



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

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

Título de Proyecto de Investigación:

INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO EN TRES ZONAS DE PRODUCCIÓN DEL
CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L).

Autora:

Carranza Aguirre María Belén

Directora del Proyecto de Investigación:

Ing. Marisol Rivero Herrada. PhD

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos

Yo, **María Belén Carranza Aguirre**, 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.

Atentamente;

María Belén Carranza Aguirre

Autora

Certificación de Culminación del Proyecto de Investigación

El suscrito, Dra. Marisol Rivero Herrada, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante María Belén Carranza Aguirre, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “Indicadores de calidad de suelo en tres zonas de producción del cultivo de cacao *Theobroma cacao L.*”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dra. Marisol Rivero Herrada, PhD.

Directora del Proyecto de Investigación

Certificado del Reporte de la Herramienta de Prevención de Plagio Académico

La suscrita, Dra. Marisol Rivero Herrada, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado **“Indicadores de calidad de suelo en tres zonas de producción del cultivo de cacao *Theobroma cacao L.*”**, de la estudiante de la carrera de Agronomía, Carranza Aguirre María Belén, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por la SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 6%.



Document Information

Analyzed document	TESIS Carranza Maria Belen. 9.11.2022.docx (D149182770)
Submitted	2022-11-09 21:56:00
Submitted by	
Submitter email	maria.carranzaa2016@uteq.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	mrivero.uteq@analysis.urkund.com

Dra. Marisol Rivero Herrada, PhD.

Directora del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

Certificado de aprobación por el tribunal de sustentación de proyecto de investigación

Título:

“Indicadores de calidad de suelo en tres zonas de producción del cultivo de cacao
(*Theobroma cacao L.*)”

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

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Freddy Sabando Ávila MSc.

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL
Ing. Yanila Granados Rivas MSc.

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL
Ing. Freddy Guevara Santana MSc.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

Agradecimiento

Le agradezco a Dios por ser mi fortaleza y guía en todo el proceso estudiantil y ayudarme a terminar esta importante meta en mi vida, a mis padres por su sacrificio y amor que me han brindado día a día siendo fundamental en la etapa de mi formación como profesional y personal.

A la prestigiosa Universidad Técnica Estatal de Quevedo la cual me abrió sus puertas para poder desarrollarme como profesional en la Facultad de Ciencias Agrarias, y a sus docentes los cuales me han ofrecido sus experiencias y conocimientos.

De manera especial le agradezco a mi directora de proyecto de investigación, Dra. Marisol Rivero Herrada PhD, quien me ha brindado su conocimiento, apoyo y paciencia entregado en todo este proceso. A los docentes: Ing. Yanila Granados, Ing. Freddy Sabando, Ing. Freddy Guevara por su destacada labor en mi formación profesional.

A mis amigos Yuleen Macias, Mauro Menoscal y María Salazar quienes siempre estuvieron conmigo y fueron incondicionales en toda mi etapa académica.

María Belén Carranza Aguirre

Dedicatoria

Este proyecto de investigación está dedicado a Dios nuestro padre celestial por ser mi guía y fortaleza, a mis padres Félix Carranza y María Aguirre que siempre estuvieron conmigo mostrándome su confianza y apoyo económico en todo el proceso de esta etapa, y siempre tener una palabra de motivación en momentos difíciles.

A mis hermanas Abigail Ruiz, Maribel Carranza, María Fernanda Carranza y hermano, Joffre Méndez, que me han motivado con sus valores y apoyo incondicional, teniendo siempre presente la humildad y gratitud hacia el prójimo impulsándome a ser mejor ser humano, gracias: Saul, Sahyd, Lucas, Dante y Aitana.

María Belén Carranza Aguirre

Resumen

Theobroma cacao L. es una de las especies agrícolas de gran importancia a nivel nacional representa uno de los principales productos de exportación, siendo en Ecuador las provincias de los Ríos y Guayas de mayor producción. El objetivo principal de la investigación fue determinar los indicadores físicos, químicos y biológicos en las tres zonas productoras de cacao (*Theobroma cacao L.*) con la finalidad de conocer los indicadores de calidad que estaban afectando los suelos cacaoteros en las localidades de estudio (El Empalme, Mocache y Quevedo). Para evaluar las diferentes variables se realizó un diseño completamente al azar utilizando como tratamientos a los sistemas de producción de las tres localidades (SP1, SP2, SP3). Las variables fueron sometidas al análisis de varianza y posteriormente a la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad para determinar la media de los tratamientos. Los resultados obtenidos mostraron un mayor porcentaje de microorganismos con 87 UFC de bacterias, en el SP1 finca “las Naves” perteneciente al cantón Quevedo, mientras que los cantones Mocache y El empalme obtuvo un bajo número de microorganismos, siendo similar en ambas zonas. El análisis físico y químico, presentó niveles bajos en nitrógeno (N), boro (B) y materia orgánica (MO) medios en calcio (Ca) azufre (S) manganeso (Mg), una capacidad catiónica Ca+Mg de 15,76 meq/100ml en relación a las tres zonas de estudio. En conclusión, existe deficiencia de fertilidad y posterior déficit de producción en las tres zonas de estudios siendo la finca “Isabelita” del cantón el Empalme con mayores carencias nutricionales.

Palabras claves: Deficiencias, Análisis, Microorganismos, Químico, UFC.

Abstract

Theobroma cacao L. is one of the agricultural species of great importance at the national level, it represents one of the main export products, being in Ecuador the provinces of Los Ríos and Guayas with the highest production. The main objective of the research was to determine the physical, chemical and biological indicators in the three cocoa (*Theobroma cacao L.*) producing areas in order to know the quality indicators that were affecting the cocoa soils in the study locations (El Empalme, Mocache and Quevedo). To evaluate the different variables, a completely randomized design was carried out using the production systems of the three locations (SP1, SP2, SP3) as treatments. The variables were subjected to the analysis of variance and later to the Tukey test at 0.05% probability to determine the mean of the treatments. The results obtained showed a higher percentage of microorganisms with 87 CFU of bacteria, in the SP1 farm "Las Naves" belonging to the Quevedo canton, while the Mocache and El Empalme cantons obtained a low number of microorganisms, being similar in both areas. The physical and chemical analysis showed low levels of nitrogen (N), boron (B) and organic matter (MO), medium levels of calcium (Ca), sulfur (S), manganese (Mg), a Ca+Mg cationic capacity of 15.76. meq/100ml in relation to the three study areas. In conclusion, there is fertility deficiency and subsequent production deficit in the three study areas, with the "Isabelita" farm in the El Empalme canton having the greatest nutritional deficiencies.

Keywords: Deficiencies, Analysis, Microorganisms, Chemical, UFC.

Tabla de Contenido

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 Plagio Académico	iv
Certificado de aprobación por el tribunal de sustentación de proyecto de investigación .	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Tabla de Contenido	x
Código Dublín.....	xvi
Introducción	1
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Justificación.....	5
1.3. Objetivos	6
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco Conceptual	8
2.1.1. <i>Cacao</i>	8
2.1.2. <i>Características de los suelos</i>	8
2.1.3. <i>Requerimientos edáficos</i>	8
2.1.4. <i>Materia orgánica</i>	9
2.1.5. <i>Manejo de nutrientes</i>	9
2.2. Marco Referencial	10

2.2.1.	<i>Descripción taxonómica de Theobroma cacao L.</i>	10
2.2.2.	<i>Descripción botánica de la especie</i>	10
2.2.3.	Características del cultivo	12
2.2.3.1.	Origen y distribución del cacao	12
2.2.3.2.	Condiciones edafoclimáticas para el cultivo	12
2.2.3.3.	Precipitación	12
2.2.3.4.	Temperatura	12
2.2.4.	<i>Importancia del Theobroma cacao L. en el Ecuador</i>	13
2.2.5.	<i>Indicadores de calidad del suelo</i>	14
2.2.5.1.	Indicadores físicos	14
2.2.5.2.	Indicadores químicos	15
2.2.5.3.	Indicadores biológicos	15
2.2.6.	<i>Microorganismos en el suelo</i>	15
2.2.6.1.	Importancia de los microorganismos en el suelo	15
2.2.6.2.	Relación del suelo con los microorganismos	15
2.2.7.	<i>Daños al suelo ocasionados la agricultura</i>	16
2.2.8.	<i>Remediación del suelo</i>	17
2.2.9.	<i>Investigaciones en contexto con la investigación</i>	17
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		19
3.1.	Localización de la investigación	20
3.2.	Tipo de investigación	21
3.3.	Métodos de investigación	21
3.4.	Fuentes de recopilación	21
3.4.1.	<i>Fuentes primarias</i>	21
3.4.2.	<i>Fuentes secundarias</i>	21
3.5.	Diseño de la investigación	22
3.5.1.	<i>Diseño experimental</i>	22

3.5.2.	<i>Sistemas de producción</i>	22
3.6.	Instrumentos de investigación	23
3.6.1.	<i>Manejo del experimento</i>	23
3.6.1.1.	Ubicación de los sistemas de producción	23
3.6.1.2.	Delimitación del terreno	23
3.6.1.3.	Toma de muestra.....	24
3.6.1.4.	Tratamiento de las muestras	24
3.6.1.5.	Selección de indicadores.....	24
3.6.1.6.	Proceso experimental para la determinación de comunidades microbianas.....	25
3.6.1.6.1.	Preparación de medios de cultivos	25
3.6.1.6.2.	Preparación de solución salina	26
3.6.1.6.3.	Técnica de dilución en muestra de suelo.....	26
3.6.2.	<i>Variables a evaluar</i>	26
3.6.2.1.	pH	26
3.6.2.2.	Contenido de nitrógeno (N)	27
3.6.2.3.	Contenido de fósforo (P)	27
3.6.2.4.	Contenido de potasio (K).....	27
3.6.2.5.	Contenido de calcio (Ca)	27
3.6.2.6.	Contenido de magnesio (Mg)	27
3.6.2.7.	Contenido de azufre (S)	27
3.6.2.8.	Contenido de zinc (Zn)	28
3.6.2.9.	Contenido de cobre (Cu).....	28
3.6.2.10.	Contenido de hierro (Fe).....	28
3.6.2.11.	Contenido de manganeso (Mn).....	28
3.6.2.12.	Contenido de boro (B)	28
3.6.2.13.	Suma de cationes (Ca+Mg)	28
3.6.2.14.	Materia orgánica (MO).....	29

3.6.2.15. Clase textural	29
3.6.2.16. Conteo poblacional de microorganismos (bacterias y hongos)	29
3.7. Tratamiento de los Datos.....	29
3.8. Recursos Humanos y Materiales	30
3.8.1. <i>Materiales de campo</i>	30
3.8.2. <i>Materiales de oficina</i>	30
3.8.3. <i>Materiales del laboratorio</i>	30
3.8.4. <i>Equipos de laboratorio</i>	31
3.8.5. <i>Reactivos de laboratorio</i>	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Resultados del análisis de suelo en los sistemas de producción	33
4.1.1. <i>Nutrientes presentes en suelo de los sistemas de producción</i>	33
4.1.2. <i>Contenido del K, Ca y Mg en los sistemas de producción</i>	34
4.1.3. <i>Contenido de B y Fe en los sistemas de producción</i>	35
4.1.4. <i>Contenido del Mn, Zn y Ca+Mg en los sistemas de producción</i>	35
4.1.5. <i>Valor del pH en los diferentes suelos de los sistemas de producción</i>	36
4.1.6. <i>Materia orgánica y textura de los suelos en los sistemas de producción</i>	37
4.1.7. <i>Análisis microbiológico del suelo en los sistemas de producción agrícola</i>	38
4.1.7.1. Población de microorganismos del suelo en los sistemas de producción	39
4.2. Discusión.....	41
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
5.1. Conclusiones	44
5.2. Recomendaciones.....	45
CAPÍTULO VI: BIBLOGRAFÍA.....	46
6.1. Bibliografía	47
CAPÍTULO VII: ANEXOS	51

Índice de Figuras

Figura 1 Planta de <i>Theobroma cacao</i> L.	13
Figura 2 Cultivo in vitro de los diferentes microorganismos presentes en las tres localidades de producción de <i>Theobroma cacao</i> L.	39
Figura 3 Crecimiento poblacional de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras) en las tres plantaciones cacao.	40

Índice de Tablas

Tabla 1 Condiciones climáticas de las áreas del estudio	20
Tabla 2 Esquema de análisis de varianza (ADEVA) diseño completamente al azar (DCA)..	22
Tabla 3 Sistemas de producción de la presente investigación.	23
Tabla 4 Rangos de calidad de suelos	25
Tabla 5 Contenido de N, P, S, Cu en los sistemas de producción.	33
Tabla 6 Presencia de K, Ca y Mg en los sistemas de producción.	34
Tabla 7 Presencia de B y Fe en los diferentes sistemas de producción.	35
Tabla 8 Contenido de Mn, Zn y Ca+Mg en los diferentes sistemas de producción.	36
Tabla 9 Valor de acidez (pH) de los sistemas de producción.....	37
Tabla 10 Materia orgánica y textura del suelo de los sistemas de producción.	38

Índice de Anexos

Anexo A. Recolección de muestras de suelos en las tres localidades	52
Anexo B. Procesos de laboratorio UTEQ.....	52
Anexo C. Registro de microorganismos obtenidos en las tres zonas productoras de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>).....	53
Anexo D. Análisis de muestra de suelo realizadas en INIAP.....	54
Anexo E. Plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en las localidades de estudio en la provincia del Guayas y los Ríos.....	56
Anexo F. Análisis de varianza.....	56

Código Dublín

Título:	“Indicadores de calidad de suelo en tres zonas de producción del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)”				
Autor:	Carranza Aguirre María Belén				
Palabras clave:	Análisis	Deficiencias	Microorganismos	Químico	UFC
Fecha de publicación:					
Editorial:					
Resumen:	<p>Resumen.- <i>Theobroma cacao L.</i> es una de las especies agrícolas de gran importancia a nivel nacional representa uno de los principales productos de exportación, siendo en Ecuador las provincias de los Ríos y Guayas de mayor producción. El objetivo principal de la investigación fue determinar los indicadores físicos, químicos y biológicos en las tres zonas productoras de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) con la finalidad de conocer los indicadores de calidad que estaban afectando los suelos cacaoteros en las localidades de estudio (El Empalme, Mocache y Quevedo). Para evaluar las diferentes variables se realizó un diseño completamente al azar utilizando como tratamientos a los sistemas de producción de las tres localidades (SP1, SP2, SP3) (...)</p> <p>Abstract.- <i>Theobroma cacao L.</i> is one of the agricultural species of great importance at the national level, it represents one of the main export products, being in Ecuador the provinces of Los Ríos and Guayas with the highest production. The main objective of the research was to determine the physical, chemical and biological indicators in the three cocoa (<i>Theobroma cacao L.</i>) producing areas in order to know the quality indicators that were affecting the cocoa soils in the study locations (El Empalme, Mocache and Quevedo). To evaluate the different variables, a completely randomized design was carried out using the production systems of the three locations (SP1, SP2, SP3) (...)</p>				
Descripción:	82 hojas : dimensiones, 29x21cm + CD-ROM 6162				
URL:					

Introducción

El suelo es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas. Es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan. También en el suelo las raíces encuentran el aire necesario para vivir. consta de varias capas llamadas horizontes, aproximadamente paralelas a la superficie. Cada uno de los horizontes del suelo tiene distintas propiedades físicas y químicas, lo que se refleja en su aspecto. Al conjunto de horizontes de un suelo se le llama perfil. (1).

Uno de los temas más importantes a la hora de implementar políticas y programas basados en la sustentabilidad es la selección adecuada de indicadores de calidad del suelo que permitan conocer el impacto de la implementación de las prácticas de manejo agrícola y ganadero. En la actualidad, las características biológicas se han convertido en un criterio importante para evaluar el uso o manejo de la tierra, por lo que es necesario orientar la producción agrícola hacia nuevas tecnologías basadas en la restauración de suelos infértiles (2).

Los indicadores de calidad del suelo están diseñados como una herramienta de medición que debe proporcionar información sobre propiedades, procesos y características (3). El suelo es un sistema vivo, heterogéneo y dinámico (4) y su calidad depende de un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales, de acuerdo con su variabilidad espacial y temporal, sensibilidad a cambios de uso y manejo del suelo, pueden ser utilizadas como indicadores de calidad (5). Teniendo en cuenta la situación de degradación que presentan los sistemas de producción de cacao, una problemática que está afectando los rendimientos agrícolas, en la presente investigación se tuvo como finalidad determinar indicadores de calidad del suelo en tres zonas de producción del cultivo de cacao.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los sistemas de producción agrícola cacaoteros en la zona 5 de Ecuador a la que pertenecen los cantones; Quevedo, Mocache de la Provincia de Los Ríos y El Empalme de la provincia del Guayas se basan en prácticas agrícolas de manejo convencional que han sobreexplotado los suelos y como consecuencia, estas áreas se han afectado por este manejo con decisiones de aplicación de químicos y monocultivo, específicamente en los indicadores de calidad del suelo: pérdida de nutrientes, materia orgánica e indicadores físicos como: porosidad, velocidad de infiltración, entre otros, generando efectos ambientales negativos y ocasionando baja producción con incrementos de costos de producción.

Entre los daños significativos causados por la agricultura destaca un problema que se encuentra relacionado con la mala gestión del suelo; es que cuando se degrada significativamente, no puede seguir produciendo, obligando a agricultores a recurrir a ampliar las fronteras agrícolas, reduciendo el área natural importante para la diversidad y conservación de las características del suelo. Los suelos donde se encuentran establecidas las plantaciones de cacao se han visto afectadas en gran medida debido al manejo convencional en la actividad agrícola con el uso continuo de productos químicos como: fertilizantes, insecticidas y otros insumos en una estructura de sistema de producción de monocultivo.

La obtención de información científica acerca de los indicadores de calidad del suelo y estos resultados como pueden ayudar a establecer estrategias de manejo sustentables que permitan la recuperación de los suelos en estas áreas de cacao, que se han visto afectadas por la agricultura con un sistema de manejo convencional.

Formulación del problema

¿Cómo se encuentran los indicadores químicos, físicos y biológicos de los suelos en los sistemas de producción agrícola cacaoteros en tres cantones; Quevedo y Mocache de la Provincia de Los Ríos y El Empalme de la provincia del Guayas?

Sistematización del problema

¿Cuáles serán los indicadores de calidad del suelo químicos, físicos y biológicos que han sido más afectados por el sistema de manejo convencional en las diferentes plantaciones de cacao?

¿Cómo se puede establecer medidas de recuperación de estas áreas productoras de cacao a partir de los indicadores más significativos o relevantes en la evaluación de la calidad del suelo en las áreas en estudio?

1.2. Justificación

La investigación tiene gran importancia práctica, se realizó con la finalidad de conocer los indicadores de la calidad del suelo más afectados en los diferentes sistemas de producción de cacao en una zona y provincia importante del país dedicada a este sector agrícola. Puede aportar información sobre los principales factores y prácticas de manejo que han alterado la calidad del suelo y dar una orientación, para establecer estrategias de manejo más sostenibles y sustentables que permitan la recuperación de los suelos. Estos resultados tienen un valor económico-social, aportando trascendencia, utilidad y beneficios para los productores.

La información obtenida de la investigación obtuvo también un uso técnico e implicaciones prácticas que permitieron identificar cuáles son los indicadores químicos, físicos y biológicos que más afectan estos sistemas de producción de cacao considerando diferentes prácticas agrícolas para la conservación y recuperación de estas áreas afectadas y cómo se pueden llegar a remediar los impactos negativos que más afectan el suelo y la producción del cultivo cacao.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar los indicadores de calidad del suelo en tres zonas de producción del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L).

1.3.2. Objetivos Específicos

- Establecer los indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo en tres sistemas de producción de cacao.

- Identificar los indicadores biológicos de calidad del suelo en las tres zonas de producción de cacao.

- Determinar el porcentaje de comunidad microbiana de suelo en las tres zonas de producción de cacao.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*) fue clasificado botánicamente por Carlos Linneo, es un árbol de 4-8 m de alto de la familia Esterculiácea, nativo de las regiones tropicales de América, con semillas que contienen una cantidad significativa de grasas (40-50%) y polifenoles (alrededor del 10% del peso del grano seco) (4).

2.1.2. Características de los suelos

El cacao necesita suelos profundos (mayor a 100 centímetros) de origen aluviales o volcánicos (estos suelos no están necesariamente relacionados con índices de Cadmio). Deben ser bien drenados ya que la planta es susceptible a encharcamiento, El cacao es un mejorador de suelo por la materia orgánica que produce. Entre más hojarasca mejor es la producción, porque la planta necesita carbohidratos para hacer la fotosíntesis y llevar los nutrientes del suelo hacia la copa. La presencia de muchas hojas en el árbol genera más sombra y se requiere más nutrición a la planta (5).

2.1.3. Requerimientos edáficos

El crecimiento y la buena producción del cultivo de cacao no solo dependen de la existencia de las buenas condiciones físicas y químicas en los primeros 30 cm. de profundidad del suelo, donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces fisiológicamente activas encargadas de la absorción de agua y nutrientes; sino también de las buenas condiciones físicas y químicas de los horizontes o capas inferiores del suelo que permitan una buena fijación de la planta y un crecimiento sin restricciones de la raíz principal que puede alcanzar hasta los 1.5 metros de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten (6).

2.1.4. *Materia orgánica*

La materia orgánica es uno de los elementos que favorece la nutrición del suelo y a través de ésta a la planta. Su contenido en el suelo influye en las condiciones físicas y biológicas de la plantación. Así mismo, favorece la estructura del suelo posibilitando que éste se desmenuce con facilidad. Al mismo tiempo, evita la desintegración de los gránulos del suelo por efecto de las lluvias. Otro factor importante de la materia orgánica es que constituye el alimento de los micro elementos del suelo que participan en forma activa en la formación y desarrollo del suelo. Producto de la descomposición de la materia orgánica en el suelo se obtiene el humus que constituye un depósito de calcio, magnesio y potasio (6).

2.1.5. *Manejo de nutrientes*

El agua es el medio para la entrada de nutrientes a la planta, las raíces son las que absorben el agua y nutrientes. Las hojas, pueden absorber nutrientes sólo en cantidades pequeñas, no es su función principal, un plan de fertilización, sin considerar el balance hídrico del agua no es aceptable, antes se requiere saber cómo están el agua y el suelo. Los nutrientes viajan a los órganos de la planta y luego regresan al suelo mediante la descomposición de las hojas y los tallos, luego estos se transforman en humus y liberan nutrientes; así funciona la naturaleza (5).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Descripción taxonómica de *Theobroma cacao* L.

La descripción taxonómica de la especie *Theobroma cacao* L (7):

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Malvales Juss.

Familia: *Malvaceae* Juss.

Género: *Theobroma*

Especie: *cacao* L.

Nombre común: Cacao

2.2.2. Descripción botánica de la especie

Diferentes características que presenta la especie *Theobroma cacao* L (8):

- **Forma.** Árbol de pequeña talla, perennifolio, de 4 a 7 m de altura (cultivado). El cacao silvestre puede crecer hasta 20 m o más.

- **Copa / hojas.** Copa baja, densa y extendida. Hojas grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de 20 a 35 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, de color verde oscuro en el haz y pálidas en el envés, cuelgan de un pecíolo.

- **Tronco / Ramas.** El tronco tiene un hábito de crecimiento dimórfico, con brotes ortotrópicos o chupones. Ramas plagiotrópicas o en abanico. Las ramas primarias se

forman en verticilos terminales con 3 a 6 ramillas; al conjunto se le llama "molinillo". Es una especie cauliflora, es decir, las flores aparecen insertadas sobre el tronco o las viejas ramificaciones.

- **Corteza.** Externa de color castaño oscuro, agrietada, áspera y delgada. Interna de color castaño claro, sin sabor.
- **Flor(es).** Se presentan muchas flores en racimos a lo largo del tronco y de las ramas, sostenidas por un pedicelo de 1 a 3 cm. La flor es de color rosa, púrpura y blanca, de pequeña talla, de 0.5 a 1 cm de diámetro y 2 a 2.5 cm de largo, en forma de estrella.
- **Fruto(s).** El fruto una baya grande comúnmente denominada "mazorca", carnosa, oblonga a ovada, amarilla o purpúrea, de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso, puntiaguda y con camellones longitudinales; cada mazorca contiene en general entre 30 y 40 semillas dispuestas en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa.
- **Semilla(s).** Semillas grandes del tamaño de una almendra, color chocolate o purpúreo, de 2 a 3 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y de sabor dulce y acidulado.
- **Raíz.** El sistema radical se compone de una raíz pivotante que en condiciones favorables puede penetrar más de 2 m de profundidad, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y de un extenso sistema superficial de raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm debajo de la superficie del suelo.

2.2.3. Características del cultivo

2.2.3.1. Origen y distribución del cacao

El origen de esta especie se remonta a la región amazónica (cuenca alta del río Amazonas) esta comprende diversos países en América Latina tales como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. En esta región es donde se encuentran presente la mayor abundancia de variaciones de la especie (8).

2.2.3.2. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo

El buen crecimiento, desarrollo y producción del cacao está íntimamente relacionado con las condiciones ambientales de la zona de cultivo. Es por esto que los factores climáticos afectan la producción de una plantación; por lo tanto, se deben cumplir condiciones de calor y humedad para el cultivo de porque esta es una planta perenne y su periodo vegetativo como: periodo de floración, brotación y cosecha está regulado por el clima, la relación clima y el período vegetativo ayuda a establecer el calendario agrícola (9).

2.2.3.3. Precipitación

El cacao se cultiva en lugares donde las precipitaciones superan los 1,200 mm, en algunos casos pueden alcanzar hasta los 4,000 mm; pero más importante que la precipitación total, es la buena distribución del agua durante todo el año, porque el cacao es muy sensible a la falta de humedad del suelo (9).

2.2.3.4. Temperatura

Se consideran óptimas las temperaturas medias mensuales de 23 a 24°C. Temperaturas promedios mensuales superiores a 30°C e inferiores a 20°C no favorecen la explotación comercial del cacao. No deben producirse temperaturas medias diarias inferiores a 15°C en el

lugar donde se cultiva cacao. La diferencia entre la temperatura del día y el de la noche no debe ser inferior a 9 °C (9).

Figura 1

Planta de Theobroma cacao L.



Fuente: (10)

2.2.4. Importancia del Theobroma cacao L. en el Ecuador

El cultivo del cacao ha sido una tradición en el Ecuador desde la época colonial. El cacao es actualmente el tercer producto agrícola de exportación del país. Su producción anual representa el 9% del PIB agrícola. En el Ecuador se produce una gran variedad de cacao, ya sea “de arriba” o “cacao fino y de aroma” o “nacional” el cual es cotizado en el mercado mundial. A finales de 2008, exportó 110,000 toneladas, o \$300 millones, según el Banco Central (11).

El cacao es originario de la cuenca del Amazonas, en las regiones entre Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, donde se encuentra la mayor diversidad. Por origen y genética, el cacao se clasifica en tipos: Criollo, Forastero Amazónico, Trinitario y Nacional de Ecuador. Además, hay cacao falso. También se pueden encontrar clones, es decir, variedades hechas por el hombre, generalmente identificadas por letras y números de su investigación. Entre los más

destacados y famosos se encuentra el CCN 51 (Sus mazorcas son de color rojo púrpura cuando están blandas y de color rojo anaranjado cuando están maduras. Tienen un sabor a cacao medio a débil. Su potencial radica en la producción de manteca de cacao (12).

Los indicadores calidad del suelo sean estos físicos, químicos o biológicos, permiten tener visión de los diferentes grados o niveles de degradación de este recurso. Para la selección efectiva de indicadores en la evaluación de la calidad del suelo es necesario contar con una objetividad clara, sin dejar de tomar en cuenta las funciones del suelo productivas y ambientales (13).

2.2.5. *Indicadores de calidad del suelo*

El uso de indicadores de la calidad del suelo puede ser una herramienta rápida para la toma de decisiones, ya que estos son sensibles al manejo en el corto, mediano y largo plazos, en dependencia de la propiedad y del suelo que se evalúe. Por ejemplo, en el caso de la textura, para percibir cambios se necesitan 1000 años; sin embargo, los cambios en la tasa de infiltración se perciben en menos de un año. Así ocurre para un conjunto de propiedades que, bien manejadas, pueden reflejar un diagnóstico sensible de la calidad de un suelo determinado (14). Entre los indicadores más destacados se encuentran los siguientes:

2.2.5.1. Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso, ya que no se pueden mejorar fácilmente (15). La calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente del agua, los nutrientes y los pesticidas, lo cual reduce el efecto invernadero (14).

2.2.5.2. Indicadores químicos

Los indicadores químicos se refieren a las condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos (14).

2.2.5.3. Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos integran una gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo, como la abundancia y los subproductos de los macroinvertebrados (16). Estos rompen, transportan y mezclan el suelo al construir galerías, nidos, sitios de alimentación, turrículos o compartimientos (14).

2.2.6. *Microorganismos en el suelo*

2.2.6.1. Importancia de los microorganismos en el suelo

La fertilidad y el funcionamiento de los suelos dependen en una gran proporción de las propiedades bioquímicas y microbiológicas ya que son muy importantes para definir las principales funciones edáficas: productivas filtrante y degradativas. Por tanto, la actividad biológica y bioquímica del suelo es de importancia capital en el mantenimiento de la fertilidad del hábitat terrestre y como consecuencia el funcionamiento de los ecosistemas forestales y agrícolas (17).

2.2.6.2. Relación del suelo con los microorganismos

Uno de los factores más importantes es el pH, una modificación de éste puede activar o casi inactivar las enzimas de los microorganismos; el pH también actúa sobre la disponibilidad o fijación de minerales nutritivos. Se puede decir que, en suelos con pH de 5.6

la mayoría de los microorganismos beneficiosos para los cultivos existen, y sus enzimas son activas. Las bacterias necesitan de nutrientes como los de los exudados de las plantas, porque ante la ausencia de éstos no son capaces de utilizar la materia orgánica como fuente de energía, siendo ésta utilizada solo por hongos. Por esta razón es importante también la aplicación de nutrientes que sean indispensables para el desarrollo de los microorganismos (18).

2.2.7. Daños al suelo ocasionados la agricultura

La producción agropecuaria tiene unos profundos efectos en el medio ambiente en conjunto. Son la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas. También son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nitroso, y contribuyen en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua. Los métodos agrícolas, forestales y pesqueros y su alcance son las principales causas de la pérdida de biodiversidad del mundo. Los costos externos globales de los tres sectores pueden ser considerables (19).

La agricultura afecta también a la base de su propio futuro a través de la degradación de la tierra, la salinización, el exceso de extracción de agua y la reducción de la diversidad genética agropecuaria. Sin embargo, las consecuencias a largo plazo de estos procesos son difíciles de cuantificar. La contaminación de las aguas subterráneas por los productos y residuos agroquímicos es uno de los problemas más importante en casi todos los países desarrollados y, cada vez más, en muchos países en desarrollo.

La contaminación por fertilizantes se produce cuando éstos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos, o cuando se eliminan por acción del agua o del viento de la superficie del suelo antes de que puedan ser absorbidos. Los excesos de nitrógeno y fosfatos pueden infiltrarse en las aguas subterráneas o ser arrastrados a cursos de agua. Esta sobrecarga de nutrientes provoca la eutrofización de lagos, embalses y estanques y da lugar a una explosión de algas que suprimen otras plantas y animales acuáticos (19).

2.2.8. *Remediación del suelo*

La remediación es el tratamiento o conjunto de operaciones que se realizan con el objetivo de recuperar la calidad del subsuelo contaminado (suelos y aguas subterráneas asociadas). Existen diferentes técnicas que permiten alcanzar los valores de contaminación residual óptimos para garantizar la salud de las personas y de los ecosistemas, según los usos definidos del lugar. Las metodologías se aplican en función de las necesidades del proyecto (tipo de sustancia contaminante, modelo hidrogeológico, limitaciones, etc.) y a menudo es necesaria la implementación de dos o más técnicas para descontaminar el suelo (20).

El uso de procesos naturales como parte de la remediación de un sitio es llamada “atenuación natural”. Algunos de los procesos que se producen pueden transformar contaminantes a formas menos tóxicas para inmovilizarlos reduciendo los riesgos. Tales procesos de transformación e inmovilización resultan de las reacciones biológicas, químicas y físicas que tienen lugar en la superficie. Estas reacciones pueden incluir la biodegradación por microorganismos en la superficie, las cuales ocurren naturalmente por reacciones químicas y sorción geológica en la superficie. A pesar del aumento en el empleo de estos procesos, la inclusión de la atenuación natural en plantas de tratamiento de desechos en los sitios de remediación puede ser controversial especialmente en sitios grandes en los cuales las actividades públicas están involucradas. Los miembros de las comunidades cercanas al sitio de contaminación en general creen que la atenuación natural es un proceso que no realiza ninguna acción (21).

2.2.9. *Investigaciones en contexto con la investigación*

Los autores Pérez y Rodríguez (2020) en su investigación determinaron una serie de indicadores de calidad de uno de los recursos más importantes para la conservación del ecosistema como lo es el suelo, y se aplicaron en una zona específica (22).

Según (17) en su investigación pudieron identificar un Conjunto Mínimo de Datos (CMD) edáficos mediante la aplicación del Análisis de Componentes Principales (ACP) para conformar un Índice de Calidad para Suelos (ICS) y comparar el ICS con los rendimientos del cacao tipo Nacional y CCN51 de baja y alta intervención antrópica, respectivamente. Para lo cual se tomaron 30 muestras de suelo del estrato 0 a 0,30 m en 25 fincas productoras de cacao en la provincia de El Oro, costa sur ecuatoriana, con un clima Tropical Mega térmico, topografía irregular y suelos de órdenes Alfisol, Inceptisol y Entisol (23).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

La investigación se realizó en tres zonas de producción agrícolas de cacao en diferentes localidades, todas de ellas ubicadas en diferentes cantones de lo cual dos plantaciones pertenecen a la provincia de Los Ríos y la otra está ubicada en la provincia del Guayas. La primera en el cantón Quevedo Finca “Las Naves” con coordenadas 1°16’40.0692” longitud sur y 79°25’41.2896” latitud oeste. La segunda en el cantón Mocache finca “las Marías” con coordenadas 1°08’13” latitud S y 79°37’09” longitud O. y, en la localidad del cantón El Empalme en la finca “Isabelita” con las coordenadas 41° 31’26” de latitud sur y 70° 04’39” de longitud oeste.

A continuación, en la tabla 1, se muestran los detalles de las características edafoclimáticas de las diferentes áreas del estudio.

Tabla 1

Condiciones climáticas de las áreas del estudio.

Parámetros	Quevedo	Mocache	El Empalme
Temperatura promedio anual	24.9 °C	25.2 °C	25. °C
Humedad relativa promedio anual	85 %	82 %	82 %
Precipitación promedio anual	2061 mm	2000 mm	3229 mm
Heliofanía, horas sol año	923.6	928,9	1041
Altitud	84 msnm	75 msnm	115 msnm

Fuente: Gobiernos Autónomos Descentralizados de Quevedo (24), INAMHI (25) y El Empalme (26).

3.2. Tipo de investigación

Esta investigación fue de tipo cuantitativa y aplicada, se caracteriza por buscar la información para la evaluación de los indicadores de la calidad (físicos, químicos, biológicos) del suelo en las tres zonas de producción de cacao, en las diferentes localidades (Quevedo, Mocache y El Empalme).

3.3. Métodos de investigación

La investigación se realizó de tipo experimental, se seleccionaron y evaluaron tres sistemas de producción de cacao o localidades como tratamientos en campo, que permitieron determinar los diferentes indicadores (físicos, químicos y biológicos). Se utilizó el método deductivo tomando información de diferentes fuentes bibliográfica para la resolución del problema desde lo general hacia lo particular.

3.4. Fuentes de recopilación

3.4.1. Fuentes primarias

Estas fuentes fueron obtenidas de manera directa mediante la observación, tomando información en los diferentes lugares donde están las plantaciones de *Theobroma cacao*, para su análisis.

3.4.2. Fuentes secundarias

La información secundaria se obtuvo de la recopilación de diferentes fuentes investigativas como son revistas de carácter científico, libros electrónicos, artículos científicos, tesis de grado, etc.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. *Diseño experimental*

En la investigación se estableció un experimento unifactorial, se evaluaron tres sistemas de producción utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones por tratamiento. Para el tratamiento de la información se tomaron todos los datos que fueron recolectados en las diferentes localidades, para esto se ubicaron de manera sistemática en el programa Excel. Para el procesamiento de los datos se determinó un análisis de varianza ADEVA y comparación múltiple de las medias con la prueba de Tukey, para comparar los distintos niveles de producción con los respectivos indicadores de calidad de suelo, a un nivel de probabilidad de error de 0,05%, utilizando el programa estadístico Infostat (28).

En la tabla 2, se muestra el esquema de análisis de varianza (ANOVA) que se utilizará en la presente investigación:

Tabla 2

Esquema de análisis de varianza (ADEVA) del diseño completamente al azar (DCA)

Fuente de variación	Grados de libertad
Sistemas de producción	2
Error experimental	6
Total	8

3.5.2. *Sistemas de producción*

Se evaluaron tres sistemas de producción utilizando como base NPK (10-30-10) en dosis de 100 kg ha^{-1} correspondiente a la fertilización convencional, bajo diferentes dosis (alta, media y baja). Los sistemas de producción se detallan en la tabla 3:

Tabla 3

Sistemas de producción de la presente investigación.

Sistemas de producción	Descripción
SP₁	Monocultivo (cacao) – Quevedo (Finca las Naves)
SP₂	Asociado (cacao con plátano) – Mocache (Finca Las Marías)
SP₃	Monocultivo (cacao) – El Empalme (Finca Isabelita)

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Ubicación de los sistemas de producción

En cada una de las localidades en estudio se localizaron los sistemas de producción tomando como criterio de elección la edad del cultivo, todos los sistemas de producción estudiados fueron seleccionados de plantaciones con 6 años de edad.

3.6.1.2. Delimitación del terreno

Se establecieron tres parcelas en cada localidad con una dimensión de 20,00 m x 20,00 m, se delimitaron con la colocación de cintas de colores, esto de acuerdo a la metodología de Abi-Saad (29).

3.6.1.3. Toma de muestra

Una vez definidas las unidades de muestreo y parcelas experimentales, se procedió a tomar una muestra compuesta. Esto quiere decir que está compuesta de varias submuestras tomadas aleatoriamente en la unidad de muestreo. Se siguió la metodología de Abi-Saad (29), la cual recomienda de entre 20 y 10 submuestras por unidad de muestreo. Para este estudio se tomarán 12 submuestras (4 por parcela) debido a que las parcelas no tenían gran extensión.

Se utilizó una pala para tomar las muestras de suelo en puntos diferentes de cada parcela. Puntos que fueron seleccionados al azar a una profundidad de 0-30 cm y se tomaron muestras de 0.5 kg por punto, luego se juntaron y homogenizaron para tomar una muestra compuesta de 1 kg por unidad experimental. El patrón de recorrido escogido para tomar las submuestras al interior del lote fue en zig zag, buscando representatividad en la muestra, esto de acuerdo al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (30).

3.6.1.4. Tratamiento de las muestras

Las muestras de suelos compuestas fueron colocadas en bolsas plásticas y rotuladas con el respectivo código; no se cerrarán las bolsas hasta que el suelo se seque al aire para evitar cambios bioquímicos que alteren las características de la muestra, según lo descrito por (31). Las muestras compuestas fueron trasladadas al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación experimental Pichilingue para los análisis físicos, químicos.

3.6.1.5. Selección de indicadores

Una vez obtenidos los datos de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo; se procedió a elegir un grupo de indicadores de calidad del suelo con los que se analizaron los resultados obtenidos. El análisis fue cualitativo, utilizando estándares de las propiedades del

suelo. Mediante el método descrito por (22) para evaluar la calidad de las diferentes localidades de la investigación, asignando a cada indicador un valor en la escala de 0 (cero) a 1 (uno) dependiendo de sus características, es decir el valor que presente la mejor condición para el suelo obtuvo uno (1) y el que representa la peor condición se representó con el valor cero (0). Igualmente, se aplicaron las escalas intermedias dependiendo si sus características se acercan a uno de los dos extremos, lo anteriormente descrito se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Rangos de calidad de suelos.

PARÁMETROS DE CALIDAD	ESCALA
Alta	0,60 - 0,79
Moderada	0,40 - 0,59
Baja	0,20- 0,39

Fuente: (22).

3.6.1.6. Proceso experimental para la determinación de comunidades microbianas

3.6.1.6.1. Preparación de medios de cultivos

Para el desarrollo de bacterias se preparó 500 ml de medio de cultivo Agar Nutritivo (14 g) y para el crecimiento de hongos se utilizó Agar Papa Dextrosa (19,5 g). En una balanza analítica se pesó el Agar Nutritivo y el Agar papa dextrosa se efectuó la mezcla en un matraz de Erlenmeyer de 500 ml con agua destilada, se dejó deshidratar 20 minutos se lo agitó y selló con papel aluminio, fueron esterilizados en autoclave a 110 °C durante 40 minutos, para posteriormente ser trasladados a la cámara extractora mediante 30 minutos, para después colocar el agar en cajas Petri y finalmente se lo conservó 24 horas.

3.6.1.6.2. Preparación de solución salina

Para la preparación de medios de cultivos en una balanza se pesó (6 g) de cloruro de sodio y se mezcló en 200 ml de agua destilada en un vaso de precipitación dejándola reposar durante 25 minutos.

3.6.1.6.3. Técnica de dilución en muestra de suelo

Se pesó 1g de suelo en la balanza analítica y se añadió 10 ml de agua destilada en un vaso de precipitación, para que las células sean homogenizadas fue colocado en el agitador durante 5 minutos después se agregó en un tubo de ensayo estéril 10 ml de solución salina en cada tubo de ensayo. Dando como resultado 4 tubos a diluir por cada zona de estudio, se esterilizó en la autoclave durante 30 minutos, luego fueron colocadas en el refrigerador aproximadamente 40 minutos. Las diluciones se realizaron en la cámara extractora utilizando una micropipeta para transferir 1ml de la solución madre, a un tubo de ensayo de 10 ml de solución salina, en la cual las diluciones de cada transferencia corresponden a la serie 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} .

Se colocaron 6 gotas de la última disolución en el medio de cultivo y se esparció de manera uniforme en la caja Petri. Realizadas las respectivas diluciones se deja que seque el inoculó sobre el medio de crecimiento, luego se seca y se lleva a incubación por 6 a 12 días.

3.6.2. Variables a evaluar

3.6.2.1. pH

A través del método del potenciómetro realizado por INIAP (27). Se midió en unidades de escala 0-12.

3.6.2.2. Contenido de nitrógeno (N)

Se evaluó a través del método de realizado por INIAP (27). Se midió en ppm (partes por millón).

3.6.2.3. Contenido de fósforo (P)

El método utilizado fue el de Olsen modificado realizado por INIAP (27). Se midió en ppm (partes por millón).

3.6.2.4. Contenido de potasio (K)

Mediante la absorción atómica y Olsen modificado realizado por INIAP (27). Se evaluó en meq/100 ml (miliequivalentes por cada 100 ml).

3.6.2.5. Contenido de calcio (Ca)

Se evaluó a través del método de absorción atómica y Olsen modificado realizado por INIAP (27). En meq/100 ml (miliequivalentes por cada 100 ml).

3.6.2.6. Contenido de magnesio (Mg)

De acuerdo a la absorción atómica y Olsen modificado realizado por INIAP (27). Se midió en meq/100 ml (miliequivalentes por cada 100 ml).

3.6.2.7. Contenido de azufre (S)

Con el método de fosfato de calcio monobásico realizado por INIAP (27). Se determinó en ppm (partes por millón).

3.6.2.8. Contenido de zinc (Zn)

A través del método de absorción atómica y Olsen modificado realizado por INIAP (27). Fueron medidos en ppm (partes por millón).

3.6.2.9. Contenido de cobre (Cu)

Se evaluó a través del método de absorción atómica y Olsen modificado realizado por INIAP (27). Medios en ppm (partes por millón).

3.6.2.10. Contenido de hierro (Fe)

Mediante el método de absorción atómica y Olsen modificado realizado por INIAP (27). Se midió en ppm (partes por millón).

3.6.2.11. Contenido de manganeso (Mn)

Se realizó la evaluación del Mn mediante el método de absorción atómica y Olsen modificado realizado por INIAP (27). En ppm (partes por millón).

3.6.2.12. Contenido de boro (B)

Con el método de fosfato de calcio monobásico realizado por INIAP (27). Se midió en ppm (partes por millón).

3.6.2.13. Suma de cationes (Ca+Mg)

De acuerdo al método de titulación con NaOH realizado por INIAP (27). Se determinó en meq/100 ml (miliequivalentes por cada 100 ml).

3.6.2.14. Materia orgánica (MO)

Se evaluó a través del método de titulación de Welkley Black realizado por INIAP (27). Se medirá en porcentaje (%).

3.6.2.15. Clase textural

El método de tamizado realizado por INIAP (27). Permitió medir el porcentaje de arcilla-limo-arena.

3.6.2.16. Conteo poblacional de microorganismos (bacterias y hongos)

En el Laboratorio de Microbiología del Campus La María de la UTEQ, se realizó el conteo de los puntos de crecimientos de colonias de cada caja Petri de los 2 microorganismos específicos (bacterias y hongos). Se tuvo en cuenta el número de respuestas posibles por los niveles de disolución. Mismos números que fueron ordenados siguiendo una secuencia referencial, mediante esta secuencia se obtuvo la población de distintos microorganismos analizados (hongos, bacterias y levaduras).

3.7. Tratamiento de los Datos

Se utilizaron la clasificación de los análisis de suelos y microbiológicos de los datos llevando a cabo un registro de los mismo en la herramienta estadística Excel posteriormente se realizaron las pruebas estadísticas en el programa Infostat. Para obtener tablas y gráficos, los resultados ya tabulados fueron llevados a Excel para ser comparados.

3.8. Recursos Humanos y Materiales

3.8.1. *Materiales de campo*

- Pala
- Fundas plásticas
- GPS
- Cámara fotográfica
- Hojas de campo
- Lapiceros

3.8.2. *Materiales de oficina*

- Flash memory
- Hojas A4
- Ordenador
- Impresora
- CD's
- Programas (Word, Excel, Infostat)

3.8.3. *Materiales del laboratorio*

- Placas Petri
- Tubo de dilución
- Pipetas
- Espátulas
- Vasos de precipitación
- Papel de aluminio
- Alcohol
- Matraz de Erlenmeyer
- Mandil
- Toallas de limpieza
- Algodón
- Erlenmeyer
- Mechero Bunsen
- Fósforos
- mascarilla

3.8.4. Equipos de laboratorio

- Incubadora
- Agitador
- Balanza analítica
- Nevera
- Autoclave
- Cámara extractora
- Microscopio

3.8.5. Reactivos de laboratorio

- Agar papa dextrosa
- Agar nutritivo
- Cloruro de sodio 0.85% (NaCl)
- Agua destilada

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del análisis de suelo en los sistemas de producción

4.1.1. Nutrientes presentes en suelo de los sistemas de producción

En la evaluación respecto a los nutrientes presente en los suelos de los tres diferentes sistemas de producción de los elementos N, P, S y Cu representados en la Tabla 5, no se observaron diferencias significativas. Se puede considerar que hubo una tendencia matemática y no estadística siguiente: la presencia del N osciló entre 5 a 7 ppm en los tres sistemas de cultivo evaluados, el valor superior en el SP3 (monocultivo) con una media de 8 ppm e inferior en el SP2 (cultivo asociado) con 5ppm. El P se encuentra en mayor cantidad en el SP2 (cultivo asociado) con un promedio de 29 ppm e inferior en el SP1 con un promedio de 25 ppm. El S y el Cu se encuentran en mayor cantidad en el SP3 (monocultivo) con una media de 19 ppm y 23 ppm respectivamente, el menor promedio de Cu se encontró en el SP2 con un valor de 14,1 ppm (Tabla 5).

Tabla 5

Contenido de N, P, S, Cu en los sistemas de producción.

Sistemas de producción	Nutrientes (ppm)			
	N	P	S	Cu
SP1: Monocultivo (cacao)	7,33	25,33	17,67	14,10
SP2: Cultivo asociado - plátano	5.33	28,67	18,00	16,70
SP3: Monocultivo	8.33	23,33	19,00	23,00
C.V. (%)	31,94	11,85	13,93	21,42

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los promedios de cada sistema de producción a $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

4.1.2. Contenido del K, Ca y Mg en los sistemas de producción

En la tabla 6, se evidencia la presencia de diferentes nutrientes en los sistemas de producción evaluados, respecto al K, Ca y Mg se observaron diferencias significativas en estos tres elementos, el K se encuentra en mayor cantidad en el SP1 con un promedio de 0,66 miliequivalentes/100mL y menor contenido en el SP2 (cultivo asociado) con 0,53 meq /100mL. Para el elemento Ca se pudo apreciar que presenta el mayor promedio en el SP3 (monocultivo) con una media de 7,8 meliequivalentes mientras que el SP1 cuenta con 3,3 meliequivalentes, la presencia de Mg fue superior en el SP1 (monocultivo) con 3,64 meq/100mL y el que presentó el menor de los promedios fue el SP3 con 2,3 meq (tabla 6).

Tabla 6

Presencia de K, Ca y Mg en los sistemas de producción.

Sistemas de producción	Nutrientes (meliequivalentes)		
	K	Ca	Mg
SP1: Monocultivo (cacao)	0,66 a	3,33 b	3,64 a
SP2: Cultivo asociado - plátano	0,53 b	4,20 b	3,58 a
SP3: Monocultivo	23,33 b	7,80 a	2,30 b
C.V. (%)	24,85	27,21	11,85

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los promedios de cada tratamiento a $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

4.1.3. Contenido de B y Fe en los sistemas de producción

La presencia del B y Fe en los diferentes sistemas de producción muestran diferencias estadísticas significativas, el B se presentó mayor contenido en el SP3 (monocultivo) con un promedio de 11 ppm y diferencias estadísticas significativas con los otros dos sistemas estudiados, donde el de menor promedio para este elemento (B) lo obtuvo en el SP2 con 0,25 ppm y sin diferencias significativas con el tratamiento SP1 (monocultivo). El contenido de Fe en los suelos evaluados fue alcanzado en el tratamiento SP2 (cultivo asociado) con el mayor valor de 22,8 ppm, el menor promedio se obtuvo en el SP3 (monocultivo) con un valor de 0,61 ppm (Tabla 7).

Tabla 7

Presencia de B y Fe en los diferentes sistemas de producción.

Sistemas de producción	Nutrientes (ppm)	
	B	Fe
SP1: Monocultivo (cacao)	0,28 b	19,37 a
SP2: Cultivo asociado – plátano	0,25 b	22,77 a
SP3: Monocultivo	11,00 a	0,61 b
C.V. (%)	39,75	19,16

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los promedios de cada tratamiento a $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

4.1.4. Contenido del Mn, Zn y Ca+Mg en los sistemas de producción

De acuerdo a los datos obtenidos tras el análisis de suelos para los nutrientes en los diferentes sistemas de producción, el Mn y Zn mostraron diferencias estadísticas significativas, mientras que la variable suma de cationes Ca+Mg no fueron observadas diferencias

significativas, el Mn alcanzó el mayor promedio en el SP2 (cultivo asociado) con un valor de 31 meq/100mL, el SP3 (monocultivo) obtuvo la media inferior de 1,4 ppm, para el Zn la mayor media se presentó en el SP1(monocultivo) con 23,9 ppm, mientras que la menor media la obtuvo el SP3 (monocultivo) con 8 ppm, para la variable de suma de cationes Ca+Mg el SP3 obtuvo la media más alta con 20,33 meq/100ml, mientras que la más baja fue la del SP1(monocultivo) con 15,76 meq/100mL (tabla 8).

Tabla 8

Contenido de Mn, Zn y Ca+Mg en los diferentes sistemas de producción.

Sistemas de producción	Nutrientes (ppm)		
	Mn	Zn	Ca+Mg
SP1: Monocultivo (cacao)	30,43 a	23,87 a	15,76
SP2: Cultivo asociado - plátano	31,00 a	21,00 a	18,68
SP3: Monocultivo	1,43 b	8,00 b	20,33
C.V. (%)	12,48	13,06	18,21

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los promedios de cada tratamiento a $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

4.1.5. Valor del pH en los diferentes suelos de los sistemas de producción

Para la variable del valor del pH en los diferentes suelos en los sistemas de producción evaluados, no fueron encontradas diferencias significativas entre los tratamientos, el pH de los tres sistemas de producción se encuentra en un rango de 5,7 a 5,8 lo que los convierte en suelos ligeramente ácidos según la escala de por las que se rige las mediciones de acidez de pH (Tabla 9).

Tabla 9

Valor de acidez (pH) de los sistemas de producción.

Sistemas de producción	Acidez
	pH
SP1: Monocultivo (cacao)	5,80
SP2: Cultivo asociado – plátano	5,70
SP3: Monocultivo	5,80
C.V. (%)	10,50

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los promedios de cada sistema de producción a $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

4.1.6. *Materia orgánica y textura de los suelos en los sistemas de producción*

El suelo de los sistemas de producción estudiados y evaluados es muy variado, para el porcentaje de M.O se observaron diferencias significativas entre las zonas de producción, el mayor nivel de M.O lo presentó el SP1 con una media del 2,2 %, y el más bajo de los promedios lo obtuvo el SP2 con un valor de 1 %. Mientras que en las diferentes texturas del suelo de cada uno de los sistemas de producción no fueron encontradas diferencias significativas en los contenidos de arena, limo y arcilla, para la textura de arena los tres sistemas de producción obtuvieron la media de 22%, en la textura de limo el SP1 alcanzó el promedio más alto con 48 %, el más bajo fue del SP3 con 38 %, para la arcilla el SP3 obtuvo la media más alta con 40% y el promedio más bajo fue para el SP1 con 30 %; el SP1 y el SP2 son suelos del tipo franco - arcilloso mientras que el SP3 es un suelo del tipo arcilloso (tabla 10).

Tabla 10

Materia orgánica y textura del suelo de los sistemas de producción.

Sistemas de producción	Texturas del suelo			
	M.O	Arena	Limo	Arcilla
SP1: Monocultivo (cacao)	2,22 a	22,00	48,00	30,00
SP2: Cultivo asociado - plátano	1,00 b	22,00	46,00	32,00
SP3: Monocultivo	1,30 ab	22,00	38,00	40,00
C.V. (%)	27,46	30,83	21,80	23,77

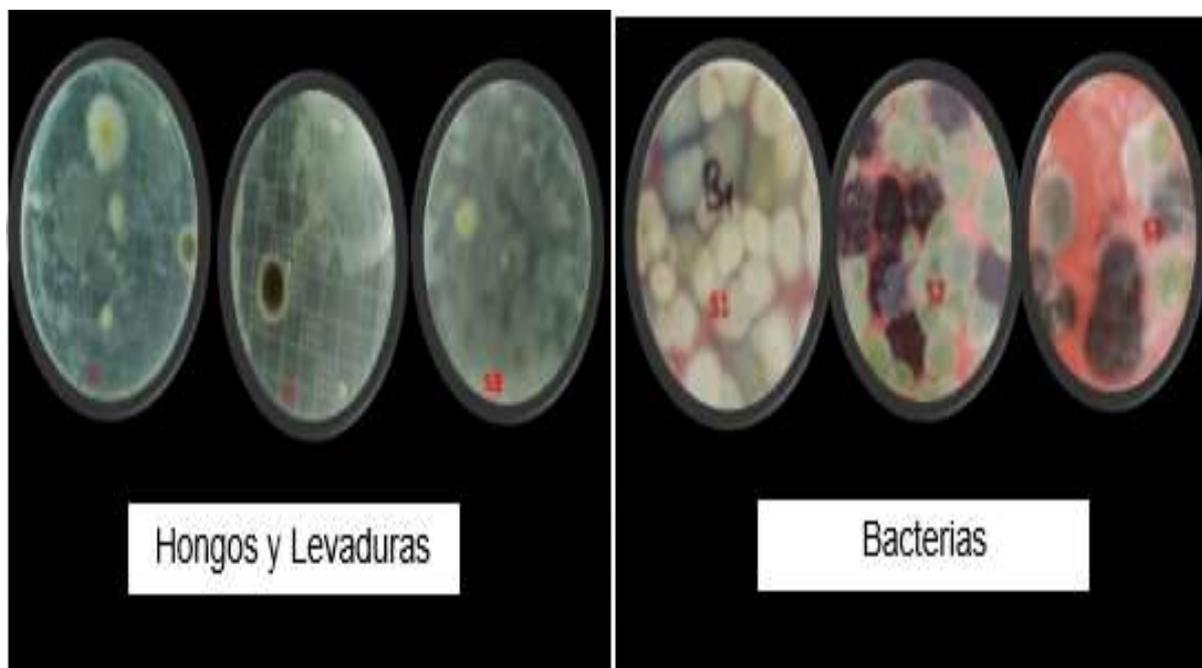
Letras diferentes indican diferencias significativas entre los promedios de cada tratamiento a $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

4.1.7. Análisis microbiológico del suelo en los sistemas de producción agrícola

Los resultados de las diferentes comunidades microbianas realizadas *in vitro* de las tres zonas de producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) se observan en la figura 2, obteniendo diferentes microorganismos (bacterias, hongos y levaduras).

Figura 2

Cultivo in vitro de los diferentes microorganismos presentes en las tres localidades de producción de Theobroma cacao L.

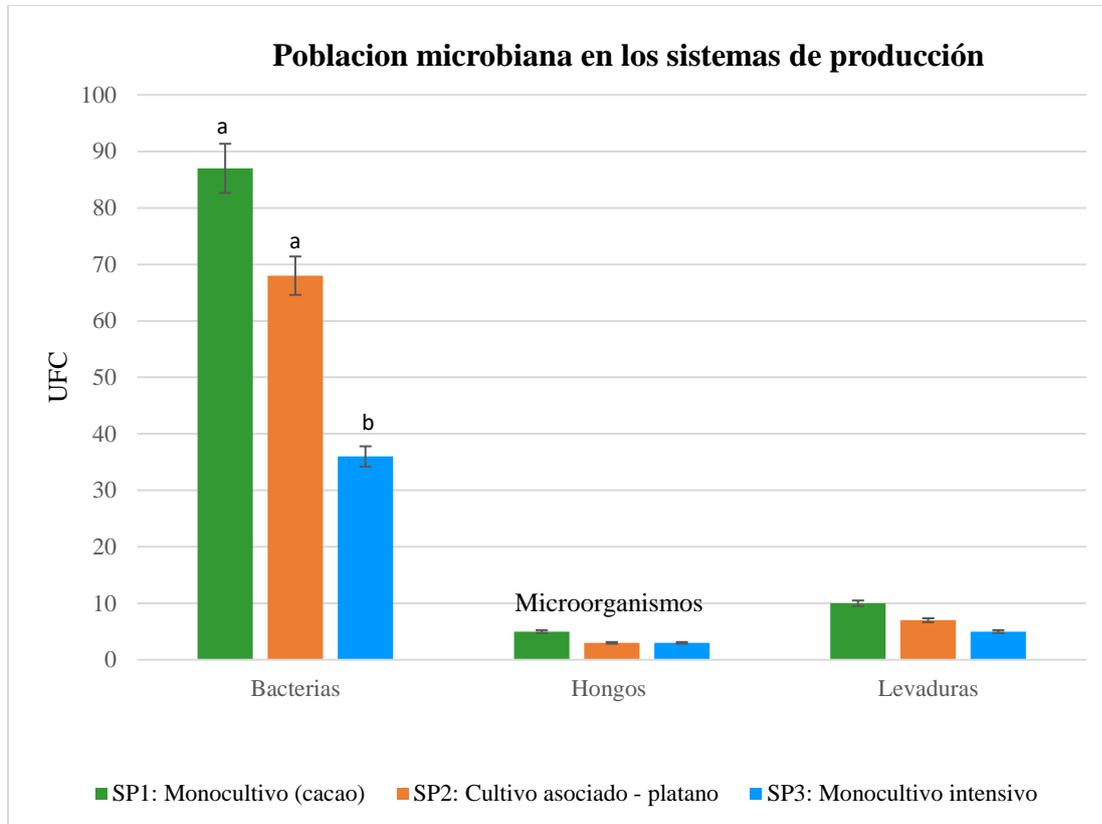


4.1.7.1. Población de microorganismos del suelo en los sistemas de producción

Las poblaciones de bacterias presentes en las áreas objeto de la investigación analizadas y evaluadas presentaron diferencias significativas, mientras que las poblaciones de hongos y levaduras no presentaron diferencias significativas. En el SP1 (monocultivo) se alcanzó la media más alta con $87 \text{ UFC} \times 10^6$, el valor más bajo fue del SP3 (monocultivo) con $36 \text{ UFC} \times 10^6$. En los hongos el SP1 logró el mayor valor con $5 \text{ UFC} \times 10^6$ mientras que el SP2 Y SP3 obtuvieron el mismo valor de 3 UFC. Respecto a las levaduras el SP1 obtuvo la mayor media con $10 \text{ UFC} \times 10^4$ y la media más baja fue en el suelo del SP3 con $5 \text{ UFC} \times 10^4$ (Figura 3).

Figura 3

Crecimiento poblacional de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras) en las tres plantaciones cacao.



Tipos de microorganismos presentes en el suelo de los diferentes sistemas de producción. Teniendo como CV%. En bacterias de 12,95, hongos de 31,45 y levaduras de 48, 21. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los promedios de cada tratamiento a $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

4.2. Discusión

Los indicadores de calidad del suelo sean estos físicos, químicos o biológicos, permiten tener visión de los diferentes grados o niveles de degradación de este recurso. Para la selección efectiva de indicadores en la evaluación de la calidad del suelo es necesario contar con una objetividad clara, sin dejar de tomar en cuenta las funciones del suelo productivas y ambientales Barrera (13), en la estructuración de la calidad de un suelo está condicionada a diferentes atributos tales como el nivel de materia orgánica presente, carbono orgánico, macros y micro nutrientes y aquellas propiedades físicas que la conforman. Partiendo de estas ideas la investigación realizada en el presente trabajo fue para conocer los índices de calidad de los suelos de tres sistemas de producción ubicados en los cantones de Quevedo, Mocache y el Empalme.

El nitrógeno es uno de los elementos nutricionales cuya importancia es fundamental en los cultivos ya que permite el desarrollo y crecimiento de las plantas, su ausencia limita la producción y rendimiento; por su parte el fósforo es indispensable en el proceso fotosintético y transporte de nutrientes, está presente en la formación de raíces, llenado de frutos entre otros. Según Espinoza (32) en la investigación titulado explorando la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L) en relación con cambios en la calidad del suelo, zona de Las Naves muestra que el promedio de N es de 8,60 a 20,80 ppm, el P se encuentra en valores que van de 9,80 a 18,60 ppm, el S esta entre 5 a 6 ppm y el Cu va de 7,12 a 9,88 ppm. Estos valores son muy inferiores a los obtenidos en la investigación.

De acuerdo a la investigación titulada respuesta agronómica de tres variedades de brachiaria en el cantón El Empalme provincia del Guayas, Ecuador realizada por Luna *et al.*, (33) muestra que el K se encontró en un valor de 0,54 meq, el Ca 15 meq, el Mg obtuvo 0,8 meq , el Zn 11,80 ppm, el Fe alcanzó una media de 125 ppm, el N llegó a los 15 ppm y la interacción Ca+Mg obtuvo un valor de 29,6 ppm, estos valores muestran diferencias mínimas y máximas con la investigación realizada dicha diferencia se da dependiendo de los nutrientes que se compara. Según Furgal *et al.*, (34) dice que en las hojas de la planta de plátano los niveles de K declinan después de la floración, lo que indica que este elemento es importante en el llenado

del fruto, la deficiencia de K afecta el racimo en dos aspectos: en número de manos y en peso total del racimo por lo que es un elemento importante en el cultivar.

Los sistemas de producción presentaron una variada flora microbiana en las bacterias el SP1 alcanzó el promedio más alto con 87 UFC, el más bajo fue del SP3 con 36 UFC, en los hongos el SP1 fue superior con 5 UFC mientras que el SP2 Y SP3 obtuvieron el mismo promedio de 3 UFC, respecto a las levaduras el SP1 obtuvo la mayor media con 10 UFC y el promedio más bajo fue del SP3 con 5 UFC. Según Soares *et al.*, (35) dice que el tipo de manejo que se le brinde al suelo influye directamente en el número de poblaciones microbiológicas. Concuerda con Ferrera *et al.*, (36) quien manifiesta que los microorganismos bacterianos son predominantes en suelos con recursos alimentarios abundancia y disposición de para ser aprovechados por los cultivos lo que genera una mayor interacción entre estos y la desmineralización de nutrientes.

Los suelos de uso agrícola se ven afectados al sometimiento de mecanización continua, aplicación de agroquímicos y fertilizantes sintéticos entre otras, todas estas acciones afectan directamente a la población de microorganismos ya sean bacterias, hongos, levaduras cuyas interacciones resultan muy benéficas para los cultivos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos nos permitió concluir lo siguiente:

- ✓ En los indicadores de calidad de suelo presente en las tres zonas de producción de cacao muestran que los niveles más bajo son nitrógeno (N), materia orgánica (MO), Boro (B), y los niveles medios son calcio (Ca), azufre (S), manganeso (Mg). Además, en los sistemas de producción constan de una capacidad catiónica de Ca+Mg baja con un valor promedio de 15,76 meq/100ml, lo que indica que existe deficiencia de fertilidad y posterior déficit en producción en las tres zonas de estudios siendo la finca “Isabelita” perteneciente al cantón el Empalme quien presento mayores deficiencias.

- ✓ En las tres zonas de producción de cacao pertenecientes a los cantones (Mocache-Quevedo- el Empalme) se identificaron diferentes tipos de microorganismos como bacterias, hongos y levaduras, estos indicadores biológicos están relacionados de manera directa con la fertilidad del suelo.

- ✓ El porcentaje de bacterias fue superior en el SP1 con un valor de 87 UFC, mientras que el menor número se obtuvo en el SP3 con 36 UFC, obteniendo un mayor número de microorganismo en bacterias. El SP1 presenta mayor porcentaje de hongos y levaduras. Sin embargo, en el SP2 y SP3 los resultados fueron similares en hongos, y menor en el SP2 en levaduras con 5 UFC.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Corregir los niveles de pH en las tres zonas de estudio ya que presentan suelos ligeramente ácidos y hace que requiera la utilización de cal agrícola en diferentes aplicaciones para su recuperación, además de realizar una buena fertilización, efectuando una relación entre los elementos bajos y medios, para obtener un balance nutricional que permita el normal desarrollo del cultivo.

- ✓ Realizar prácticas agrícolas como control de malezas de forma manual sin la utilización de químicos que erosionan y degradan el suelo afectando también a los microorganismos presentes en el mismo. A su vez se recomienda realizar asociaciones de cultivos teniendo en cuenta que dos de los tres sistemas de producción se encuentran establecidos en pendientes.

- ✓ Efectuar monitoreos constantes, además de utilizar los restos de cosecha para la elaboración de abonos orgánicos permitiendo aumentar la actividad microbiana y aumento en materia orgánica, amigables con el medio ambiente.

CAPÍTULO VI

BIBLOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Inia Tacuarembó. Semana de la ciencia y tecnología jornada de puertas abiertas. Tacuarembó; 2015.
2. Vallejo V. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos a través del componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles. Colombia Forestal. Julio 2013; 16(1).
3. Astier M, Moreno M, Etchevers J. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Agrociencia. 2002; 36(5): p. 605-620 pp.
4. Vera J, Vallejo C, Párraga D, Morales W, Macías J, Ramos R. Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) en el Ecuador. rcyt. 2014 Junio.
5. Ortega G. Buenas prácticas de manejo en el cultivo de cacao. 2019 Junio..
6. Paredes M. Manual para el cultivo de cacao. 2003..
7. Tropicos.org. *Theobroma cacao L.* [Online].; 2022. Available from: <https://www.tropicos.org/name/30400642>.
8. Conabio. *Theobroma cacao*. México: CONABIO, Conocimiento; 2004.
9. Montes M. Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51, en la zona de Babahoyo. Trabajo de titulación componente practico presentado a la unidad de titulación como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agropecuario. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2016.
10. Agudelo G, Cadena J, Almanza P, Pinzon E. Desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao L.*) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2018; 12(1).
11. Pinto S. El potencial del cacao fino. Revista Agronegocios El Huerto. 2010;(15): p. 16-19 pp.

12. Iniap. Manual de cultivo de cacao para la amazonia ecuatoriana. Manual Técnico. Estación Experimental Central de la Amazonía, Denaref; 2009. Report No.: 76.
13. Barrera LJ, Barrezueta US, García BRM. Evaluación de los índices de calidad del suelo de diversos cultivos en diferentes condiciones topográficas. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas. 2020; 3(1): p. 182 - 190.
14. García Y, Ramírez W, Sánchez S. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Pastos y Forrajes. 2012; 35(2).
15. Singer MJ, Ewing S. Soil quality. In Sumner ME, editor. Handbook of soil science. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press; 2000. p. 271 p.
16. Karlen DL, Mausbach MJ, Doran JW, Cline RG, Harris RF, Schuman GE. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation. Soil Science Society of America J. 1997; 61(4).
17. Acuña O, Peña W, Serrano E, Pocasangre L, Rosales F, Delgado E, et al. La importancia de los microorganismos en la calidad de los suelos. Banana:a Sustainable Bussines. 2006 January;; p. 222-225.
18. Calvo P, Reymundo L, Zuñiga D. Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. Scielo. 2008 Diciembre 01; 7(1-2).
19. Fao. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO; 2019.
20. Litoclean. Descontaminación de suelos. [Online].; 2015. Available from: <https://www.litoclean.es/descontaminacion-de-suelos/>.
21. Remediación de suelos contaminados con fenantreno por oxidación química. Tesis presentada como requisito para la obtención del Grado de Máster en Fisicoquímica con énfasis en Fisicoquímica Ambiental. San Lorenzo, Paraguay: Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales; 2013.
22. Pérez S, Rodríguez P. Determinación de indicadores de calidad del suelo para la conservación de la cuenca alta del río Teusacá. Trabajo de Grado presentado Para optar al

- título de Ingenieros Ambientales. Bogota, Colombia: Universidad de Santo Tomas, Facultad de Ingenieria Ambiental; 2020.
23. Barrezueta S, Paz A, Chabla J. Determinación de indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en provincia de El Oro-Ecuador. Revista CUMBRES. 2017; 3(1).
 24. GAD de Quevedo. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Quevedo 2017-2021. 2018..
 25. Inamhi. Instituto Nacional de metereología e Hidrología anuario metereologico. 2014..
 26. GAD de Valencia. Diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado Combinado del Recinto Pedro Velez Moran, ubicada en la parroquia el Rosario, Cantón el Empalme, Provincia del Guayas - Ecuador. 2021 febrero..
 27. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Reporte de análisis de suelos. 2022..
 28. Fallas J. prueba de hipótesis. 2012..
 29. Abi-Saab R. Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico La Estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012. Utilizando indicadores de Calidad de Suelos. 2012..
 30. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos. Sexta ed. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia; 2006.
 31. Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el valle de Talamanca, Costa Rica. 2008..
 32. Espinoza SJL. explorando la nutrición foliar, crecimiento y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao L*) en relación con cambios en la calidad del suelo, zona de Las Naves. 2017..
 33. Luna MRA, Reyes PJJ, Avellaneda CJH, Espinoza CAL, Iza TNB, Espinoza CAL, et al. Respuesta agronómica de tres variedades de brachiaria en el cantón El Empalme provincia del Guayas, Ecuador. Ciencias Agrarias. 2015; 8(45 - 50).

34. Furcal BP, Barquero BA. Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía mesoamericana*. 2014; 25(267 - 278).
35. Soares R, Zanata GO, Passaglia L. Occurrence and distribution of nitrogen fixing bacterial community associated with oat (*Avena sativa*) assessed by molecular and microbiological techniques. *Applied Soil Ecology*. 2016; 33(221 - 234).
36. Ferrera CR, Alarcón A. *Microbiología agrícola hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo*. 1st ed. Mexico: Trillas; 2007.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo A. Recolección de muestras de suelos en las tres localidades



SP1 Quevedo (las naves)

SP2 Mocache (Las Marías)

SP3 El Empalme (Isabelita)

Anexo B. Procesos de laboratorio UTEQ



Medios de cultivos
Agar papa dextrosa (19 g)
Agar nutritivo (14g)



Enfriamiento de
medios de cultivos



Llenado de
cajas Petri



Peso de 1g de suelo



Preparación de solución salina



Diluciones 10^{-6}



Sellado de cajas Petri.

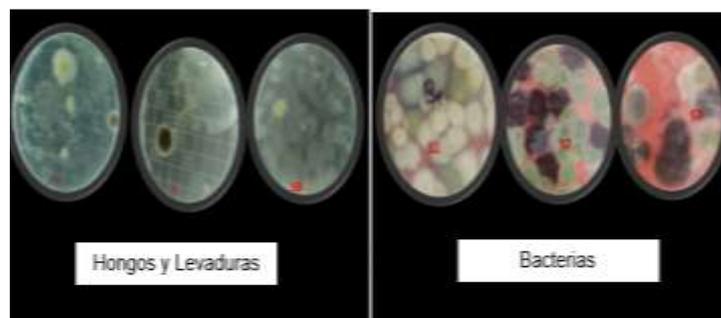


Incubación a 26 °C

Anexo C. Registro de microorganismos obtenidos en las tres zonas productoras de cacao (*Theobroma cacao L.*)



Conteo de microorganismos



UFC (hongos, levaduras y bacterias)

Anexo D. Análisis de muestra de suelo realizadas en INIAP


ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf. 052 783044 suelos.otp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: CARRANZA AGUIRRE MARIA	Nombre	: Las Navas & Las Marías	Cultivo Actual	: Cacao
Dirección	: LOS RÍOS / QUEVEDO	Provincia	: Los Ríos	N° Reporte	: 9764
Ciudad	: QUEVEDO	Cantón	: Mocache	Fecha de Muestreo	: 14/6/2022
Teléfono	: 0999100086	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 17/6/2022
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 6/7/2022

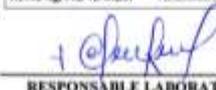
N° Muestr. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			mg/100ml			ppm																
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B												
106585	Maria Belin-Las Navas		5,8	MeAc	7	B	25	A	0,66	A	8	M	2,4	A	18	M	23,9	A	16,7	A	194	A	30,4	A	0,28	B
106586	Maria Belin-Las Navas		5,7	MeAr	5	B	29	A	0,33	A	8	M	1,9	M	18	M	21,0	A	14,1	A	228	A	31,0	A	0,25	B



La muestra está guardada en el laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en sus resultados.

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH				Elementos de N a B		pH	
MeAr = Muy Acido	LA = Liger. Acido	LS = Liger. Alcalino	HC = Requiere Cal.	B = Bajo	pH = Suelo agua (1:2,5)	Urea Modificado	
Ar = Acido	PN = Puro. Neutro	MeAl = Medio. Alcalino	M = Medio	M = Medio		N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
MeAr = Medio. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino	A = Alto	A = Alto	B = Turbidimetrico	Fondos de Cationes Monocationes	
					K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	RS	


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS


 RESPONSABLE LABORATORIO


ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf. 052 783044 suelos.otp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: CARRANZA AGUIRRE MARIA	Nombre	: Las Navas & Las Marías	Cultivo Actual	: Cacao
Dirección	: LOS RÍOS / QUEVEDO	Provincia	: Los Ríos	N° de Reporte	: 9764
Ciudad	: QUEVEDO	Cantón	: Mocache	Fecha de Muestreo	: 14/6/2022
Teléfono	: 0999100086	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 17/6/2022
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 6/7/2022

N° Muestr. Laborat.	mg/100ml			dS/m	C.E.	M.O.	Ca	Mg	Ca+Mg	mg/100ml	mg(%)	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	AP-H	AI	Na										Arrens	Limo	Arcilla	
106585							3,1	3,64	15,76	11,06			22	48	30	Franco-Arcilloso
106586							4,2	3,58	18,68	10,43			22	40	32	Franco-Arcilloso



La muestra está guardada en el laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en sus resultados.

INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
AP-H, AI, Na		C.E.		M.O. y CI		C.E.	
B = Bajo	75 = 75% Suelo	S = Suelo	B = Bajo	C.E. = Conductividad Eléctrica	M.O. = Materia Orgánica	Urea Modificado	
M = Medio	LS = 1% Suelo	MS = Muy Suelo	M = Medio	RAS = Relación de Adsorción de Suelo	AP-H = Titulación con NaOH	Fondos de Cationes Monocationes	
T = Titulo			A = Alto			RS	


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA


 RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.etp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: CARRANZA AGUIRRE MARIA	Nombre	: Isabelita	Cultivo Actual	: Cacao
Dirección	: LOS RÍOS / QUEVEDO	Provincia	: Guayas	N° Reporte	: 9799
Ciudad	: QUEVEDO	Cantón	: El Empalme	Fecha de Muestreo	: 22/6/2022
Teléfono	: 0999100086	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 27/6/2022
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 14/7/2022

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml				ppm				
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
106686	Maria Belén Carranza		5,8 MeAc	8 B	23 A	0,61 A	11 A	1,4 M	19 M	13,4 A	11,6 A	274 A	11,8 M	0,58 M	



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses, Tiempo en el que se aceptarían reclamos en los resultados

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH				pH = Suelo: agua (1:2.5)		Clasificación	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAAl = Liger. Alcalino	RC = Requiere Cal	N,P,B = Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn		
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino	B = Bajo	S = Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico		
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino	M = Medio	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	B,S		
			A = Alto				

x. w. [Signature]
 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

+ @ [Signature]
 RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: CARRANZA AGUIRRE MARIA	Nombre	: Isabelita	Cultivo Actual	: Cacao
Dirección	: LOS RÍOS / QUEVEDO	Provincia	: Guayas	N° de Reporte	: 9799
Ciudad	: QUEVEDO	Cantón	: El Empalme	Fecha de Muestreo	: 22/6/2022
Teléfono	: 0999100086	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 27/6/2022
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 14/7/2022

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m		C.E.		M.O. y Cl		Ca Mg Ca+Mg		meq/100ml		(meq/l)½		ppm		Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Areña	Limo	Arcilla							
106686					1,3 B	7,8	2,30	20,33	13,01			22	38	40	Arcilloso						



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses, Tiempo en el que se aceptarían reclamos en los resultados

INTERPRETACION			ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
Al+H, Al y Na	C.E.		C.E.	M.O.	C.E.	M.O.
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	C.E. = Conductividad Eléctrica	M = Bajo	C.E. = Conductímetro	M.O. = Titulación de Wolkley Black
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M.O. = Materia Orgánica	M = Medio	M.O. = Titulación de Wolkley Black	AH+ = Titulación con NaOH
T = Tóxico			RAS = Relación de Adsorción de Sodio	A = Alto		

x. w. [Signature]
 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

+ @ [Signature]
 RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo E. Plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en las localidades de estudio en la provincia del Guayas y los Ríos



SP1: Finca “Las Naves”



SP2: Finca
“Las Marías”



SP3: Finca
“Isabelita”

Anexo F. Análisis de varianza

Nitrógeno (N)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N	9	0,32	0,09	31,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,00	2	7,00	1,40	0,3170
TRATAMIENTO	14,00	2	7,00	1,40	0,3170
Error	30,00	6	5,00		
Total	44,00	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,60188

Error: 5,0000 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S2	5,33	3	1,29 A
S1	7,33	3	1,29 A
S3	8,33	3	1,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fósforo (P)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P	9	0,44	0,25	11,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43,56	2	21,78	2,33	0,1780
TRATAMIENTO	43,56	2	21,78	2,33	0,1780
Error	56,00	6	9,33		
Total	99,56	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,65362

Error: 9,3333 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S3	23,33	3	1,76 A
S1	25,33	3	1,76 A
S2	28,67	3	1,76 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Potasio (k)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K	9	0,98	0,97	24,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1034,09	2	517,04	125,31	<0,0001
TRATAMIENTO	1034,09	2	517,04	125,31	<0,0001
Error	24,76	6	4,13		
Total	1058,84	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,08876

Error: 4,1260 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S3	23,33	3	1,17 A
S1	0,66	3	1,17 B
S2	0,53	3	1,17 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Magnesio (Mg)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg	9	0,80	0,74	11,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,43	2	1,71	12,14	0,0078
TRATAMIENTO	3,43	2	1,71	12,14	0,0078
Error	0,85	6	0,14		
Total	4,28	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,94153

Error: 0,1412 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S1	3,64	3	0,22 A
S2	3,58	3	0,22 A
S3	2,30	3	0,22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Calcio (Ca)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca	9	0,74	0,66	27,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33,66	2	16,83	8,70	0,0169
TRATAMIENTO	33,66	2	16,83	8,70	0,0169
Error	11,61	6	1,93		
Total	45,27	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,48439

Error: 1,9344 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S3	7,80	3	0,80 A
S2	4,20	3	0,80 B
S1	3,33	3	0,80 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Azufre (S)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
S	9	0,07	0,00	13,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,89	2	1,44	0,22	0,8056
TRATAMIENTO	2,89	2	1,44	0,22	0,8056
Error	38,67	6	6,44		
Total	41,56	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,35977

Error: 6,4444 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S3	19,00	3	1,47 A
S2	18,00	3	1,47 A
S1	17,67	3	1,47 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cobre (Cu)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cu	9	0,59	0,45	21,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	125,66	2	62,83	4,26	0,0706
TRATAMIENTO	125,66	2	62,83	4,26	0,0706
Error	88,52	6	14,75		
Total	214,18	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,62263

Error: 14,7533 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S3	23,00	3	2,22 A
S1	16,70	3	2,22 A
S2	14,10	3	2,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Hierro (Fe)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fe	9	0,95	0,93	19,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	854,02	2	427,01	57,29	0,0001
TRATAMIENTO	854,02	2	427,01	57,29	0,0001
Error	44,72	6	7,45		
Total	898,74	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,83963

Error: 7,4536 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S2	22,77	3	1,58 A
S1	19,37	3	1,58 A
S3	0,61	3	1,58 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Manganeso (Mn)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mn	9	0,98	0,97	12,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1715,51	2	857,75	125,36	<0,0001
TRATAMIENTO	1715,51	2	857,75	125,36	<0,0001
Error	41,05	6	6,84		
Total	1756,56	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,55311

Error: 6,8422 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S2	31,00	3	1,51 A
S1	30,43	3	1,51 A
S3	1,43	3	1,51 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Zinc (Zn)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Zn	9	0,93	0,91	13,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	428,97	2	214,48	40,49	0,0003
TRATAMIENTO	428,97	2	214,48	40,49	0,0003
Error	31,79	6	5,30		
Total	460,76	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,76628

Error: 5,2978 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
S1	23,87	3	1,33	A
S2	21,00	3	1,33	A
S3	8,00	3	1,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Boro (B)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B	9	0,94	0,92	39,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	230,48	2	115,24	49,39	0,0002
TRATAMIENTO	230,48	2	115,24	49,39	0,0002
Error	14,00	6	2,33		
Total	244,48	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,82688

Error: 2,3334 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
S3	11,00	3	0,88	A
S1	0,28	3	0,88	B
S2	0,25	3	0,88	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ca + Mg

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca + Mg	9	0,33	0,10	18,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,19	2	16,10	1,46	0,3050
TRATAMIENTO	32,19	2	16,10	1,46	0,3050
Error	66,29	6	11,05		
Total	98,49	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8,32736

Error: 11,0489 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S3	20,33	3	1,92 A
S2	18,68	3	1,92 A
S1	15,76	3	1,92 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Materia Orgánica (Mo)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MO	9	0,70	0,60	27,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,41	2	1,21	7,05	0,0266
TRATAMIENTO	2,41	2	1,21	7,05	0,0266
Error	1,03	6	0,17		
Total	3,44	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,03560

Error: 0,1709 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S1	2,22	3	0,24 A
S3	1,30	3	0,24 A B
S2	1,00	3	0,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Textura

Limo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Limo	9	0,23	0,00	21,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	168,00	2	84,00	0,91	0,4506
TRATAMIENTO	168,00	2	84,00	0,91	0,4506
Error	552,00	6	92,00		
Total	720,00	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=24,02938

Error: 92,0000 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S1	48,00	3	5,54 A
S2	46,00	3	5,54 A
S3	38,00	3	5,54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Arcilla

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Arcilla	9	0,30	0,07	23,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	168,00	2	84,00	1,29	0,3430
TRATAMIENTO	168,00	2	84,00	1,29	0,3430
Error	392,00	6	65,33		
Total	560,00	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=20,24958

Error: 65,3333 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S3	40,00	3	4,67 A
S2	32,00	3	4,67 A
S1	30,00	3	4,67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Arena

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Arena	9	0,00	0,00	30,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
TRATAMIENTO	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	276,00	6	46,00		
Total	276,00	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,99133

Error: 46,0000 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S3	22,00	3	3,92 A
S2	22,00	3	3,92 A
S1	22,00	3	3,92 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ph	9	0,01	0,00	10,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	2	0,01	0,03	0,9732
TRATAMIENTO	0,02	2	0,01	0,03	0,9732
Error	2,20	6	0,37		
Total	2,22	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,51700

Error: 0,3667 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S1	5,80	3	0,35 A
S3	5,80	3	0,35 A
S2	5,70	3	0,35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Bacterias

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Bacterias	9	0,91	0,89	12,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3986,00	2	1993,00	31,80	0,0006
TRATAMIENTO	3986,00	2	1993,00	31,80	0,0006
Error	376,00	6	62,67		
Total	4362,00	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=19,83202

Error: 62,6667 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S1	87,00	3	4,57 A
S2	68,00	3	4,57 A
S3	36,00	3	4,57 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Hongos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hongos	9	0,21	0,00	60,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,00	2	4,00	0,80	0,4921
TRATAMIENTO	8,00	2	4,00	0,80	0,4921
Error	30,00	6	5,00		
Total	38,00	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,60188

Error: 5,0000 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S1	5,00	3	1,29 A
S3	3,00	3	1,29 A
S2	3,00	3	1,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Levaduras

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Levaduras	9	0,40	0,19	42,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38,00	2	19,00	1,97	0,2205
TRATAMIENTO	38,00	2	19,00	1,97	0,2205
Error	58,00	6	9,67		
Total	96,00	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,78909

Error: 9,6667 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
S1	10,00	3	1,80 A
S2	7,00	3	1,80 A
S3	5,00	3	1,80 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)