el componente A la variable fósforo (P) se encuentra asociada a la presencia de actinomicetos, bacterias y levaduras principalmente en el sistema agroecológico de las zonas El Triunfo y El Congo, mientras que el componente B las variables materia orgánica (M.O) y nitrógeno (N) se encuentra asociados con la mayor presencia de hongos de vida libre, principalmente los sistemas mixto y convencional de la zona de Cuatro Magas.

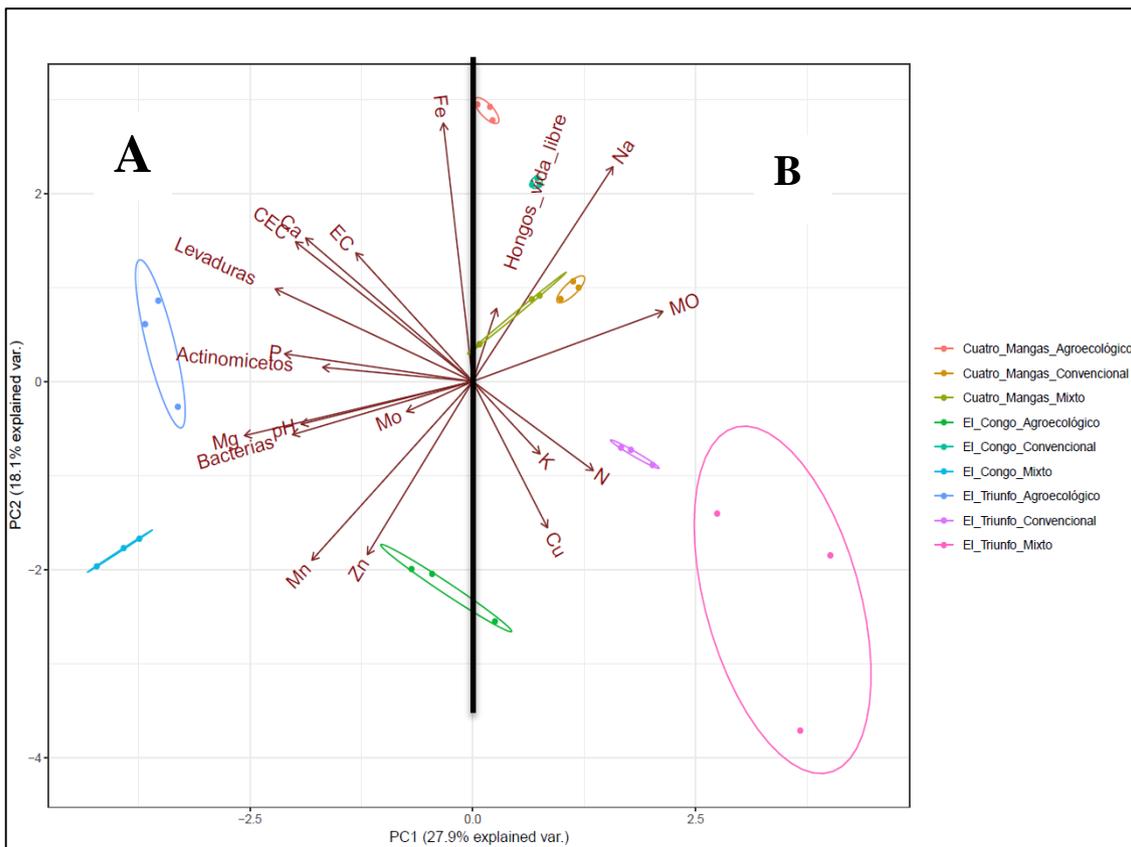


Figura 3. Análisis de componentes principales (PCA) (Anexo 10) del análisis microbiológico y análisis químico obtenidos en sistemas de producción cacaoteros agroecológicos, convencionales y mixto, en las zonas El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe, Los Ríos, 2019.

4.6 Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio presentaron asociación diferenciada de los grupos de organismos con las zonas de estudio, en El Congo, predominaron las bacterias, según Soares *et al.* (2016) por lo cual se infiere que el manejo de los suelos, influye directamente en el tamaño de estas poblaciones, quien encontró variabilidad en muestras de suelo rizosférico del cultivo de avena (*Avena sativa*), manejado agrónomicamente de forma diferente. Este tipo de asociación indica niveles de disponibilidad de recursos nutritivos en los diferentes suelos, como señala Ferrera-Cerrato y Alarcón (2007), las bacterias tienden a predominar en suelos donde se concentra una mayor abundancia de recursos nutritivos casi listos para aprovechamiento del cultivo.

En las zonas del El Triunfo y Cuatro Mangas no se encontraron diferencias de las poblaciones de hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras fueron similares en las tres zonas, por el cometido de materia orgánica, tipo de suelo y las condiciones ambientales dan lugar a la población de estos microorganismos. Por su parte Higuera (2015), los hongos de vida libre forman parte de la actividad de otros microorganismos, en suelos bien aireados con alto contenido de materia orgánica alcanzan poblaciones muy altas de actinomicetos, constituyendo el 10 al 50% de la comunidad microbiana del suelo, desarrollándose en suelos con pH desde 5 hasta 7 en suelos secos siendo resistentes a condiciones difíciles de temperatura, acidez y humedad, permitiendo restablecer las condiciones favorables para su desarrollo. Según Frioni (2011), describe que las poblaciones de levaduras en áreas templadas no es posible correlacionar su número con características climáticas o de suelo, y su rol en las transformaciones de la materia orgánica o mineral no está definido.

Entre los tres sistemas las poblaciones de bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras no presentaron diferencias, esto indica claramente como la labor antrópica, a pesar de los pocos años de intervención, ya ha dado lugar a un cambio en la microbiota del suelo. Según Higuera (2015), los suelos agrícolas que están sometidos a la mecanización continua, al monocultivo, al riego, a la aplicación de agroquímicos y fertilizantes de síntesis, a la compactación y a las quemadas, tienen una flora microbiana muy baja que afecta su fertilidad.

El sistema convencional abre una brecha significativa para el número de bacterias entre el Congo y Cuatro Magas, por la alta aplicación de fertilizantes dando a lugar que las bacterias descompongan el nitrógeno y ayudan a la absorción del nitrógeno atmosférico haciéndolo disponible para plantas. De acuerdo a Higuera (2015), el Nitrógeno del suelo se encuentra presente como diferentes compuestos químicos, pero la mayor parte forma compuestos orgánicos (materia orgánica del suelo). Solo del 5 al 10% del nitrógeno total se encuentra como formas inorgánicas: Amónio (NH_4^+), Nitrito (NO_2^-) y Nitrato (NO_3^-). El Nitrito y el Nitrato se encuentran en la solución del suelo, mientras que el amonio (catión) se encuentra como intercambiable o fijado a la estructura de algunos minerales, es susceptible de transformaciones por acción de los microorganismos, las bacterias nitrificantes haciendo disponible el nitrógeno para las plantas.

EL sistema mixto el número de bacterias vario significativamente entre las zonas del Congo y El Triunfo por la influencia climática, estructuras del suelo y asimilación de nutrientes. Según Higuera (2015), la capacidad de multiplicación permite crear poblaciones muy grandes en un tiempo muy corto, colonizando el suelo y degradando, tienen importancia en la relación suelo-planta y son responsables del incremento o disminución en el suministro de nutrientes.

Los suelos de las tres zonas estudiadas presentaron un nivel de fertilidad insuficiente para el cultivo de cacao, por las condiciones del suelo y el exceso de lluvias causaron el lavado de los nutrientes. Según Ruppenthal (1995), la pérdida de nutrientes y M.O es causado por las pendientes y las lluvias causando efecto en el suelo directo sobre la productividad aunque ésta puede ser restituida en parte por la fertilización, por el contrario, la degradación de las propiedades físicas es irreversible.

El nivel de materia orgánica (según muestra PCA) contiene una alta población de hongos de vida, este microorganismo interviene en la descomposición de los residuos orgánicos en las zonas y sistemas de producción. Por su parte Higuera (2015) manifiesta que los hongos de vida libre son importantes degradadores aerobios de material vegetal en descomposición en suelos, produciendo enzimas y metabolitos que contribuyen al ablandamiento y a la transformación de sustancias orgánicas además forman parte de la actividad de otros microorganismos.

La disponibilidad del fósforo (según muestra PCA) se encuentra asociados a los tres grupos de microorganismos, porque lo hace disponible para las plantas. Según Higuera (2015), la movilización del fósforo en la naturaleza lo hacen los microorganismos, ya que participan en la disolución y transformación del elemento hasta combinaciones asimilables por las plantas y también en la fijación temporal. Al incorporar residuos de cosecha, materiales orgánicos, estiércol, se agregan gran cantidad de compuestos órgano fosforados. El fosfato orgánico es hidrolizado por la enzima fosfatasa que segregan los microorganismos y libera el fosfato, para que sea asimilado por la planta. Las bacterias solubilizan el fósforo y las transforman a fosfatos asimilables para las plantas. Las levaduras degradan ácidos nucleicos y glicerofosfatos a fosfatos simples. Los actinomicetos destruyen las moléculas orgánicas fosfatadas liberando así el fósforo.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los resultados parciales obtenidos hasta la fecha nos permiten concluir lo siguiente:

- ❖ Las zonas del (El Triunfo, Cuatro Mangas, El Congo) con valores bacterias 24,55, hongos de vida libre 12,22, actinomicetos 20,17 y levaduras 16,78 y los sistemas de producción (agroecológico, convencional, mixto) presentaron una alta y diversa carga microbiana con valores de bacterias 22,97, hongos de vida libre 10,83, actinomicetos 20,70 y levaduras 16,22 en unidades formadoras de colonias (UFC) aproximadamente.
- ❖ Los resultados del análisis de suelo muestra que hay parámetros como el nivel bajo de P 7,32 (ppm), los niveles medio de Mg 122,43 (ppm) y K 141,82 (ppm), incluido un nivel del CEC 8,86 (cmol/kg), que sugiere la insuficiencia de la fertilidad de los suelos de la zonas estudiadas para el cultivo de cacao.
- ❖ La población de actinomicetos, hongos de vida libre y las levaduras fueron similares para tales sistemas de cultivo. Sin embargo, el nivel de bacterias fue claramente superior con valor 21,97 unidades formadoras de colonias (UFC) la zona del El Congo.

5.2 Recomendaciones

- ❖ Profundizar que el nivel de fertilidad de los suelos de la zonas bajo estudio es insuficiente para el cacao y posiblemente para otros cultivos, es necesario abordar este problema con otros estudios que presenten desarrollar prácticas de abonamiento, orgánico y mineral, que permita mejorar el nivel de fertilidad de los suelos.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Benintende, S., y Sánchez, C. (2000). Microorganismos del suelo. Universidad Nacional de Entre.
- Coyne, M. (2000). Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. España: Paraninfo.
- FAO. (2018). Los 10 Elementos de la Agroecología Guía para la Transición hacia Sistemas Alimentarios y Agrícolas Sostenibles. Obtenido de <http://www.fao.org/3/I9037ES/i9037es.pdf>
- Ferrera-Cerrato, R., y Alarcón, A. (2007). Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo. Trillas .
- Frioni, L. (2011). Microbiología: básica, ambiental y agrícola. Buenos Aires: Orientación gráfica .
- García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso.
- Gaviria, C. (16 de 08 de 2019). Sistemas Agroecológicos Sostenibles. Obtenido de <http://cgaviria.blogspot.com/>
- Gómez, G. B. (01 de 06 de 2015). Obtenido de http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-La-Microbiologia-de-Suelos.pdf?fbclid=IwAR0Wav1SG8acthjlnrlgjHdpP_MJL66EQev2OWCoqD8Mow3WQArwm4J_YZg
- Higuera, M. D. (2015). Obtenido de https://www.oriusbiochem.com/escrito?%20nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutrici%C3%B3n_vegetal.
- Hylary, Q. G. (30 de 10 de 2014). Microbiología . Obtenido de <http://microbiologia3bequipo5.blogspot.com/2014/10/numero-mas-probable-nmp.html>
- Malespín, M. (1982). Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=MeIOAQAAIAAJ&pg=PA12&dq=suelos%20para%20cacao&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjTgviEi6ThAhUOZN8KHXRDAIEQ6AEIKDAA&fbclid=IwAR3OUFeUjtuc1Vl4OE18anCY6tgg_oQ2M9lb1m4haIwAJkWOOf14FGQO8XM#v=onepage&q=suelos%20para%20cacao&f=false
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), e. I. (2006). La Agroindustria en el Ecuador. Un diagnóstico integral. Quito.

- Olalde Portugal, V., y Aguilera Gómez, L. I. (1998). Microorganismos y biodiversidad. *Terra Latinoamericana*, 16(3).
- Radi, C. y. (2008). El abc para la comercialización directa de cacao especial y con certificación. GTZ, Corpei, MAG, Udenor, Amaznor.
- Ruppenthal, M. (1995). Soil conservation in andean cropping systems. Soil erosion and crop productivity in traditional and forage - legume based cassava cropping systems in the South Colombian Andes. Margraf Verlag, Weikersheim, 110.
- Salamone, G. d. (2011). Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los ecosistemas. *Revista Argentina de Microbiología* .
- Santos, A. T. (2013). Efecto de los abonos orgánicos y sus características en el suelo. Obtenido de <http://www.culturaorganica.com/html/articulo.php?ID=108>
- Soares, R., Roesch, L., Zanata, G., Oliveira, F. D., & Passaglia, L. (2016). Occurrence and distribution of nitrogen fixing bacterial community associated with oat (*Avena sativa*) assessed by molecular and microbiological techniques. *Applied Soil Ecology*, 33(3), 221-234.
- Soria, M. A. (2016). ¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo para la agricultura? *Revista Química Viva*.
- Uribe, L. (1999). Técnicas microbiológicas para determinar la calidad de los suelos. Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica., p.p.79- 89.
- Vallejo-Quintero, V. E. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia forestal*, 16(1), 83-99.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

Anexo 1 Preparación de medios de cultivo y solución salina



Esterilización en la autoclave a 110°C durante 25 minutos

Preparación de medios selectivos y solución salina

Anexo 2 Recolección de muestras de suelos



Zona El Triunfo



Zona Cuatro Manga



Zona Congo

Anexo 3 Manejo del experimento



Peso de 1g de suelo



Disoluciones seriadas



**Marcar cajas 5 partes y
verter 10 ml del medio**

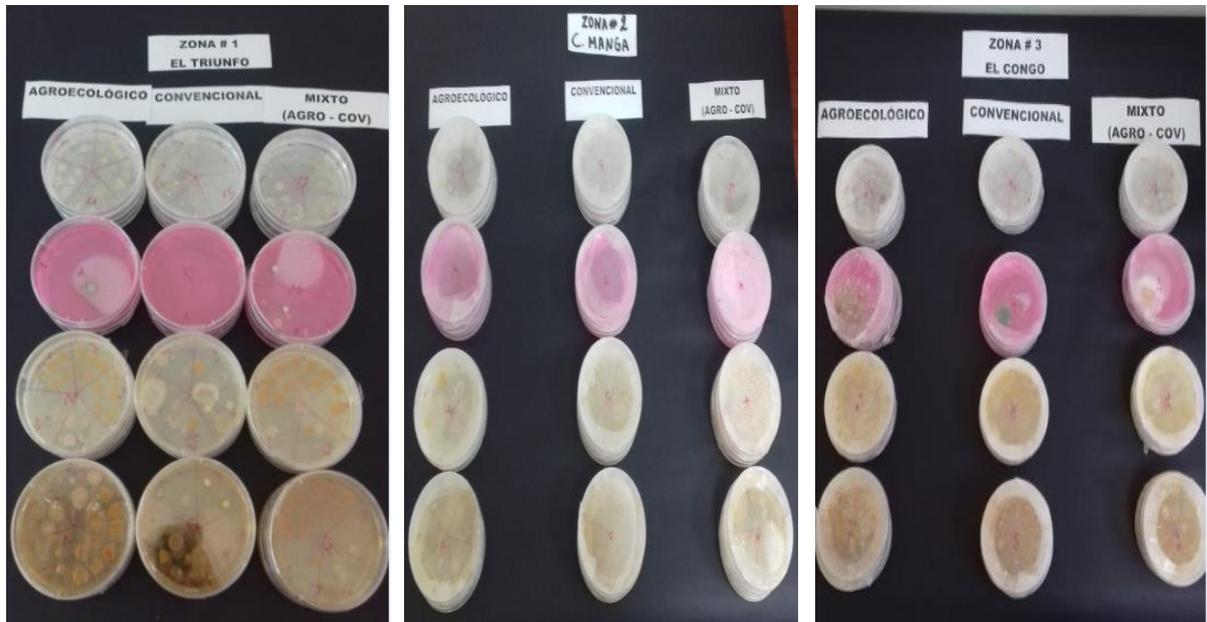


Inoculación del inoculó



Sellado con parafina incubar a 25 °C

Anexo 4 Registro de datos de la población de microorganismo bacterias, hongos, actinomices y levaduras de cada sistema de producción agroecológico, convencional y mixto.



Crecimiento de los microorganismos a los 7 días



Conteo del crecimiento de los microorganismos con la tabla del Número Más Probable

Anexo 5. En la tabla del número más probable para series de disoluciones en réplicas de cinco por nivel de dilución.

Núm. Respuestas Pos. por Nivel de Dilución	Población estimada	Núm. Respuestas Pos. por Nivel de Dilución	Población estimada
1-2-3-4-5-6		1-2-3-4-5-6	
1-0-0-0-0-0	1.9	5-5-4-2-0-0	2159
1-1-0-0-0-0	4.0	5-5-4-3-0-0	2716
2-0-0-0-0-0	4.4	5-5-5-0-0-0	2305
2-1-0-0-0-0	6.8	5-5-5-0-1-0	3126
3-0-0-0-0-0	7.7	5-5-5-1-0-0	3282
3-1-0-0-0-0	10	5-5-5-1-1-0	4532
3-2-0-0-0-0	13	5-5-5-2-0-0	4922
4-0-0-0-0-0	12	5-5-5-2-1-0	6918
4-1-0-0-0-0	16	5-5-5-3-0-0	7797
4-2-0-0-0-0	21	5-5-5-3-1-0	10702
4-3-0-0-0-0	27	5-5-5-3-2-0	13826
5-0-0-0-0-0	23	5-5-5-4-0-0	12753
5-0-1-0-0-0	31	5-5-5-4-1-0	16902
5-1-0-0-0-0	33	5-5-5-4-2-0	21589
5-1-1-0-0-0	45	5-5-5-4-3-0	27150
5-2-0-0-0-0	49	5-5-5-5-0-0	23054
5-2-1-0-0-0	69	5-5-5-5-0-1	31225
5-3-0-0-0-0	78	5-5-5-5-1-0	32720
5-3-1-0-0-0	107	5-5-5-5-1-1	45261
5-3-2-0-0-0	138	5-5-5-5-2-0	49224
5-4-0-0-0-0	127	5-5-5-5-2-1	69148
5-4-1-0-0-0	169	5-5-5-5-3-0	78127
5-4-2-0-0-0	216	5-5-5-5-3-1	107022
5-4-3-0-0-0	270	5-5-5-5-3-2	138269
5-5-0-0-0-0	230	5-5-5-5-4-0	127528
5-5-0-1-0-0	312	5-5-5-5-4-1	169028
5-5-1-0-0-0	327	5-5-5-5-4-2	215899
5-5-1-1-0-0	453	5-5-5-5-4-3	271557
5-5-2-0-0-0	488	5-5-5-5-4-4	334051
5-5-2-1-0-0	692	5-5-5-5-5-0	230546
5-5-3-0-0-0	780	5-5-5-5-5-1	328192
5-5-3-1-0-0	1070	5-5-5-5-5-2	492238
5-5-3-2-0-0	1383	5-5-5-5-5-3	781272
5-5-4-0-0-0	1275	5-5-5-5-5-4	1312535
5-5-4-1-0-0	1690		

* Esta es la densidad poblacional estimada asumiendo 1 ml de inóculo. Este valor debe ser ajustado por el factor de dilución y el volumen de inóculo (por ejemplo, si usted inoculó en cada placa un volumen de 10 µl, entonces el valor de la tabla debe ser corregido multiplicándolo por 100 [10 X 100 = 1,000 µl ó 1 ml]).

Anexo 6. En la tabla del número más probable para series de disoluciones en réplicas de cinco por nivel de disolución.

ESPOL



Reporte Técnico No 003-LABSINV-2019

**ANÁLISIS DE 25 MUESTRAS
DE SUELOS**

Elaborado por:

Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal

*Dr. Eduardo Chávez Navarrete
Dra. Martha Hidalgo León*

Enero, 2019

www.espol.edu.ec

Guayaquil: Campus "Gustavo Galindo" Km. 20.5 Vía Perimetral, Castilla. D9-01-5863 • Teléfono: P88: (508-4) 3708 000 - 3260 268 - 2854 560 - 2854 518
Campus "Las Peñas" Malecón 100 y Loja Teléfono: 2083 071 • Quito: Av. 6 de Diciembre N-33-55 y Ekoy Alhano Edif. Torre Blanca, Piso R42
Castilla 17-01-1076 • Teléfonos: P88: (593-3) 2521 408 - 2561 199 - 2527 986

1) Características Físico Química del Suelo:

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

www.espol.edu.ec

2) *Macro elementos del Suelo:*

Muestra Identificación	K ppm	P ppm	Ca ppm	Mg ppm	N %
Narcisa Alcides Romero	175,47	4,83	1032,95	431,00	0,03
Omar Chinachi	114,30	3,08	1143,92	352,56	0,12
Hernan Francisco Tene	154,39	5,71	2761,03	440,23	0,67
Juan Carlos Castillo	145,57	6,70	671,06	198,35	0,07
Cayetano Pereira	106,5	5,22	1004,50	96,38	0,09
Elisa Prado	107,5	9,67	1565,84	225,53	0,24
Gustavo Pereira	239,94	5,22	1220,16	130,27	0,09
Edison Vélez	100,31	9,82	1515,78	160,99	0,14
Hortensia Yagua	196,55	7,03	1194,24	328,09	0,03
Manuel Tenecota	148,98	8,92	626,58	129,98	0,02
Liliana Vera 1	155,20	9,25	1048,52	128,75	0,14
María del Pilar Ochoa	139,04	7,23	1485,30	121,59	0,14
Carlos Briones	178,08	5,61	1349,31	152,38	0,16
Liliana Vera 2	142,24	8,19	1374,88	196,09	0,15
Maquita X	107,65	5,67	1277,43	115,46	0,17
Antonio Camacho	161,87	8,66	1300,01	251,36	0,03
Ana Oyala	168,13	6,63	1919,73	573,25	0,03
Sustrato 1	376,05	7,77	1623,83	201,67	0,19

Macronutrientes:

P = Fosforo, N= Nitrógeno, K= potasio, Ca = Calcio, Mg= Magnesio

3) *Microelementos del Suelo:*

Muestra Identificación	Fe	Mn	Na	Cu ppm	Zn	Co	Mo
Narcisa Alcides Romero	BLD	4,94	48,80	0,13	0,10	BLD	0,02
Omar Chinachi	0,15	29,79	49,94	0,21	0,81	0,03	0,03
Hernan Francisco Tene	BLD	10,06	8,21	0,17	0,06	0,00	0,02
Juan Carlos Castillo	0,04	30,53	14,37	0,12	0,05	0,02	0,03
Cayetano Pereira	0,14	6,04	12,55	0,18	0,55	BLD	0,03
Elisa Prado	0,69	4,84	13,94	0,17	0,51	BLD	0,03
Gustavo Pereira	0,20	3,43	11,10	0,21	0,76	BLD	0,05
Edison Velez	0,43	5,67	9,93	0,20	0,65	BLD	0,03
Hortencia Yagua	0,10	11,97	32,02	0,18	0,24	0,00	0,03
Manuel Tenecota	0,25	4,45	26,04	0,20	0,15	0,00	0,02
Liliana Vera 1	0,18	9,07	7,59	0,20	0,87	BLD	0,04
María del Pilar Ochoa	0,45	4,24	13,70	0,18	0,84	BLD	0,04
Carlos Briones	0,40	3,34	13,79	0,23	0,52	BLD	0,05
Liliana Vera 2	0,21	7,19	6,75	0,22	0,76	BLD	0,04
Maquita X	0,37	3,70	17,44	0,18	0,34	BLD	0,05

ppm = partes por millón (mg/kg)

BLD = Bajo límite de detección

FIRMA DE APROBACIÓN

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

www.espol.edu.ec

Guayaquil: Campus "Gustavo Galindo" Km. 30.5 Vía Perimetral, Casilla: 09-01-5863 • Teléfonos: PBX: (593-4) 3708 000 - 2269 269 - 2854 560 - 2854 518
Campus "Las Peñas" Malecón 100 y Loja Teléfono: 2081 071 • Quito: Av. 6 de Diciembre N-33-55 y Eloy Alfaro Edif. Torre Blanca, Piso N°2
Casilla 17-01-1076 • Teléfonos: PBX: (593-2) 2521 408 - 2561 199 - 2527 986

Anexo 8. Estimación de la Población unidades formadoras de colonias (UFC) de cuatro grupos de microorganismos asociadas a cultivo de cacao, en tres zonas agroecológicas del Cantón Buena Fe, bajo tres sistemas de explotación y sus interacciones (Datos convertidos en notación científica).

Factores		Bacterias			Hongos de vida libre			Actinomicetos			Levaduras		
Zonas	Sistemas	Zonas	Sistemas	Interacc.	Zonas	Sistemas	Interacc.	Zonas	Sistemas	Interacc.	Zonas	Sistemas	Interacc.
El Triunfo	Agroecológico			1,84E+10			2,67E+05			4,61E+10			1,54E+10
	Mixto	1,19E+10	2,67E+10	1,79E+09	4,69E+05	8,30E+05	1,01E+06	2,56E+10	2,11E+10	1,54E+10	5,13E+09	5,16E+09	2,98E+06
	Convencional			1,54E+10			1,27E+05			1,54E+10			3,33E+06
Cuatro Mangas	Agroecológico			1,55E+10			1,20E+06			1,77E+09			8,99E+07
	Mixto	1,05E+10	1,60E+10	1,86E+08	5,74E+05	1,11E+06	1,27E+05	6,01E+08	1,03E+10	3,30E+07	3,29E+07	1,92E+07	3,90E+06
	Convencional			1,57E+10			3,93E+05			2,95E+06			4,93E+06
El Congo	Agroecológico			4,61E+10			1,02E+06			1,54E+10			1,99E+07
	Mixto	4,61E+10	2,57E+10	4,61E+10	1,20E+06	3,04E+05	1,27E+05	2,06E+10	1,54E+10	1,56E+10	3,80E+07	1,72E+07	5,07E+07
	Convencional			4,61E+10			3,93E+05			3,07E+10			4,33E+07

Anexo 9. Niveles de significación estadística valores entre zonas para bacterias, hongos de vida libre, actinomicetos y levaduras obtenidos en sistemas de producción cacaoteros agroecológicos, convencionales y mixto, en las zonas El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe, Los Ríos, 2019.

	Tratamiento	Poblaciones *			
		Bacterias	Hongos de vida libre	Actinomicetos	Levaduras
Zonas	El Triunfo	21,64 b	7,54 a	20,52 a	16,07 a
	Cuatro Mangas	19,69 b	9,02 a	16,32ab	15,55 a
	El Congo	24,55 a	12,22 a	20,17 a	16,78 a
Sistemas de producción	Agroecológico	22,97 a	10,65 a	20,70 a	16,92 a
	Convencional	21,20 a	10,83 a	17,97 a	15,70 a
	Mixto	21,71 a	7,30 a	18,35 a	15,79 a
Interacciones	El Triunfo + Agroecológico	24,55 a	4,53 a	24,55 a	18,47 a
	El Triunfo + Convencional	21,33 ab	13,80 a	18,01 ab	14,78 a
	El Triunfo + Mixto	19,03 b	4,28 a	19,01 ab	14,96 a
	Cuatro Mangas + Agroecológico	19,79 ab	13,97 a	19,07 ab	16,11 a
	Cuatro Mangas + Convencional	17,73 b	4,28 a	15,14 b	15,14 a
	Cuatro Mangas + Mixto	21,54 ab	8,81 a	14,76 b	15,41 a
	El Congo + Agroecológico	24,55 a	13,45 a	18,47 ab	16,18 a
	El Congo + Convencional	24,55 a	14,40 a	20,77 ab	17,18 a
	El Congo + Mixto	24,55 a	8,81 a	21,28 ab	16,98 a
Promedio		21,96	9,59	19,01	16,13
C.V %		12,2	59,22	21,39	13,57

* Los datos originales se transformaron a $\log X+1$ para efectos de análisis.

Promedios con las mismas letras en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la Prueba de Duncan al 0,05% de probabilidad.

Anexo 10. Análisis de componentes principales (PCA) del análisis microbiológico y análisis químico obtenidos en sistemas de producción cacaoteros agroecológicos, convencionales y mixto, en las zonas El Triunfo, Cuatro Mangas y El Congo del cantón Buena Fe, Los Ríos, 2019.

