



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR USO DE
FERTILIZANTES EN LOS CULTIVOS DE CACAO EN LA
GRANJA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
EQUINOCCIAL, CAMPUS SANTO DOMINGO, EN EL PERÍODO
2009 A 2015**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

ESTUARDO BOLÍVAR CONDOY MEDINA

DIRECTORA: BIÓL. ANITA ARGÜELLO MEJÍA

Quito, Agosto, 2016

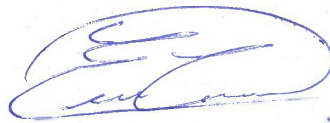
© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **ESTUARDO BOLÍVAR CONDOY MEDINA**, 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 Tecnológica Equinoccial 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.

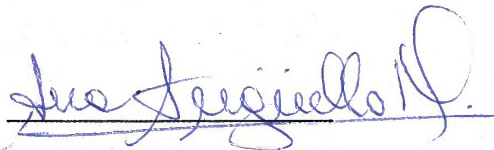


ESTUARDO CONDOY MEDINA

C.I. 1720071982

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título "**Evaluación de la calidad del suelo por uso de fertilizantes en los cultivos de cacao en la granja de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Santo Domingo, en el período 2009 a 2015**", que, para aspirar al título de **Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales** fue desarrollado por **Estuardo Condoy**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.



Biól. Anita Argüello Mejía

DIRECTORA DEL TRABAJO

C.I. 1705861431

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**PROYECTO DE TITULACIÓN**

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1720071982
APELLIDO Y NOMBRES:	CONDOY MEDINA ESTUARDO BOLÍVAR
DIRECCIÓN:	NICOLAS DE ARTETA Oe2-262
EMAIL:	estuard-c10@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	022400776
TELÉFONO MOVIL:	0988351447

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR USO DE FERTILIZANTES EN LOS CULTIVOS DE CACAO EN LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, CAMPUS SANTO DOMINGO, EN EL PERÍODO 2009 A 2015
AUTOR O AUTORES:	CONDOY MEDINA ESTUARDO BOLÍVAR
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	2 DE AGOSTO DE 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	ANITA VIOLETA ARGÜELLO MEJÍA
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>La calidad del suelo en los cultivos de la Granja Experimental de la UTE Santo Domingo es muy importante para el desarrollo de varios productos que se cultivan en estos terrenos, es por ello que se han implementado varios métodos para que el suelo funcione de manera más efectiva y sea productivo en periodos de tiempo más cortos, uno de estos métodos es la utilización de fertilizantes químicos para mejorar la productividad de este recurso. Con el uso frecuente de estos insumos químicos (fertilizantes), la calidad del suelo de los cultivos de cacao de la Granja Experimental, ha decrecido, aunque todavía no se llega a obtener una calidad muy baja del suelo, es inminente que este factor continúe en declive, y, con el pasar de los años, probablemente la calidad del recurso puede llegar a este punto, es decir, convertirse en un suelo con una calidad muy baja, a partir de ese momento, el suelo no podría ser aprovechado para cultivar más cacao u otro tipo de producto. Esta investigación comprende una comparación cronológica de la calidad del suelo en un específico tipo de cultivo, por la utilización de fertilizantes químicos para mejorar la producción de este producto, que en este caso es el cacao. Comparando los resultados anuales de calidad del</p>

	<p>suelo desde el año 2009 hasta el año 2015, la conclusión obtenida fue que los fertilizantes químicos se encuentran degradando el suelo donde se cultiva cacao; en los años 2009 y 2015 se obtuvo una calidad del suelo "Moderada" con valores de 5,25 y 5,67 respectivamente, mientras que en los años 2011 y 2013 se obtuvo una calidad del suelo "Baja" con un valor de 4,62 para ambos años. Estos valores fueron establecidos y comparados en la tabla de índice de Calidad del Suelo propuesta por Serrano y Vargas en 2005.</p>
<p>PALABRAS CLAVES ABSTRACT:</p>	<p>Fertilizantes, cultivos, cacao, calidad de suelo</p> <p>Soil quality in crops of the Experimental Farm UTE Santo Domingo is very important for the development of several products that are grown in these areas, which is why we have implemented several methods for soil work more effectively and be productive in shorter periods of time, one of these methods is the use of chemical fertilizers to improve the productivity of this resource. With frequent use of these chemicals (fertilizer), soil quality crop cocoa Experimental Farm, has decreased, but still not get to get a very low soil quality, it is imminent that this factor will continue in decline, and, with the passing of the years, probably the quality of the resource can reach this point, that is, become a floor with a very low quality, from that moment, the ground could be harnessed to grow more cocoa or other product. This research includes a chronological comparison of soil quality in a specific type of crop, by the use of chemical fertilizers to enhance the production of this product, which in this case is cocoa. Comparing annual results of soil quality from 2009 to 2015, the conclusion was that chemical fertilizers are degrading the soil cocoa growing; in 2009 and 2015 quality of "Moderate" soil values 5.25 and 5.67 respectively was obtained, while in 2011 and 2013 soil quality "Low" with a value of 4 was obtained, 62 for both years. These values were established and compared in the table Soil Quality Index proposed by Serrano and Vargas in 2005.</p>
<p>KEYWORDS</p>	<p>Fertilizers, crops, cocoa, soil quality</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f: 

CONDOY MEDINA ESTUARDO BOLÍVAR

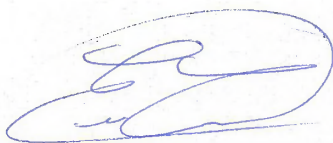
1720071982

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **CONDOY MEDINA ESTUARDO BOLÍVAR**, CI 1720071982 autor/a del proyecto titulado: **TITULO Evaluación de la calidad del suelo por uso de fertilizantes en los cultivos de cacao en la granja de la universidad tecnológica equinoccial, campus santo domingo, en el período 2009 a 2015**, previo a la obtención del título de **GRADO ACADÉMICO COMO INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 2 de agosto de 2016

f:  _____

CONDOY MEDINA ESTUARDO BOLÍVAR

1720071982

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
RESÚMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. CALIDAD DEL SUELO	5
2.2. CONCEPTO DE SUELO.....	6
2.3. IMPORTANCIA DEL SUELO	7
2.4. COMPOSICIÓN DEL SUELO	8
2.5. PROPIEDADES	9
2.5.1. PROPIEDADES FÍSICAS.....	9
2.5.2. PROPIEDADES QUÍMICAS	13
2.5.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS.....	16
2.6. FUNCIONES DEL SUELO	17
2.7. FERTILIDAD DEL SUELO	18
2.8. CULTIVOS DE CACAO	19
2.8.1. GENERALIDADES	19
2.8.2. HISTORIA.....	19
2.8.3. IMPORTANCIA.....	20

2.8.4.	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS	21
2.8.5.	VARIEDADES.....	22
2.8.6.	EL CACAO EN EL ECUADOR	22
2.9.	FERTILIZANTES QUÍMICOS Y ABONOS ORGÁNICOS	23
2.9.1.	FERTILIZANTES QUÍMICOS	24
2.9.1.1.	Tipos de fertilizantes químicos	24
2.9.2.	ABONOS ORGÁNICOS	25
2.9.2.1.	Tipos de abonos orgánicos	26
2.9.3.	LOS FERTILIZANTES EN LA AGRICULTURA	27
2.10.	MARCO LEGAL.....	29
2.10.1.	CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR.....	29
2.10.2.	PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR.....	30
2.10.3.	LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	31
2.10.4.	TULSMA	31
2.10.5.	COOTAD	32
2.11.	MARCO CONTEXTUAL	32
3.	METODOLOGÍA	34
3.1.	ESTADO NUTRICIONAL DEL SUELO.....	34
3.1.1.	MUESTREO	34
3.1.1.1.	Materiales y herramientas	35
3.1.1.2.	Recomendaciones para el muestreo.....	36
3.1.1.3.	Procedimiento de muestreo	36
3.1.1.4.	Precauciones para el muestreo.....	36
3.1.2.	PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS ANALIZADAS.....	37
3.1.3.	INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL	39

3.1.3.1.	Base de datos.....	39
3.1.3.2.	Base de datos física	39
3.2.	CALIDAD DEL SUELO	40
3.2.1.	CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO.....	40
3.3.	COMPARACIÓN CRONOLÓGICA DE CALIDAD DEL SUELO ...	42
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1.	ESTADO NUTRICIONAL DEL SUELO	43
4.1.1.	PARÁMETROS FÍSICOS	48
4.1.1.1.	Textura.....	48
4.1.2.	PARÁMETROS QUÍMICOS	52
4.1.2.1.	Potencial de hidrógeno (pH).....	53
4.1.2.2.	Macro nutrientes	54
4.1.2.3.	Micro nutrientes.....	56
4.1.3.	PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	61
4.1.3.1.	Materia Orgánica.....	61
4.2.	CALIDAD DEL SUELO	63
4.3.	COMPARACIÓN CRONOLÓGICA DE CALIDAD DEL SUELO.....	64
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
5.1.	CONCLUSIONES	66
5.2.	RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....		69
ANEXOS.....		71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de la Composición del Suelo.....	8
Figura 2 El pH y la disponibilidad de nutrientes en el suelo	13
Figura 3 Valor Nutricional del Cacao.....	20
Figura 4 Metodología de toma de muestra de suelo	35
Figura 5 Materiales y herramientas utilizadas para el muestreo	43
Figura 6 Limpieza de la superficie de muestreo.....	44
Figura 7 Toma de sub-muestras	44
Figura 8 Colocación y mezcla de sub-muestras en balde.....	45
Figura 9 Muestra colocada en funda plástica.....	45
Figura 10 Etiquetado de muestra compuesta.....	46
Figura 11 Composición y Clase textural Año 2009	49
Figura 12 Composición y Clase textural Año 2010	50
Figura 13 Composición y Clase textural Año 2013	51
Figura 14 Composición y Clase textural Año 2015	52
Figura 15 Resultados de pH para años analizados.....	53
Figura 16 Resultados de Nitrógeno para los años analizados	55
Figura 17 Resultados de Fósforo para los años analizados	55
Figura 18 Resultados de Potasio para los años analizados.....	56
Figura 19 Resultados de Zinc para los años analizados.....	57
Figura 20 Resultados de Manganeso para los años analizados	58
Figura 21 Resultados de Boro para los años analizados	59
Figura 22 Resultados de Hierro para los años analizados.....	59
Figura 23 Resultados de Calcio para los años analizados.....	60
Figura 24 Resultados de Magnesio para los años analizados	61
Figura 25 Resultados de Materia orgánica para los años analizados	62
Figura 26 ICS para los años analizados	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las partículas minerales de acuerdo a su tamaño ..	9
Tabla 2 Clases texturales del suelo	10
Tabla 3 Valores de Densidad Aparente y Porosidad para cada grupo de suelos	11
Tabla 4 Distribución de diferentes poros en suelos de tres clases texturales.....	12
Tabla 5 Relación de algunos cultivos y el pH óptimo para su desarrollo.....	14
Tabla 6 Métodos utilizados para determinar propiedades físico-químicas del suelo	38
Tabla 7 Valores para determinar el Índice de Calidad de Suelo (ICS)	41
Tabla 8 Valores para calificar la calidad del suelo.....	42
Tabla 9 Comparación cronológica del Índice de Calidad de Suelo (ICS)	42
Tabla 10 Periodo de fertilización de cultivos de cacao de la granja experimental UTE	47
Tabla 11 Composición y Clase Textural del suelo en los años analizados .	48
Tabla 12 pH del suelo en los años analizados	53
Tabla 13 Valores de macro-nutrientes en los años analizados	54
Tabla 14 Valores de micro nutrientes en los años analizados.....	57
Tabla 15 Porcentaje de Materia Orgánica de los sectores analizados	62
Tabla 16 ICS de los años analizados en cultivos de cacao.....	63
Tabla 17 Comparación cronológica del ICS de los años analizados en cultivos de cacao	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha de observación del terreno muestreado	71
Anexo 2 Compatibilidad entre distintos fertilizantes utilizados en la agricultura	72
Anexo 3 Planimetría del campus UTE Santo Domingo	73
Anexo 4 Resultados de análisis de calidad del suelo año 2009.....	74
Anexo 5 Resultados de análisis de calidad de suelo año 2010	76
Anexo 6 Resultados de análisis de calidad de suelo año 2013	77
Anexo 7 Resultados de análisis de calidad de suelo año 2015	79

RESUMEN

La calidad del suelo en los cultivos de la Granja Experimental de la UTE Santo Domingo es muy importante para el desarrollo de varios productos que se cultivan en estos terrenos, es por ello que se han implementado varios métodos para que el suelo funcione de manera más efectiva y sea productivo en periodos de tiempo más cortos, uno de estos métodos es la utilización de fertilizantes químicos para mejorar la productividad de este recurso.

Con el uso frecuente de estos insumos químicos (fertilizantes), la calidad del suelo de los cultivos de cacao de la Granja Experimental, ha decrecido, aunque todavía no se llega a obtener una calidad muy baja del suelo, es inminente que este factor continúe en declive, y, con el pasar de los años, probablemente la calidad del recurso puede llegar a este punto, es decir, convertirse en un suelo con una calidad muy baja, a partir de ese momento, el suelo no podría ser aprovechado para cultivar más cacao u otro tipo de producto.

Esta investigación comprende una comparación cronológica de la calidad del suelo en un específico tipo de cultivo, por la utilización de fertilizantes químicos para mejorar la producción de este producto, que en este caso es el cacao.

Comparando los resultados anuales de calidad del suelo desde el año 2009 hasta el año 2015, la conclusión obtenida fue que los fertilizantes químicos se encuentran degradando el suelo donde se cultiva cacao; en los años 2009 y 2015 se obtuvo una calidad del suelo "Moderada" con valores de 5,25 y 5,67 respectivamente, mientras que en los años 2011 y 2013 se obtuvo una calidad del suelo "Baja" con un valor de 4,62 para ambos años. Estos valores fueron establecidos y comparados en la tabla de índice de Calidad del Suelo propuesta por Serrano y Vargas en 2005.

ABSTRACT

Soil quality in crops of the Experimental Farm UTE Santo Domingo is very important for the development of several products that are grown in these areas, which is why we have implemented several methods for soil work more effectively and be productive in shorter periods of time, one of these methods is the use of chemical fertilizers to improve the productivity of this resource.

With frequent use of these chemicals (fertilizer), soil quality crop cocoa Experimental Farm, has decreased, but still not get to get a very low soil quality, it is imminent that this factor will continue in decline, and, with the passing of the years, probably the quality of the resource can reach this point, that is, become a floor with a very low quality, from that moment, the ground could be harnessed to grow more cocoa or other product.

This research includes a chronological comparison of soil quality in a specific type of crop, by the use of chemical fertilizers to enhance the production of this product, which in this case is cocoa.

Comparing the annual results of soil quality from 2009 to 2015, the conclusion was that chemical fertilizers are degrading the soil cocoa growing; in 2009 and 2015 quality of "Moderate" soil values 5.25 and 5.67 respectively was obtained, while in 2011 and 2013 soil quality "Low" with a value of 4 was obtained, 62 for both years. These values were established and compared in the table Soil Quality Index proposed by Serrano and Vargas in 2005.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En el ambiente, es indispensable conocer la calidad de todos los factores que brindan condiciones de vida aceptables, como lo son el suelo, el agua y el aire, con la finalidad de evitar cualquier perjuicio en la salud de los seres humanos y del mismo medio ambiente. La calidad del suelo es un factor muy importante, ya que de esta depende el crecimiento de plantas y árboles para mantener un ambiente sano y equilibrado, además para producir alimentos sanos para los demás seres vivos presentes en el planeta. La evaluación de la calidad del suelo permite mantener un ecosistema equilibrado y tomar precauciones en caso de que exista algún problema que esté degradando al suelo.

Calidad del suelo es definida como un conjunto de características cualitativas y/o cuantitativas que le permiten al suelo funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa, y que posibilita su utilización para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (MAE, 2015).

Para evaluar la calidad del suelo, se debe considerar la medición de algunos parámetros de las propiedades de este recurso, con la finalidad de estimar la capacidad del suelo de realizar algunas funciones básicas como: mantener la productividad, regular y separar agua, regular y separar flujo de solutos, filtrar y tamponar contra elementos contaminantes, almacenar y reciclar nutrientes. Cuando se necesita determinar la calidad del suelo es importante evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. (Luters, A., & Salazar, J., 2000).

La calidad del suelo muchas veces se ve afectada porque éste recibe insumos o productos para aumentar su fertilidad y productividad. Estos insumos en su mayoría son fertilizantes químicos que tienen una composición artificial la cual hace que el suelo aumente sus propiedades de fertilidad y productividad. Los fertilizantes ayudan a mejorar la productividad

del suelo, pero a la vez causan un impacto secundario en el mismo y en otros factores como el agua, aire y fauna, además hacen que el suelo no trabaje de manera normal, sino que aceleran su funcionamiento, y es por esto que el suelo va perdiendo su tiempo de vida útil y se va degradando de manera más rápida hasta quedar inservible.

Los fertilizantes son uno de los factores que intervienen en la degradación del suelo pero para que un suelo se vuelva inservible debe tener otros factores que puedan causar su degradación completa, factores como: erosión, salinización y solidificación de los suelos, compactación, pérdida de nutrientes y conflicto de usos. Es decir, el uso de fertilizantes en el suelo es un factor para que el suelo pierda ciertas propiedades pero no todas ellas para volverse un suelo infértil, si un suelo se vuelve inservible debe contener todos los factores antes mencionados para que esto ocurra.

El objetivo de este estudio es evaluar la calidad del suelo, en el periodo de 2009 a 2015, por el uso de fertilizantes, en los cultivos de cacao en la granja de la Universidad Tecnológica Equinoccial del campus Santo Domingo, para determinar cómo se ha ido degradando el suelo por el uso de estos insumos.

1.1. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo surge por la preocupación de la utilización de fertilizantes en cultivos de cacao, los cuales pueden causar un impacto secundario negativo en la calidad de estos suelos donde se cultiva este producto. Además es probable que si se siguen utilizando este tipo de productos en los cultivos, el suelo perderá muchas de sus propiedades que le dan su fertilidad y su productividad hasta llegar a que este suelo se convierta en un suelo infértil y no se pueda cultivar ninguna clase de producto alimenticio, además de afectar a otros factores como el agua, el aire, la fauna y los seres humanos.

Por ello esta investigación nos proporcionará información acerca del problema de degradación del suelo con el paso del tiempo, y nos puede ayudar a enfocarnos en promover el uso de otros insumos que brinden los mismos beneficios al suelo pero que no causen un impacto negativo en el mismo, estos insumos pueden ser los abonos orgánicos que no generarán un impacto ambiental fuerte y pueden ayudar a recuperar estos suelos que se han venido degradando por el uso de fertilizantes. La investigación se justifica porque se relaciona con el impacto ambiental que pueden generar los fertilizantes en el suelo y convertirlo en inservible. El suelo es un ecosistema muy importante en el ambiente y se lo debe cuidar ya que nos proporciona alimentos que son la base para nuestra supervivencia. Además satisface muchas necesidades dentro de la naturaleza y sus componentes y es un recurso muy importante que proporciona un hábitat a muchos seres vivos, de igual manera proporciona alimentación para la supervivencia de todas las especies de animales. La característica más importante que posee el suelo y la que más se debe cuidar es su fertilidad ya que de esta característica dependerá si el suelo se puede seguir utilizando para el desarrollo de cultivos para la supervivencia de los seres vivos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del suelo en el periodo de 2009 a 2015, por uso de fertilizantes en los cultivos de cacao en la granja de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Santo Domingo.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado nutricional del suelo durante el tiempo de fertilización.

- Determinar la calidad del suelo en cultivos de cacao durante los 5 años de estudio.
- Comparar cronológicamente el manejo del suelo de cultivos de cacao en el período de 2009 a 2015.

2 MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

El crecimiento de las actividades humanas ha llevado a que las personas busquen diversas alternativas para aprovechar de una manera eficiente y sustentable el suelo en los cultivos.

La importancia del uso del suelo ha ido creciendo a lo largo de los años debido a que este recurso representa un factor vital en todo el planeta. El suelo brinda espacio para que se desarrolle la vida en general, además genera un valor económico para personas que se dedican a realizar actividades con este recurso, como la agricultura.

La calidad del suelo es una variable importante para obtener productos buenos y sanos y para mejorarla se han desarrollado varias técnicas, como el desarrollo de fertilizantes químicos y orgánicos para mejorar la fertilidad del suelo, sin embargo estos elementos pueden tener un impacto secundario en el ambiente; agua, aire, suelo, fauna y no solo pueden afectar a la calidad del ambiente sino también a la salud de la humanidad.

2.1. CALIDAD DEL SUELO

La calidad del suelo se refiere a la utilización del recurso para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R. & Gutiérrez, C., 2004).

El interés por la calidad del suelo no es nueva, sino que se viene dando desde varios años atrás. En el pasado, debido a la poca diferenciación que se realizaba entre tierra y suelo, el concepto de calidad de suelo fue equiparado. Se consideraba tierras de buena calidad a aquéllas que tenían la propiedad de maximizar la producción y minimizar la erosión (Bautista et al., 2004).

El concepto de calidad ha sido relacionado con la capacidad del suelo para funcionar. Esto incluye algunas características como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. Así mismo, la calidad del suelo es un instrumento que sirve para entender la utilidad y salud de este recurso (Bautista et al., 2004).

2.2. CONCEPTO DE SUELO

El concepto de suelo puede tener diferentes enfoques conceptuales de acuerdo a su perspectiva, y se lo puede definir de la siguiente manera (Porta, J., Lopez, M., & Poch, R., 2014):

El suelo desde un enfoque ecológico y agroforestal: El suelo constituye una cubierta delgada en la superficie terrestre, que puede variar de unos pocos centímetros a varios metros. Como cuerpo natural, el suelo constituye una interfase que permite intercambios entre la litósfera, la biósfera y la atmósfera.

El suelo desde un enfoque de su formación: El suelo es una unidad multifuncional que resulta de la acción combinada de diversos factores ecológicos de formación o factores formadores, de acuerdo a esto no son un medio ni inerte ni estático, sino que se desarrollan bajo la influencia de estos factores que tienen la propiedad de variar de un lugar a otro y a lo largo del tiempo. Los factores ecológicos identificados son los siguientes:

- **Roca:** Se refiere a la roca madre, que es el material originario, o el material parental a partir del cual se forma el suelo.
- **Clima:** Su función es importante ya que aporta agua y energía al material originario, con lo que contribuye a su alteración.
- **Organismos vivos:** Tienen la capacidad de actuar sobre el material originario contribuyendo a su disgregación y mezcla.

- **Geomorfología:** Se refiere a la posición que ocupa el suelo en el paisaje (sitio donde se desarrolla) y sus características.
- **Tiempo:** La acción de los distintos factores ecológicos se prolonga a lo largo del tiempo.

El suelo como elemento multifuncional de un ecosistema: El suelo es considerado como un cuerpo natural, dinámico y vivo, que desempeña múltiples funciones y papeles clave en los ecosistemas, a raíz de esta definición también se lo considera como un componente crítico de la biósfera.

2.3. IMPORTANCIA DEL SUELO

El suelo es muy importante porque el ser humano obtiene de este recurso, principalmente a través de las plantas, la mayoría de sus alimentos y varios materiales que son de utilidad para mejorar su estilo de vida (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2002).

Dentro de los ecosistemas, el suelo juega un papel importante porque interviene principalmente en el ciclo del agua y otros ciclos de los elementos presentes en el ambiente y en él (suelo) tienen lugar gran parte de las transformaciones de la energía y de la materia de todos los ecosistemas (Collazo, P., Padilla, V., Rondón, C., Contreras A. & Ortega, H., 2012).

Además, como su regeneración es muy lenta y es muy difícil recuperar este recurso dependiendo del uso que se le haya dado, el suelo es considerado como un recurso no renovable y cada vez más escaso, debido a que se encuentra sometido constantemente a procesos de degradación y destrucción de origen natural o antropológico (Collazo et al., 2012).

2.4. COMPOSICIÓN DEL SUELO

El suelo está compuesto de diferentes sustancias sólidas, agua y aire. Las sustancias sólidas se refieren a los residuos de plantas, animales vivos (heces) o muertos y los minerales que provienen de la desintegración y descomposición de las rocas. En el agua se disuelven los minerales del suelo para que las raíces de las plantas puedan asimilarlos. Sin aire en el suelo no se pueden desarrollar las raíces de las plantas y los pequeños animales que viven en él (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2002).

La composición del suelo se describe en la Figura 1:



Figura 1 Esquema de la Composición del Suelo
(Sarmiento, 2009)

2.5. PROPIEDADES

2.5.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Color: Es una propiedad muy utilizada al estudiar los suelos pues es fácilmente observable y a partir de esta propiedad se pueden deducir rasgos importantes. Los colores más comunes son: color oscuro (presencia de materia orgánica), color blancuzco (presencia de carbonatos), colores pardos y amarillentos (presencia de óxidos de hierro hidratados) y color rojo (presencia de óxidos férricos) (Dorrnsoro, 2014).

Textura: El término textura, de acuerdo con (Sánchez, 2007) se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla expresados en porcentaje. Las partículas menores a 2 mm de diámetro son las que se toman en cuenta en estudios edafológicos para determinar la textura. Cuando las partículas son mayores a 2 mm de diámetro son consideradas como “modificadores texturales”, dentro de esta definición también se toman en cuenta los carbonatos, la materia orgánica, las sales en exceso y otros parámetros. Consecuentemente tenemos que: % arena + % limo + % arcilla = 100%.

Existen diversos sistemas de clasificación de las partículas minerales de acuerdo a su tamaño. El más definido y aceptado es el sistema USDA, que agrupa a las partículas como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1 Clasificación de las partículas minerales de acuerdo a su tamaño

Arena muy gruesa	1 – 2 mm
Arena gruesa	0,5 – 1 mm
Arena media	0,25 – 0,5 mm
Arena fina	0,1 – 0,25 mm
Arena muy fina	0,05 – 0,1 mm
Limo	0,002 – 0,05 mm
Arcilla	< 0,002 mm

(Sánchez, 2007)

De acuerdo a las diferentes y variables proporciones de arena, limo y arcilla, los suelos son agrupados en clases texturales. La clase textural, es el nombre con que se designa a un suelo de acuerdo a la fracción o fracciones predominantes en su estructura. El sistema contempla 12 clases texturales, como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2 Clases texturales del suelo

Clases Texturales del Suelo		
Arena	Arena franca	Franco arcillo limoso
Limo	Franco arenoso	Franco arcillo arenoso
Arcilla	Franco arcilloso	Arcillo limoso
Franco	Franco limoso	Arcillo arenoso

(Sánchez, 2007)

Estructura: El suelo no presenta partículas aisladas, sino más bien, estas partículas forman agregados estructurales que se llaman peds, estos agregados, por repetición, forman el suelo. La estructura del suelo es un estado del recurso, ya que cuando el suelo está seco, se agrieta y se manifiesta la estructura, pero si está húmedo, el suelo se vuelve masivo, sin grietas y la estructura no se manifiesta. (Dorronsoro, 2014)

Densidad Aparente y Densidad Real: La densidad aparente (DA) y la densidad real (DR), de acuerdo con (Sánchez, 2007), se expresan de la siguiente manera:

$$DA = Ms/Vt \quad [1]$$

Ecuación 1 Densidad Aparente

$$DR = Ms/Vs \quad [2]$$

Ecuación 2 Densidad Real

Donde: **Ms** = masa o peso de sólidos
Vs = volumen de sólidos
Vt = volumen total

Sánchez, 2007, en cuanto a la densidad aparente y real describe lo siguiente:

En la mayoría de los suelos la composición mineral es constante, por lo que se estima que la DR varía entre 2.6 a 2.7g/cc para todos los suelos. Por otro lado la DA depende del grado de porosidad del suelo, es un valor un poco más variable que depende también de la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura del recurso suelo.

La densidad real DR, se encarga de medir el grado de compactación de un determinado suelo cuando éste ha sido sometido a trabajos constantes de maquinaria pesada sobre la capa arable del mismo, de esta manera se muestra esa compactación en esa misma capa o en la subyacente.

De esta manera, podemos asumir los siguientes valores promedio para cada grupo de suelos, como se muestra en la tabla 3:

Tabla 3 Valores de Densidad Aparente y Porosidad para cada grupo de suelos

Clase Textural	Densidad Aparente	% Porosidad
Arenoso	1.6 - 1.8	30 - 35
Franco Arenoso	1.4 - 1.3	35 - 40
Franco	1.3 - 1.4	40 - 45
Franco Limoso	1.2 - 1.3	45 - 50
Arcilloso	1.0 - 1.2	50 - 60

(Sánchez, 2007)

Porosidad: Representa el porcentaje total de aberturas que hay entre el material sólido de un suelo. Es un parámetro importante porque de él depende el comportamiento del suelo frente a las fases líquida y gaseosa,

y por tanto es vital para la actividad biológica que pueda soportar (Dorronsoro, 2014).

Tabla 4 Distribución de diferentes poros en suelos de tres clases texturales

Textura de suelo	Porosidad (% total)	Micro-porosidad (%)	Macro-porosidad (%)
Arenoso	3	3	34
Franco	5	27	23
Arcilloso	5	44	9

(Sánchez, 2007)

De acuerdo a la tabla 4 podemos concluir que los suelos arenosos poseen excelente capacidad de aireación, pero mínima capacidad de retención de agua. Por otro lado, los suelos arcillosos, poseen gran capacidad de retener gran cantidad de agua, pero muestran deficiente aireación (Sánchez, 2007).

Profundidad efectiva: Se refiere a la profundidad hasta donde llegan, sin ningún obstáculo, las raíces de las plantas para obtener agua y alimentos. Los obstáculos o limitaciones que encuentran las raíces para penetrar son (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2002):

- Capas endurecidas
- Piedras o rocas
- Agua
- Sales dañinas

Drenaje: Se refiere a la rapidez con que los suelos se secan después de una intensa lluvia.

Puede existir drenaje interno y drenaje externo (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2002):

- **Drenaje interno:** Se refiere a la rapidez con que el agua logra moverse dentro del suelo.
- **Drenaje externo:** Se refiere a la rapidez con que el agua se escurre por la superficie del terreno.

2.5.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

Reacción del suelo (pH): Según Sánchez, 2007, el pH es una Propiedad que tiene influencia indirecta en los procesos químicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biológicos y actividad microbiana.

La mayoría de cultivos, se desarrolla con un pH entre valores de 5.5 a 7.5, pero cada especie y variedad tiene un rango específico donde se desarrolla de mejor manera. Para cultivos bajo técnicas de fertirrigación el pH óptimo es de 6.5 y 7.0. En la figura 2 se puede apreciar el pH óptimo para la disponibilidad de cada tipo de macro y micro nutrientes del suelo.

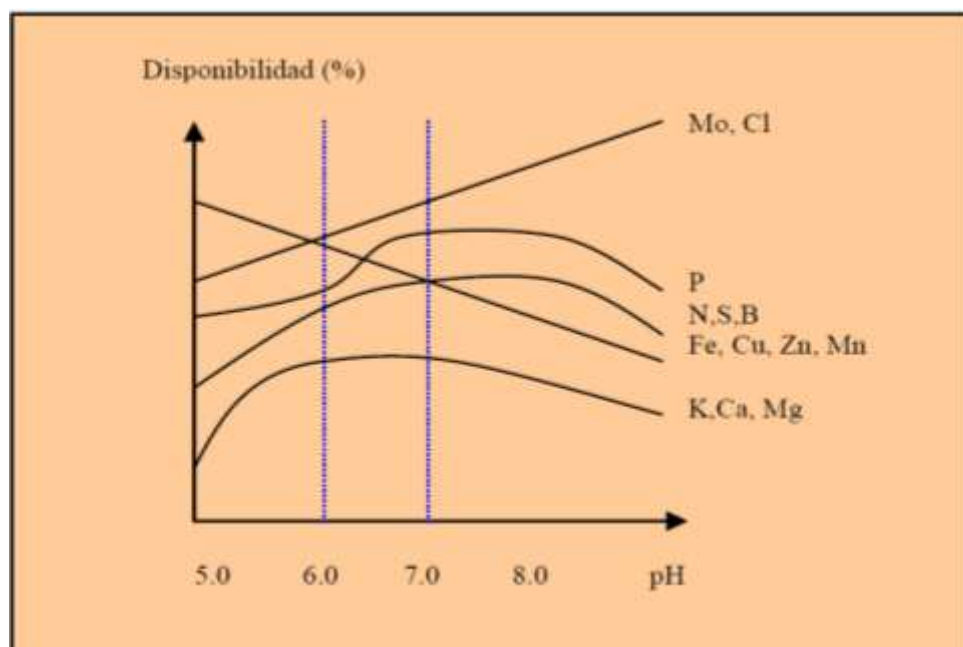


Figura 2 El pH y la disponibilidad de nutrientes en el suelo
(Sánchez, 2007)

El cultivo de cacao se desarrolla de manera óptima en un rango de pH de 4 a 7 como se puede observar en la tabla 5, donde también se describen los valores de pH para otros tipos de cultivo:

Tabla 5 Relación de algunos cultivos y el pH óptimo para su desarrollo

Cultivo	Rango pH	Cultivo	Rango pH
Cacao	4 - 7	Espárragos	6 - 8
Col	6 - 7	Zanahoria	6 - 7
Melón	6 - 7	Pimiento	5 - 7
Tomate	5 - 7	Maíz	6 - 7
Papa	5 - 7	Cebolla	6 - 7
Manzano	5 - 7	Vid	6 - 8
Arroz	5 - 7	Arvejas	6 - 8
Cana azúcar	6 - 8	Pina	5 - 6

(Sánchez, 2007)

Los suelos que poseen un pH fuertemente ácido, no son recomendables debido a la presencia de gran cantidad de aluminio lo que provoca una disminución de la actividad microbiana. Por otro lado los suelos demasiado alcalinos, originan una escasa disponibilidad de elementos menores, mostrando una marcada deficiencia (Sánchez, 2007).

Acidez: Es una propiedad que afecta en cierta medida al suelo. En suelos ácidos muy pocos alimentos y nutrientes son tomados por las raíces de las plantas y además de ello la producción de las cosechas es muy baja (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2002).

Fertilidad de los suelos: Cuando nos referimos a un suelo fértil nos referimos a aquel suelo que tiene buena cantidad de alimentos y nutrientes (macro y micro nutrientes) para las plantas. Los nutrientes que las plantas necesitan en mayor cantidad para su crecimiento y fructificación son (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2002):

- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio

Estos nutrientes se consideran mayores (macro nutrientes) y se deben aplicar a los cultivos varias veces al año porque son los que más rápido escasean.

La mayoría de los abonos químicos, poseen en su composición diferentes cantidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, que se representa por las letras mayúsculas N, P, K.

El grado del abono se encuentra representado por tres números separados por un guion que indica el contenido de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).

Como ejemplo podemos citar el abono de grado 10-40-20 nos quiere decir que en 100 kilos de abono químico, existen 10 kilos de Nitrógeno (N), 40 kilos de Fosfato (P) y 20 kilos de Potasio (K). El abono de grado o fórmula 12-6-22-2 quiere decir que en 100 kilos de abono químico existen 12 kilos de Nitrógeno (N), 6 kilos de Fósforo (P), 22 kilos de Potasio (K) y 2 kilos de Magnesio (Mg). Este abono posee además pequeñas cantidades de otros nutrientes los cuales se los conoce como elementos menores.

Existen otros nutrientes que las plantas necesitan en menor cantidad que los nutrientes anteriormente mencionados, para vivir y producir buenas cosechas.

Estos nutrientes se los conoce como nutrientes menores (micro nutrientes) y son los mencionados a continuación: (Ministerio de Agricultura de Colombia, 2002)

- Calcio
- Magnesio

- Boro (B)
- Zinc (Zn)
- Hierro (Fe)
- Manganeseo (Mn)
- Cobre (Cu)
- Molibdeno (Mo)
- Cobalto (Co)
- Azufre (S)

Estos nutrientes se encuentran en la mayor parte de los suelos en pequeñas cantidades, suficientes para que las plantas se puedan desarrollar de mejor manera. Cuando los elementos menores escasean en los suelos, las hojas de las plantas muestran coloración amarillenta y tienden a deformarse, así mismo pueden aparecer torcidas, arrugadas, o encrespadas en sus bordes.

2.5.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

De acuerdo con Sánchez, 2007, la cantidad de materia orgánica (MO), se encuentra relacionada con la cantidad, tipo y actividad microbiana. De este modo el mantenimiento de la “fertilidad biológica” sugiere inalterabilidad del ambiente sobre todo elemento microbiológico del suelo. Son varias las ventajas y actividades de los microorganismos del suelo, participando principalmente en:

- Procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica.
- Procesos de fijación biológica de Nitrógeno.
- Solubilización de componentes minerales del suelo.
- Reducción de Nitratos y Sulfatos.
- Hidrólisis de la urea.

2.6. FUNCIONES DEL SUELO

De acuerdo con (Gasteiz, 2010), entre las principales funciones de los suelos cabe destacar las siguientes:

- Producción de biomasa: alimentos, forrajes, fibras, biocombustibles, masas forestales, lo que se debe conseguir sin que el suelo pierda sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible).
- Mantener y mejorar la calidad de las aguas que atraviesan el suelo: al controlar el filtrado, los intercambios iónicos, el almacenamiento y la posible transferencia a otro compartimento ambiental (filtro ambiental).
- Mitigar los contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental).
- Regular el ciclo hidrológico: controlando la infiltración (entrada de agua en el suelo), el movimiento del agua dentro del suelo (conocido como permeabilidad), el almacenamiento y la transferencia de agua.
- Transformar las sustancias que recibe (tiene función de biorreactor): evolución de la materia orgánica.
- Fijar gases de efecto invernadero: fijación de carbono, al retener cantidades importantes de materia orgánica durante mucho tiempo.
- Regular el microclima, esto se logra al absorber la radiación solar e intervenir en la evaporación.
- Establecer un hábitat biológico y reserva genética: ya que es un medio poroso, en el que vive una gran cantidad de organismos y

se conservan muchas semillas (el suelo es una reserva de biodiversidad).

- Servir de soporte físico de actividades humanas: construcción de viviendas, industrias, infraestructuras lineales, conducciones enterradas, etc.
- Ser una fuente principal de materias primas: arcilla, grava, arena, yeso, caliza, turba, aluminio, hierro, etc., que se pueden extraer para ocupar en diferentes procesos.
- Proteger restos arqueológicos y proporcionar información acerca del pasado (registro de actividades humanas).
- Proporcionar información geológica y geomorfológica para inicio de posibles estudios en un determinado terreno.

2.7. FERTILIDAD DEL SUELO

La definición de fertilidad del Suelo según Sánchez, 2007 es una cualidad que resulta de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del recurso y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas y cultivos.

Cuando nos referimos a condiciones óptimas para el desarrollo óptimo de plantas y cultivos, las características del suelo actúan de manera interrelacionada para en conjunto poder determinar la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales pero que no está provisto de buenas condiciones físicas y viceversa.

2.8. CULTIVOS DE CACAO

2.8.1. GENERALIDADES

El cacao (*Theobroma cacao*) es muy importante dentro de la economía de muchos países ya que se constituye como la materia prima principal para la elaboración de chocolate. En la actualidad existe una demanda muy grande a nivel mundial de este producto (Miguel, J., Romero, P., & Moreno, F., 2011).

El cacao a nivel mundial, además de ser una fuente de alimento, también se usa como parte de la producción para la industria cosmética y en la medicina, lo que lo convierte en un cultivo de gran potencial económico. Otra ventaja de este producto es que por ser un árbol originario de los bosques húmedos, se adapta a climas con exceso de lluvia o inundaciones y se lo puede cultivar sin tener problemas en este tipo de clima, lo que lo convierte en una alternativa ante la forma en que nos afecta el cambio climático. (Miguel et al., 2011).

2.8.2. HISTORIA

El cultivo del cacao tuvo su origen en América pero no se puede indicar con precisión el lugar específico ni su distribución. Aún hoy día continúa siendo tema de discusión. Algunos autores indican que el cultivo del cacao se inició en México y América Central y señalan al mismo tiempo que los españoles no lo vieron cultivado en América del Sur cuando arribaron a ese continente, aunque lo encontraron creciendo en forma natural en muchos bosques a lo largo de los ríos Amazonas y Orinoco y sus afluentes, donde aún hoy existen tipos genéticos de mucho valor. El descubrimiento del cultivo de este producto estuvo relacionado un poco más estrechamente con las actividades de los Mayas y los Aztecas. (Batista, 2009)

2.8.3. IMPORTANCIA

El cacao tiene importancia fundamental en tres sectores, según Miguel et al., 2011:

Social: Para la sociedad que se dedica al cultivo de este producto es una fuente importante de ingresos, a la vez que lo utilizan para su alimentación ya que forma parte de una gran variedad de alimentos además es un aporte importante a la soberanía alimentaria.

Ambiental: Los árboles de este producto brindan sombra, protegen el suelo de la erosión y de la proliferación de malezas lo que conlleva a reducir su control, a la vez mantienen un clima equilibrado dentro de la plantación, las hojas al caer se descomponen y contribuyen a mejorar el contenido de materia orgánica del suelo.

Económica: El cultivo de cacao es un buen negocio ya que es un cultivo que siempre tiene demanda, su precio en el mercado es estable.

En la figura 3 se puede evidenciar el valor nutricional del cacao:

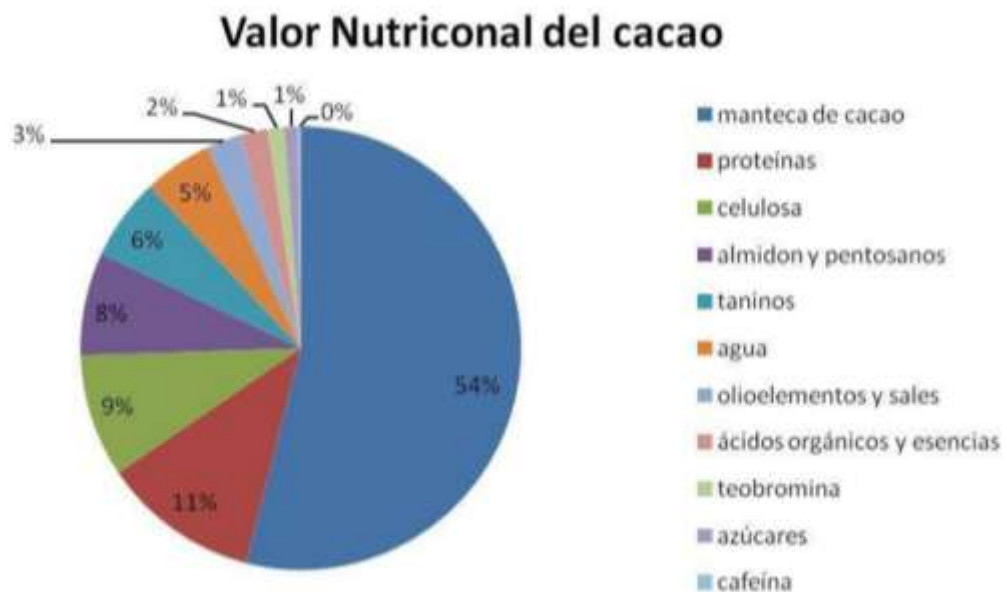


Figura 3 Valor Nutricional del Cacao

(Miguel, J., Romero, P., & Moreno, F., 2011)

2.8.4. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

Los requerimientos edafoclimáticos que requiere el cultivo de cacao según Miguel et al., 2011, se describen a continuación:

La lluvia y la temperatura son principalmente las condiciones climáticas que afectan el óptimo desarrollo del cacao; otras condiciones también afectan a este tipo de cultivos como el efecto del viento fuerte, la luz, radiación solar y la humedad relativa. El cultivo de cacao se adapta muy bien desde 0 msnm hasta los 800 msnm.

La mejor temperatura anual para el desarrollo del cacao es 21°C. Las temperaturas muy altas o bajas pueden llegar a producir alteraciones fisiológicas en el árbol. La temperatura tiene un efecto directo en la formación de las flores.

En cuanto a la precipitación el cacao es muy sensible a la escases de agua así como su exceso, la precipitación óptima para el desarrollo del producto debe de ser de 1,500 a 2,500 mm al año. En los cultivos de cacao, los suelos deben estar provistos de prácticas que favorezcan la evacuación del exceso de agua.

El viento fuerte tiene un impacto en los cultivos de cacao ya que puede producir desecamiento, muerte y caída de las hojas afectando así la capacidad de alimentarse de la planta, en zonas donde existe este problema deben colocarse cortinas rompe viento para evitar los daños.

El cultivo de cacao prefiere suelos ricos en materia orgánica, profundos, franco arcillosos con buen drenaje y topografía regular. El cacao es un cultivo que se adapta a una variedad de suelo que van desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limosas con pH de 4 a 7.

2.8.5. VARIEDADES

Las diferentes variedades de cacao se describen a continuación según Miguel et al., 2011:

Cacao Criollo o dulce: Posee una cascara suave, con 10 surcos profundos con otro de menor profundidad, su curvatura es borroñosa y termina en una punta delgada. La cascara es de color blanco o violeta, las semillas son dulces y de ellas se elabora el cacao denominado fino.

Cacao Forastero o amargo: Posee una cascara dura y más o menos lisa, de apariencia redondeada y la cascara suele ser de color verde a amarillo. Las semillas son aplanadas de color morado y sabor amargo.

Cacao Trinitario: Por lo general son de muchas formas y colores; las semillas son más grandes que el de las otras variedades; las plantas son fuertes, de tronco grueso y hojas grandes. Actualmente es la variedad más cultivada en el mundo.

2.8.6. EL CACAO EN EL ECUADOR

El Ecuador es el principal productor de cacao en el mundo. La mayoría de países prefieren el producto que se origina en nuestro país para la elaboración de alimentos y otras variedades de productos que se pueden obtener a raíz de este importante cultivo. El cultivo de cacao es la principal y más importante actividad económica en el Ecuador.

En la actualidad, la mayor parte del cacao ecuatoriano corresponde a una mezcla de Nacional y Trinitario introducidos después de 1920 por considerarse más resistente a las enfermedades. Sin embargo, el sabor Arriba sigue permaneciendo ya que el Ecuador tiene las condiciones agroclimáticas para el desarrollo del cultivo (ANECACAO, 2016).

El Cacao Nacional Arriba, conocido también como la pepa de oro, es procesado industrialmente para obtener semielaborados con las mismas virtudes de exquisitas tonalidades de aroma y sabor únicos del cacao ecuatoriano, y de alta calidad como: licor, manteca, torta y polvo de cacao, con los que se logra un producto final exquisito; desde la chocolatería más fina y gourmet, los más apetecidos platos en artes culinarias, bebidas frías y calientes y muchas otras delicias combinadas que son un deleite absoluto para el paladar, hasta productos de belleza y que son de grandes beneficios confirmados para la salud humana (ANECACAO, 2016).

2.9. FERTILIZANTES QUÍMICOS Y ABONOS ORGÁNICOS

Los fertilizantes químicos y abonos orgánicos son insumos que le permiten al suelo mejorar su productividad y obtener mejores cosechas de cualquier producto en cualquier lugar del mundo, mejoran las propiedades del recurso para que los cultivos se desarrollen con mejores condiciones y sean más productivos. Los fertilizantes químicos tienen un mayor impacto en el suelo a diferencia de los abonos orgánicos, debido a las características que poseen en su estructura y la forma como son elaborados (Cubero, D. & Vieira, M., 1999).

Los productos que se han utilizado en los cultivos de cacao en la Granja Experimental de la UTE, que son fertilizantes químicos, indudablemente tienen ventajas, como hacer más productivo el suelo, ahorrar tiempo para cosechar los productos, entre otras, pero también tienen ciertas desventajas tales como generar un impacto ambiental en el suelo, agua y aire, entre otras. A lo que se quiere llegar con este estudio es determinar cómo los fertilizantes químicos tienen un efecto negativo en la calidad del suelo, en reemplazo a esto se puede proponer la suspensión en el uso de fertilizantes químicos para mejorar la calidad ambiental de los cultivos de cacao y

además prevenir efectos negativos de salud en personas que trabajan a diario con este tipo de productos y el uso alternativo de otros abonos, como los orgánicos. A continuación se describe a cada uno de estos productos para conocerlos de mejor manera y establecer una diferencia clara entre ambos.

2.9.1. FERTILIZANTES QUÍMICOS

Los fertilizantes químicos se los denomina también nutrientes sintéticos, son sustancias que suministran diferentes elementos al suelo para que éste los pueda absorber con la finalidad de que tengan un correcto funcionamiento en su ciclo de vida productivo o mejorar algunas propiedades que se encuentren deterioradas (DELCORP, 2016).

Los fertilizantes químicos, como su nombre lo indica, son fabricados a partir de elementos químicos presentes en la naturaleza. Algunos son más complejos que otros y generan un impacto ambiental diferente de acuerdo a su composición. La mayoría generan un impacto negativo en el ambiente ya que al estar compuestos de elementos químicos de diferente naturaleza pueden no ser manejados adecuadamente y esto puede provocar que estos elementos químicos se puedan dispersar en el ambiente y contaminar el agua, el aire, y el suelo.

2.9.1.1. Tipos de fertilizantes químicos

De acuerdo con DELCORP, 2016, existen varios tipos de fertilizantes químicos, que se describen a continuación:

Fertilizantes Simples: Están formados por un solo ingrediente activo. Generalmente contiene un solo alimento vegetal básico o pequeñas cantidades de otros (como la harina de huesos). **Ejemplo:** Úrea.

Fertilizantes Solubles: Fertilizantes de alta solubilidad, lo que le garantiza una excelente fertilización en lo que se refiere a fertirriego. **Ejemplo:** Sulfato de Magnesio Técnico.

Fertilizantes Supremos: Son fertilizantes de los cuales su principal característica es la granumeletria homogénea y los valores agregados, que encontramos en cada uno de estos. **Ejemplo:** Úrea verde.

Abonos Completos: Fertilizante granulado particularmente alto en Fósforo, nutriente esencial para el buen establecimiento y desarrollo de la raíz del cultivo. Aporta niveles balanceados de nitrógeno y potasio. **Ejemplo:** Fertiandino k+Mg.

Formulas Específicas: Son elaborados según el requerimiento específico del suelo y cultivo luego de los resultados del respectivo análisis de suelo y foliar. **Ejemplo:** Maíz Iniciador.

Elementos Menores: Son fertilizantes edáficos granulados, los cuales proporcionan una variedad de elementos de concentraciones adecuadas para ser considerados unos elementos nutricionales con respuestas a corto plazo. **Ejemplo:** Sulfamenores.

2.9.2. ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas (Trinidad, 2010).

El uso de abonos orgánicos en la agricultura se podría decir que es más ventajoso que el uso de fertilizantes químicos, ya que brinda los mismos beneficios a las plantas y no causa contaminación al suelo, agua y aire, la desventaja es que la mejora en la producción se produce en un tiempo más

largo. El uso total de abonos orgánicos en la agricultura y suprimiendo el uso de fertilizantes químicos ayudaría mucho al medio ambiente y también a las personas que trabajan con este tipo de compuestos, ya que tampoco existirían problemas de salud por el incorrecto uso de fertilizantes químicos.

2.9.2.1. Tipos de abonos orgánicos

De acuerdo con Ecoagricultor, 2012, existen diferentes tipos de abonos orgánicos:

Estiércol: Lo constituyen las heces fermentadas de animales. Presenta altos niveles de nitrógeno, aunque sus propiedades varían mucho según el animal del que provengan y el alimento que consuma.

Guano: Es el nombre que reciben las deyecciones de las aves marinas (productos similares a los estiércoles).

Compost: Es el producto que se obtiene de la descomposición controlada de restos orgánicos, especialmente de origen vegetal.

Turba: Mejora notablemente la estructura del suelo, pero no es propiamente un abono orgánico; se mezcla con el sustrato para aportarle mayor esponjosidad e hidroabsorción al suelo.

Humus de lombriz: Compostaje que se realiza mediante el proceso digestivo de las lombrices.

Abono verde: Consiste en sembrar plantas que luego se voltearán e incorporarán al suelo en forma de abono.

Harina de hueso: Resultan útiles por su alto contenido de fósforo por lo que se recomiendan para estimular la floración de las plantas.

Cenizas: Deberán ser siempre cenizas obtenidas de materia orgánica. Son apropiadas para corregir la excesiva acidez del suelo debido a su pH muy alcalino.

2.9.3. LOS FERTILIZANTES EN LA AGRICULTURA

La fertilización es el procedimiento que consiste en aplicar fertilizantes o elementos nutritivos que necesita la planta o los cultivos, incorporados de forma directa al suelo, o también disueltos en el agua de riego (Villablanca, A. & Villavicencio, A., 2010).

Según Villablanca, et al., 2010, para cada cultivo y etapa de desarrollo de cualquier producto, es necesario determinar un plan de fertilización, de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Dosis de nutrientes que demanda el cultivo, según etapa de desarrollo (kg/ha).
- Fertilizante más apropiado (kg/ha fertilizante)".
- Momento de la aplicación.
- Forma de incorporación.

Así mismo, las recomendaciones técnicas deben considerar aspectos tales como:

1. Las necesidades que tenga el cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo; en un principio se recomienda aplicar fertilizantes con altos contenidos de Fósforo y Nitrógeno, en cambio, para períodos cercanos a la cosecha se recomienda incorporar fertilizantes que contengan un alto contenido de Potasio, esto con la finalidad de incrementar el llenado de granos y frutos.
2. Determinar el grado en que el suelo es capaz de cubrir dichas necesidades.
3. Se debe identificar el sistema de riego y la forma de aplicación de los fertilizantes ya que la eficiencia en la fertilización se encuentra directamente relacionada a estos dos aspectos.

Para Villablanca, et al., 2010 se debe tener precaución en la relación de dos o más fertilizantes, ya que la mezcla de dos fertilizantes de distinto tipo

puede a veces producir la formación de precipitados. Si se dan estos casos se indica que dichos fertilizantes no son mutuamente compatibles y que se debe tener especial atención de no mezclarlos en el mismo contenedor sino utilizar dos estanques por separado.

De igual manera se debe establecer las características del agua antes de mezclarla con algún fertilizante, la interacción de los fertilizantes con el agua de riego, especialmente si son aguas duras y/o alcalinas, también puede ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y provocar la obturación de emisores y filtros. Mediante una elección correcta de los fertilizantes y un manejo adecuado estos problemas pueden ser evitados. Para cubrir las necesidades nutricionales de un cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento es necesario la elección correcta de la combinación de fertilizantes que aporten distintos elementos y nutrientes esenciales.

En el anexo 2 se muestra las posibilidades de la mezcla entre diferentes fertilizantes para mejorar la calidad del suelo.

2.10. MARCO LEGAL

2.10.1. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

TÍTULO II: DERECHOS

Capítulo segundo: Derechos del buen vivir

Sección segunda: Ambiente sano

El artículo 14 de la Constitución Ecuatoriana se ha tomado en cuenta porque se relaciona a la preservación del ambiente con el aprovechamiento racional del suelo, es decir, el uso del suelo debe ser responsable para prevenir su daño y conservarlo como patrimonio.

Se ha tomado en cuenta el artículo 15 de la Constitución porque trata sobre la prohibición del uso de contaminantes orgánicos y agroquímicos, en el suelo se utilizan estos materiales y para el presente estudio se debe saber si en las fertilizaciones realizadas no se han utilizado materiales prohibidos para los cultivos de cacao.

TÍTULO II DERECHOS

Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza

El artículo 71 describe los derechos de la naturaleza. Dentro de la naturaleza se encuentra el recurso suelo, que debe ser respetado y utilizado de manera responsable, su uso debe ser de acuerdo a los lineamientos que exige la constitución y los límites máximos permisibles establecidos en otras leyes relacionadas al recurso suelo.

En caso de que exista alguna irregularidad en el uso del recurso suelo, el artículo 72 indica cómo se debe proceder para su restauración, es decir, si se utiliza de manera irregular el recurso, el Estado establecerá medidas para su restauración, por ello se considera fundamental este artículo en el presente estudio.

El artículo 73 se lo ha tomado en cuenta debido a que trata sobre la prevención de la destrucción de los ecosistemas. Dentro de este contexto se encuentra el recurso suelo, así mismo, trata sobre la alteración de los ciclos naturales, donde el suelo es un factor importante para el desarrollo de estos ciclos.

El artículo 74 nos indica que el uso y aprovechamiento de los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación, es decir, todas las actividades que se realicen con o en el recurso suelo deberán ser respetadas y aprovechadas racionalmente ya que estas actividades son reguladas por el Estado.

Título VII: RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR

Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección quinta: Suelo

El artículo 409 se relaciona un poco más al recurso suelo específicamente ya que establece un marco normativo para la protección y prevención de la degradación de este recurso. En caso de afectación del recurso suelo el Estado establecerá proyectos de restauración que se deberán cumplir por parte del personal que pueda causar algún daño a este recurso.

En el artículo 410 se indica el desarrollo de prácticas agrícolas que las entidades y agricultores deben respetar para conservar el recurso suelo. Estas prácticas serán establecidas por el Estado y se sujetarán a varias leyes relacionadas a este recurso.

2.10.2. PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR

Dentro del Plan Nacional del Buen Vivir se toma en cuenta el **Capítulo II “El Socialismo del Buen Vivir” literal 2.3 “Hacia una nueva métrica”**, ya que en este capítulo se indica que toda actividad económica se debe respetar la capacidad de los ecosistemas y preservar los recursos naturales, en este

caso el suelo, este respeto se debe basar en el uso racional de este recurso y estableciendo planes para no sobrepasar la capacidad del suelo en actividades agrícolas.

2.10.3. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

Dentro de la Ley de Gestión Ambiental se ha tomado en cuenta el **“TITULO II DEL REGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTION AMBIENTAL”**, **“CAPITULO II DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL” artículo 9, literal j**, ya que en este apartado se indica que se debe cumplir con las normas de calidad ambiental referentes al recurso suelo, en el presente estudio se determinará si los análisis realizados cumplen con la normativa referente a calidad del suelo.

2.10.4. TULSMA

Esta norma es la más importante dentro del contexto del presente estudio ya que es la principal normativa que específicamente se refiere al recurso suelo. Dentro de esta normativa se establecen normas de aplicación para diferentes usos de suelo, se definen criterios de calidad de este recurso y se establecen criterios de remediación para suelos contaminados. Además se establecen los límites máximos permisibles de los diferentes elementos químicos presentes en el suelo, esto con la finalidad de establecer una máxima presencia de un elemento en el suelo para que no sea contaminante. En el presente estudio se compara los resultados de análisis de suelo en los diferentes años con esta normativa, para saber si los límites de los elementos químicos presentes en el suelo sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en esta normativa, con esto nos podemos dar cuenta o tener una idea de que si efectivamente el suelo puede estar contaminado o no por el uso de fertilizantes.

2.10.5. COOTAD

Dentro del COOTAD el “**Capítulo IV Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales**” contempla el “**Artículo 136.- Ejercicio de las competencias de gestión ambiental**” y se lo ha tomado en cuenta por la descripción de prevención y recuperación del suelo en caso de contaminación, además de la forestación y reforestación del suelo. La responsabilidad es de los GAD’s para evitar que se ocasionen problemas en este recurso y que el mismo sea utilizado de manera responsable y racional.

2.11. MARCO CONTEXTUAL

- **Granja Experimental UTE**

El lugar donde se realizó el presente estudio fue la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica Equinoccial en el Campus Santo Domingo.

La granja cuenta con varios terrenos en donde se cultiva cacao. El área agrícola cuenta con una extensión total de 14.442 hectáreas, donde no solo se cultiva cacao sino también otros productos como cítricos frutales, stevia, y hortalizas. En cada uno de estos cultivos se utilizan fertilizantes para poder mejorar la calidad y eficacia del suelo.

En la mayoría de la granja se cultiva cacao, es por eso que se realizó este estudio para poder determinar si los fertilizantes utilizados en este cultivo han tenido un efecto contaminante en el suelo.

El anexo 3 indica cómo se encuentra estructurado el campus de la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo y la distribución de los cultivos. Además en este anexo se identifica la porción de terreno dónde se recogió la muestra de suelo para determinar su calidad en el año 2015.

Como se puede observar en el anexo 3 en la mayoría de la granja se cultiva cacao, con una extensión total de 5,16 hectáreas. Este producto es el que se cultiva en mayor extensión en la granja ya que ésta al poseer características físicas favorables, como temperatura y humedad, hace que el terreno sea propicio para el cultivo de cacao, sin embargo, para que se desarrolle de mejor manera y de forma más rápida este producto se ha tomado la decisión de utilizar fertilizantes químicos.

Los demás productos también ayudan a que los cultivos de cacao se desarrollen de manera óptima, ya que tienen diferentes características y su composición puede ayudar a mejorar la calidad del suelo donde se cultiva cacao. Además con una buena rotación de cultivos de varios productos la calidad del suelo se mantendrá o incluso puede mejorar. La granja de la UTE es bastante grande para poder considerar siempre cambios de cultivos y que no se dé el monocultivo exclusivamente con ello el suelo podrá ser mejorado y no se verá afectada su calidad en gran medida.

3 METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1 ESTADO NUTRICIONAL DEL SUELO

Para determinar el estado nutricional del suelo en el presente estudio se utiliza una metodología que se basa tanto en la investigación de campo como en la investigación documental. La investigación de campo sirve para saber el estado nutricional del suelo en la actualidad, mientras que la investigación documental sirve para saber el estado nutricional del suelo de años anteriores en los cultivos de cacao. Relacionando estos dos tipos de investigación se logra establecer una comparación de la calidad del suelo en el periodo de tiempo establecido para esta investigación.

3.1.1 MUESTREO

Para realizar el muestreo, que sirve para determinar el estado nutricional del suelo, fue necesario explorar el lugar de estudio para conocer cómo se encuentra en la actualidad y de esta manera proceder con la toma de muestras.

Para el muestreo de suelo se define la metodología en zig-zag, para lo cual se divide la una parcela de cultivo en 5 cuadrantes de vegetación separados cada uno por una distancia de 10 metros. La toma de muestras en zig-zag se realiza a una distancia de 5 metros para cada muestra. En total se tomaron 20 sub-muestras. El proceso de toma de muestra se resume en la figura 4:

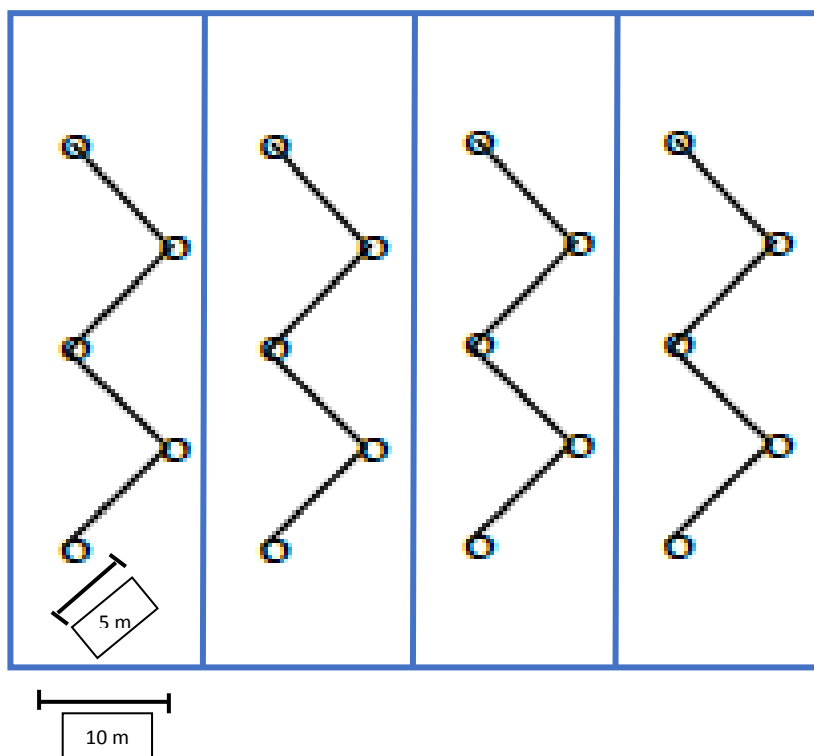


Figura 4 Metodología de toma de muestra de suelo

Para la toma de las muestras se utiliza la siguiente metodología propuesta por el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) (La metodología se llama “Toma de muestra para análisis de suelo”):

La recolección apropiada de una muestra de suelo, es uno de los pasos más importantes del análisis, es por ello que se tomó en consideración todos los procedimientos que indica el INIAP para la recolección adecuada de una muestra. (INIAP, 2013)

3.1.1.1 Materiales y herramientas

Los materiales y herramientas que se utilizaron fueron las siguientes:

- Barreno
- Balde o recipiente
- Espátula
- Funda Plástica

3.1.1.2 Recomendaciones para el muestreo

- Se realiza un croquis del terreno, para identificar lotes de características similares (pendiente, manejo, color, vegetación, cultivo, fertilización, riego, profundidad del suelo, drenaje)
- Se toma una muestra representativa del área, de un lote homogéneo no mayor a 5 hectáreas (el muestreo se realizó en una hectárea de terreno)
- Se recolecta 20 sub-muestras recorriendo todo el lote en zigzag.
- Para el muestreo se considera la profundidad, la época del año y las herramientas utilizadas.

3.1.1.3 Procedimiento de muestreo

- Se limpia la superficie del lugar a muestrear.
- Se utiliza el barreno para sacar una sub-muestra a 10 cm de profundidad del suelo.
- Se coloca todas las sub-muestras en un balde plástico limpio y se mezcla bien.
- Se toma 1kg de suelo de la mezcla en doble funda plástica.
- Se identifica correctamente la muestra, colocando la etiqueta entre las dos fundas.
- Se envía la muestra al siguiente día al laboratorio para el análisis.

3.1.1.4 Precauciones para el muestreo

- No se mezclaron muestras de lotes de diferentes condiciones.
- No se tomaron muestras en: sitios recién fertilizados, lugares colindantes a caminos, zanjas, cercas y canales de drenaje, en zonas de acumulación de estiércol, quemadas recientes o zonas pantanosas.

Se tomaron un total del 20 sub-muestras o muestras simples para finalmente obtener una muestra compuesta la cual fue enviada al laboratorio con el objetivo de determinar el estado nutricional del suelo en la actualidad.

3.1.2 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS ANALIZADAS

Para la presente investigación se realiza el análisis de propiedades físico-químicas del suelo, las cuales contemplan:

- Macro y micronutrientes
- Textura
- Materia orgánica
- pH

Los métodos que se utilizaron para la determinación de estas propiedades se describen en la tabla 6:

Tabla 6 Métodos utilizados para determinar propiedades físico-químicas del suelo

Propiedad		Unidad	Método de Análisis	
Macro y micronutrientes	Azufre	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Boro	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Cobre	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Zinc	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Hierro	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Potasio	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Manganeso	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Nitrógeno	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Fósforo	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Calcio	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
	Magnesio	mg/l	EPA 8270 D	PA.31.00
Textura	Arena	%	EPA 8270 D	PA.31.00
	Arcilla	%	EPA 8270 D	PA.31.00
	Limo	%	EPA 8270 D	PA.31.00
	Clase Textural	---	EPA 8270 D	PA.31.00
Materia Orgánica		%	EPA 8270 D	PA.31.00
pH		---	EPA 8270 D	PA.31.00

(LABIOTEC, 2015)

3.1.3 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

La investigación documental se utiliza para conocer el estado de la calidad del suelo en años anteriores (2009-2015) en cultivos de cacao, posteriormente la información se analiza, sistematiza y por consiguiente se realiza una reinterpretación de los datos recabados a lo largo de la investigación.

La cantidad de información existente es base fundamental para obtener referencia de mediciones para realizar el muestreo, existencia de estudios con respecto a evaluación de calidad del suelo en años anteriores, siendo de vital importancia realizar una investigación de base de datos para conocer la información existente.

3.1.3.1 Base de datos

Como se menciona anteriormente la información se obtiene de muestreos anteriores que fueron realizados por parte de la universidad para evaluar la calidad del suelo.

Se recolecta un solo tipo de base de datos: base de datos física.

3.1.3.2 Base de datos física

Para realizar una investigación de evaluación de la calidad del suelo, la investigación de base de datos física ayuda a comprender de mejor manera los estudios realizados en años anteriores y la posible presencia de degradación del suelo en los últimos años.

Como primera instancia se realiza una investigación de documentos referentes a análisis de suelo de años anteriores, esto con la finalidad de conocer si la calidad del suelo se ha ido degradando con el paso del tiempo.

Además de realizar una investigación física de los análisis realizados se indaga si se han tomado medidas ante una posible degradación del suelo.

Este tipo de base de datos es suficiente para conocer cómo ha ido evolucionando la calidad del suelo con el paso del tiempo.

3.2 CALIDAD DEL SUELO

Para determinar la calidad del suelo se basa en el cálculo del índice de calidad del suelo (ICS), el cual es un procedimiento matemático en donde se toman en cuenta las propiedades físico-químicas del suelo para después compararlas con una tabla y poder determinar la calidad del suelo.

3.2.1 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO

El índice de calidad del suelo se determina mediante la calificación de los datos obtenidos y a través de las siguientes categorías: Bajo (1), Medio (2), Alto (3) (Serrano & Vargas, 2005).

Para el cálculo se realiza un promedio de cada variable de los indicadores tomados en cuenta para el presente estudio; seguido a esto se realiza un cálculo de puntaje de cada variable con la ecuación 1 propuesta por Serrano y Vargas, 2005, en la cual la sumatoria de puntajes se multiplica por el factor $K = 0,21$ para transformarla a un puntaje dentro de la escala estandarizada que es de 0 a 10:

$$\text{Calidad total} = \sum \text{Puntajes} * k \quad [3]$$

Ecuación 3 Calidad total del suelo

Donde:

$K = 10/48 = 0,21$, indicando que 48 es el puntaje máximo obtenido de la sumatoria de los valores altos de cada variable, es decir, de las condiciones

óptimas de cada indicador; 10 es el puntaje máximo a la escala llevada. Todo lo anteriormente nombrado se encuentra en la Tabla 7 donde se puede observar los valores obtenidos en la sumatoria como también de la constante.

Tabla 7 Valores para determinar el Índice de Calidad de Suelo (ICS)

ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELO (ICS)				
PARÁMETROS	UNIDAD	NIVELES CRÍTICOS DE CALIDAD DE SUELO		
		BAJO	MEDIO	ALTO
PUNTAJE		1	2	3
Calcio	meq/100g	<5.1 1	5.1-8.9 2	>8.9 3
Magnesio	meq/100g	<1.7 1	1.7-2.3 2	>2.3 3
Hierro	ppm	<20.0 1	20.0-40.0 2	>40.0 3
Zinc	ppm	<3.1 1	3.1-7.0 2	>7.0 3
Manganeso	ppm	<5.1 1	5.1-15.0 2	>15.0 3
Potasio	ppm	<0.2 1	0.2-0.38 2	>0.38 3
Boro	ppm	<0.20 1	0.20-0.49 2	1.0 3
Nitrógeno	ppm	<31.0 1	31.0-40.0 2	>40.0 3
Fósforo	ppm	<8.0 1	8.0-14.0 2	>14.0 3
Materia Orgánica	%	<1.0 1	1.0-2.0 2	>2.0 3
Textura		1 Arena	2 Limo	3 Arcilla
pH		Muy ácido- Ácido- Moderadamente alcalino-Alcalino	Medianamente ácido- Ligeramente alcalino	Ligeramente ácido- Prácticamente neutro— Neutro
		0.0-<5.0; 5-5.5; >8-8.5; >8.5	>5.5-6.0; >7.5-8.0	>6-6.5; >6.5- 7.5; 7.0
Σ Puntajes		17	30	48
Σ Puntajes * k		3,57	6,30	10,08
K=	0,21			

(Serrano, E. & Vargas, H, 2005)

Una vez que se haya cuantificado los indicadores con los puntajes anteriormente mencionados, se compara en la escala cualitativa que

determina la clase de calidad de acuerdo al rango establecido de 0-10, como se puede observar en la Tabla 8:

Tabla 8 Valores para calificar la calidad del suelo

Clase de calidad	RANGO
Muy alta	>8.4
Alta	>6.7-8.4
Moderada	>5.1-6.7
Baja	3.6-5.1
Muy baja	<3.6

(Serrano, E. & Vargas, H, 2005)

3.3 COMPARACIÓN CRONOLÓGICA DE CALIDAD DEL SUELO

Para realizar la comparación cronológica de la calidad del suelo, se diseña una tabla con los valores obtenidos en cada año de calidad del suelo. En esta tabla se visualiza fácilmente el nivel de degradación que ha tenido el suelo con el pasar de los años. Se realiza una comparación donde se relaciona solamente el año de estudio y su correspondiente nivel de calidad. Los datos fueron tomados de los análisis realizados en el año 2015 y de la documentación de estudios anteriores con la que la Universidad ya contaba para los años 2009, 2010 y 2013.

La comparación del ICS para cada año se realiza como se indica en la Tabla 9:

Tabla 9 Comparación cronológica del Índice de Calidad de Suelo (ICS)

AÑO	2009		2010		2013		2015	
ICS	ICS:	Muy	ICS:	Muy	ICS:	Muy	ICS:	Muy
	alta,	alta,	alta,	alta,	alta,	alta,	alta,	alta,
	moderada,		moderada,		moderada,		moderada,	
	baja,	muy	baja,	muy	baja,	muy	baja,	muy
	baja		baja		baja		baja	

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTADO NUTRICIONAL DEL SUELO

Para determinar el estado nutricional del suelo se realizó un muestreo en el lugar de estudio de los cultivos de cacao y posteriormente las muestras recolectadas fueron enviadas a un laboratorio acreditado para obtener los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos para ese año.

Se tomaron las muestras en los cultivos de cacao utilizando la metodología descrita anteriormente, los resultados del muestreo se muestra en las figura 5 hasta la figura 10:



Figura 5 Materiales y herramientas utilizadas para el muestreo



Figura 6 Limpieza de la superficie de muestreo



Figura 7 Toma de sub-muestras



Figura 8 Colocación y mezcla de sub-muestras en balde



Figura 9 Muestra colocada en funda plástica



Figura 10 Etiquetado de muestra compuesta

El muestreo se realizó únicamente para el año 2015, ya que para los anteriores años ya se contaba los resultados que la universidad generó para determinar la calidad del suelo en dichos años.

La fertilización en los cultivos de cacao de la granja experimental de la UTE se realizó en un periodo de cuatro años, realizando el análisis del suelo un año después de cada fertilización.

Los análisis de calidad de suelo que se han realizado en los cultivos de cacao en la granja experimental de la UTE se resumen en la tabla 10:

Tabla 10 Periodo de fertilización de cultivos de cacao de la granja experimental UTE

Año de fertilización	Análisis de suelo realizado
2009 – 2010	2009
2010 – 2011	2010
2011 – 2012	2013
2012 – 2013	2015

Con los resultados de los análisis de suelo en los años 2009, 2010, 2013 y 2015 se trabajó en el presente estudio para determinar, mediante comparación de éstos de distintos años, como se ha ido degradando el suelo con el paso de los años por la utilización de fertilizantes químicos.

En este apartado se trata sobre los resultados que se obtuvieron luego de la interpretación de los datos y posteriormente de la cuantificación del Índice de Calidad de Suelo. Los resultados se visualizan en el siguiente orden:

- Físicos: Textura.
- Químicos: pH, macro y micronutrientes.
- Biológicos: Materia orgánica

Se empezó detallando los resultados de los parámetros físicos seguidos de los químicos para terminar con los biológicos.

4.1.1 PARÁMETROS FÍSICOS

4.1.1.1 Textura

Las muestras analizadas permitieron determinar la clase textural del suelo, luego de cuantificar los porcentajes de arena, limo y arcilla, de esta manera se determinó que en el periodo de estudio la clase textural del suelo se mantiene como se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11 Composición y Clase Textural del suelo en los años analizados

Indicador físico	Unidad de medida	Resultado			
		2009	2010	2013	2015
Arena	%	65	64,5	60	61,4
Arcilla	%	8	8,3	4	9,7
Limo	%	28	27,5	40	28,8
Clase textural	---	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso

Se puede observar que con el pasar de los años la textura del suelo en los cultivos de cacao se ha mantenido en una clase textural Franco Arenoso.

Para identificar la composición y clase textural del suelo, se tomó como referencia el triángulo de la textura propuesto por (Eweis, 2000).

En el año 2009 el porcentaje de arena que presentó el suelo fue 65%, arcilla fue 8% y limo fue 28%, obteniendo una clase textural Franco arenosa, este resultado se lo puede evidenciar en la figura 11:

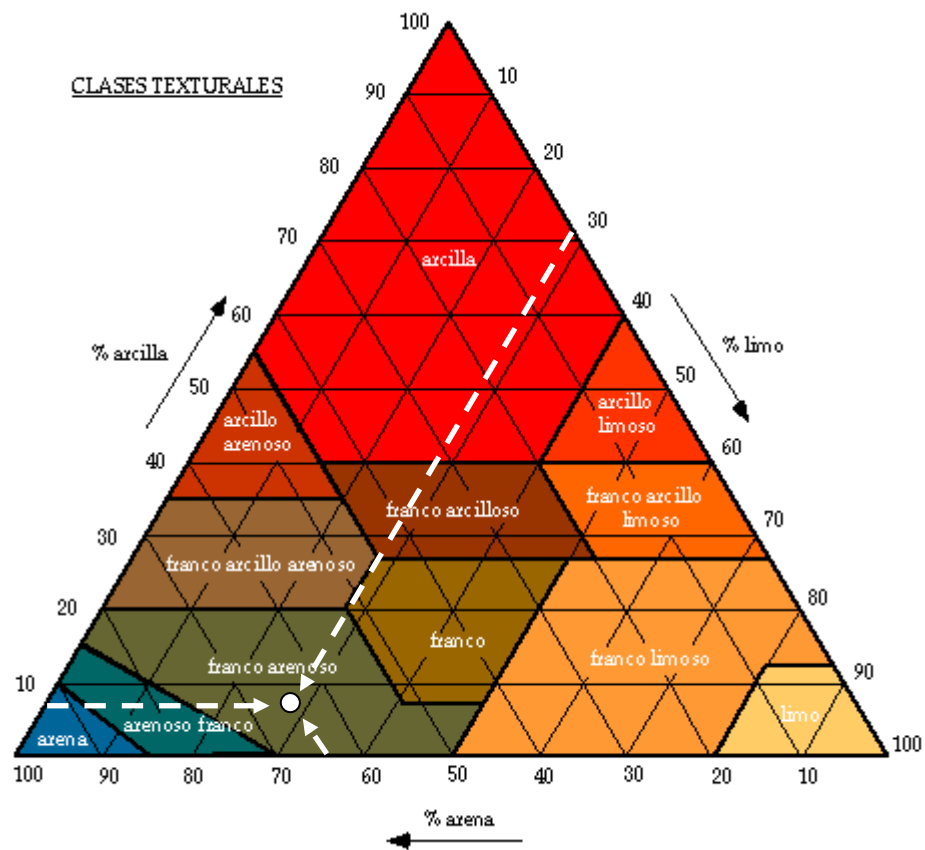


Figura 11 Composición y Clase textural Año 2009

En el año 2010 el porcentaje de arena que presentó el suelo fue de 64,5%, de arcilla fue de 8,3% y de limo fue de 27,5%, obteniendo una clase textural Franco arenosa, este resultado se lo puede evidenciar en la figura 12:

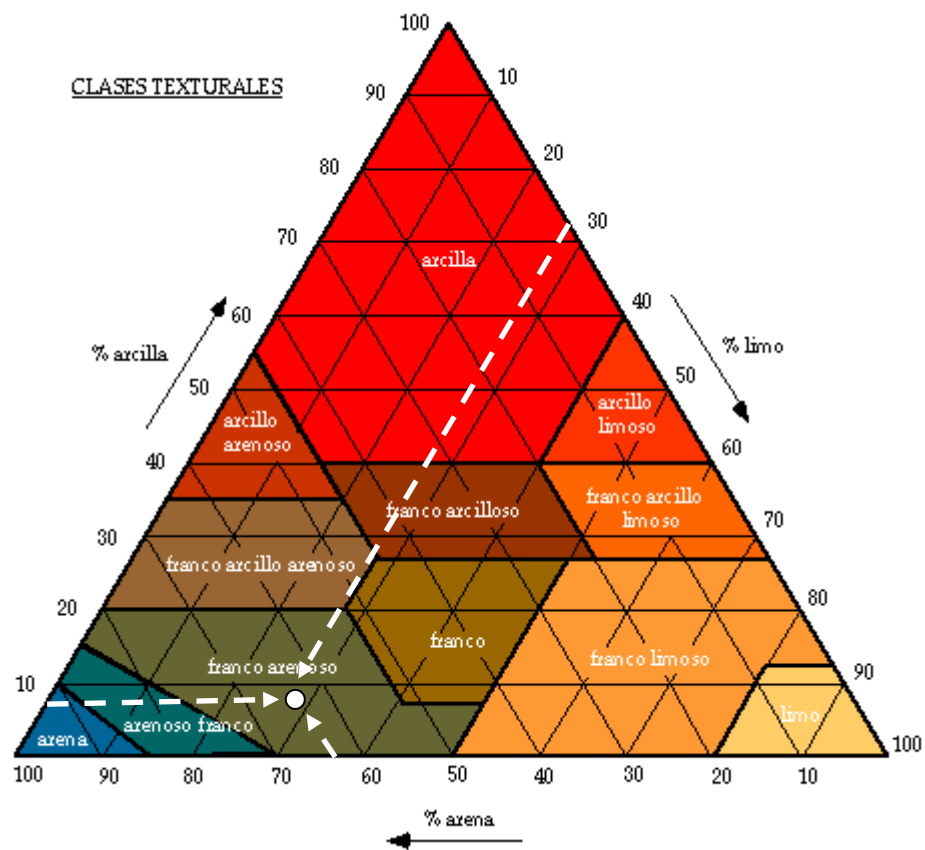


Figura 12 Composición y Clase textural Año 2010

En el año 2013 el porcentaje de arena que presentó el suelo fue 60%, de arcilla fue de 4% y de limo fue de 40%, obteniendo una clase textural Franco arenosa, este resultado se lo puede evidenciar en la figura 13:

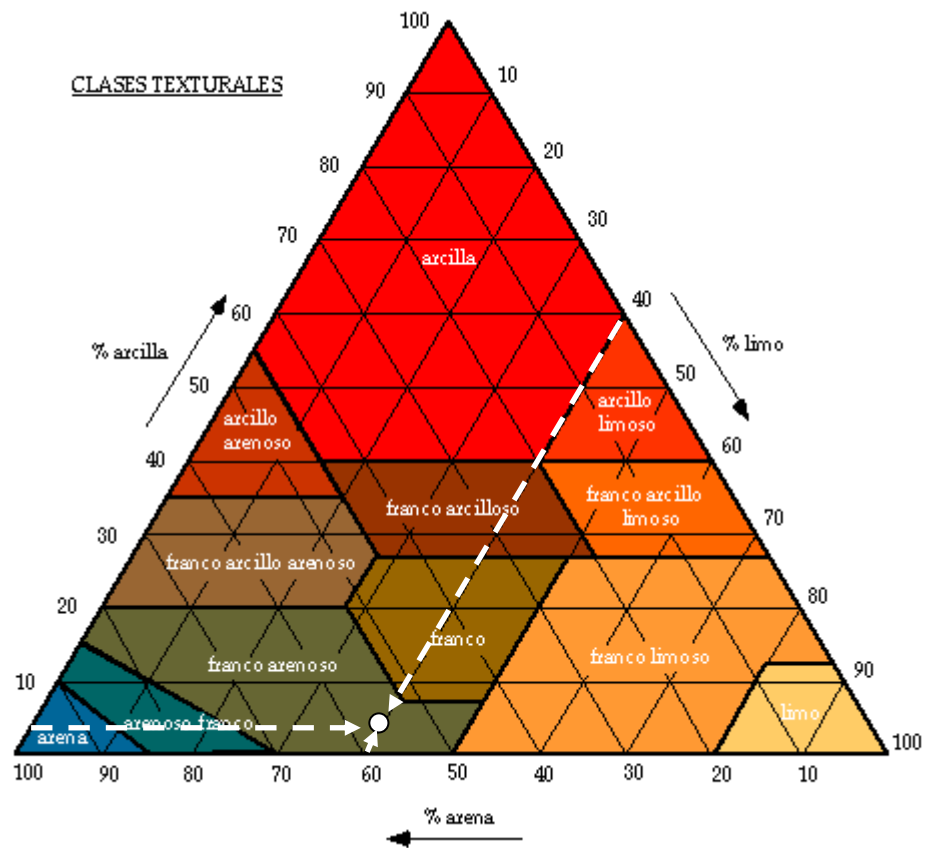


Figura 13 Composición y Clase textural Año 2013

En el año 2015 el porcentaje de arena que presentó el suelo fue 61,4%, de arcilla fue de 9,7% y de limo fue de 28,8%, obteniendo una clase textural Franco arenosa, este resultado se lo puede evidenciar en la figura 14:

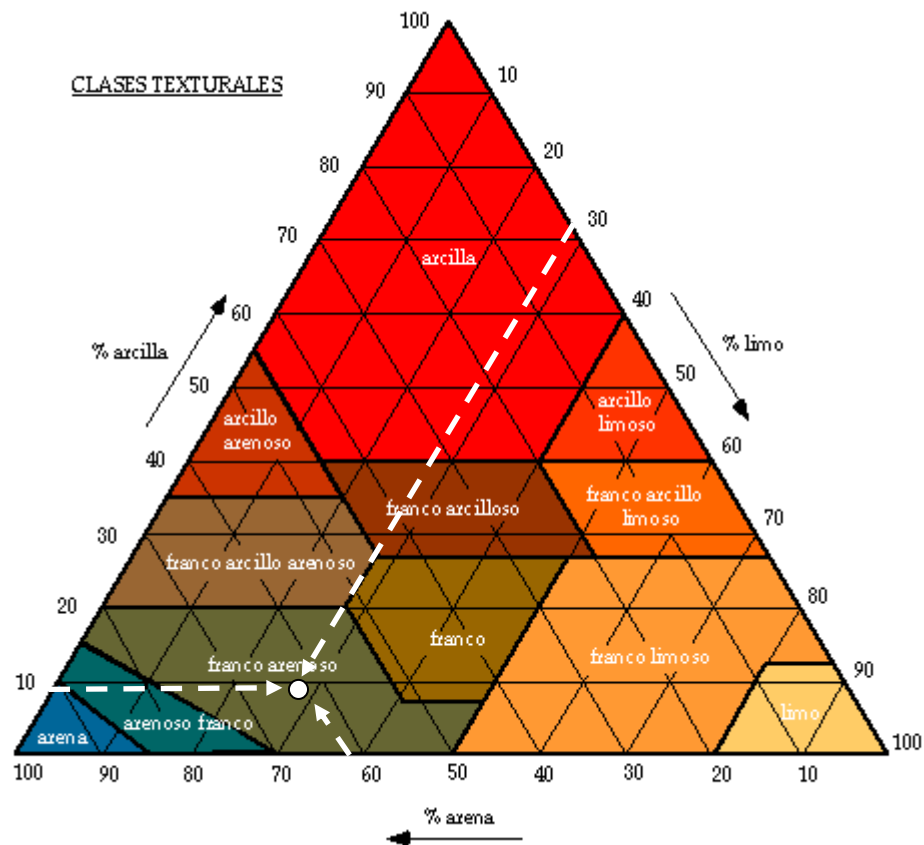


Figura 14 Composición y Clase textural Año 2015

4.1.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

Igual que los indicadores físicos, el objetivo de estos indicadores es determinar cómo han ido disminuyendo los niveles de nutrientes en el suelo debido al uso de fertilizantes.

El análisis se realizó para macro nutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio), y para micro nutrientes (Azufre, Boro, Cobre, Zinc, Hierro, Manganeso, Calcio y Magnesio).

Igualmente estos indicadores fueron analizados durante todo el periodo de tiempo que indica el presente estudio (2009 al 2015)

4.1.2.1 Potencial de hidrógeno (pH)

El cacao es tolerante a la acidez y se puede desarrollar óptimamente con un pH entre 4 y 7 grados de acidez.

Los resultados en cuanto a potencial de hidrógeno (pH) en los años analizados, nos indican que en el año 2009 el suelo es medianamente ácido, en el año 2010 el suelo es ácido, en el 2013 el suelo es medianamente ácido, y en el año 2015 el suelo es medianamente ácido. Es decir que el suelo es apto para cultivar cacao por su acidez. Esto lo podemos visualizar en la Tabla 12, y en la Figura 15:

Tabla 12 pH del suelo en los años analizados

Indicador	Unidad de medida	Resultado			
		2009	2010	2013	2015
pH	---	6	5,4	5,8	5,8

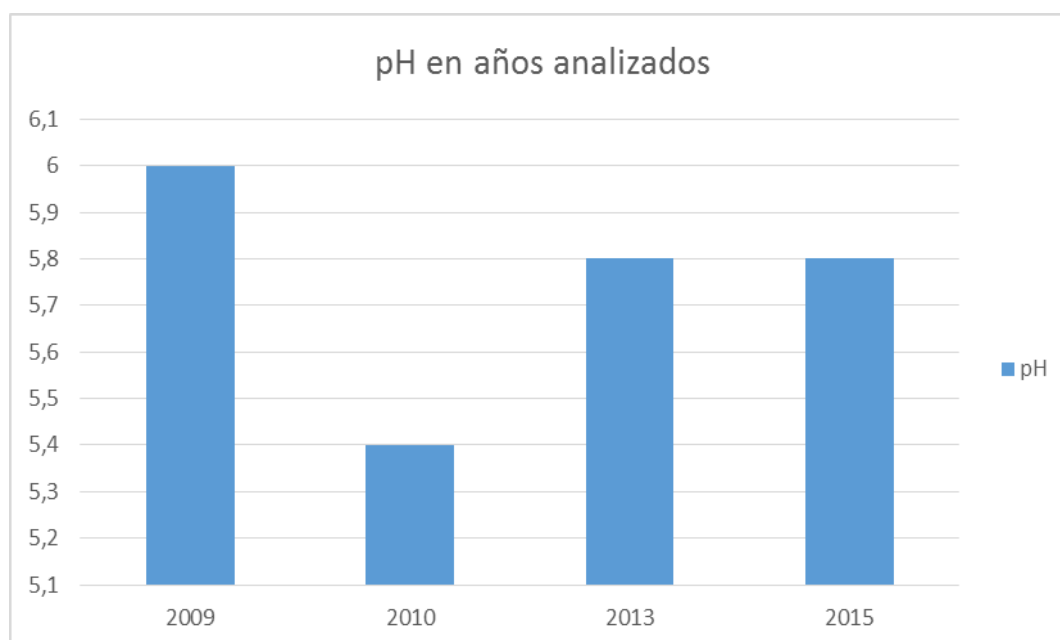


Figura 15 Resultados de pH para años analizados

4.1.2.2 Macro nutrientes

Los macronutrientes como ya se mencionó anteriormente en el presente estudio son: nitrógeno, fósforo y potasio. En los años analizados se presentaron valores de macronutrientes que se muestran a continuación en la tabla 13:

Tabla 13 Valores de macro-nutrientes en los años analizados

Año	Unidades	N	N.C	P	N.C	K	N.C
2009	mg/l	23	B	23	A	0,2	M
2010	mg/l	33,7	M	20,3	A	0,2	M
2013	mg/l	15,5	B	39	A	0,3	M
2015	mg/l	15,1	B	15	A	5,2	A

Donde:

N.C: Nivel crítico, **B:** Bajo, **M:** Medio, **A:** Alto

El año 2010 presentó un valor medio de Nitrógeno contando con 33,7 mg/l, el año 2009 presentó un valor bajo con 23 mg/l, así mismo el año 2013 presentó un valor bajo con 15,5 mg/l, mientras que el año 2015 cuenta con el valor más bajo 15,1 mg/l. Los resultados de Nitrógeno los podemos observar en la figura 16:

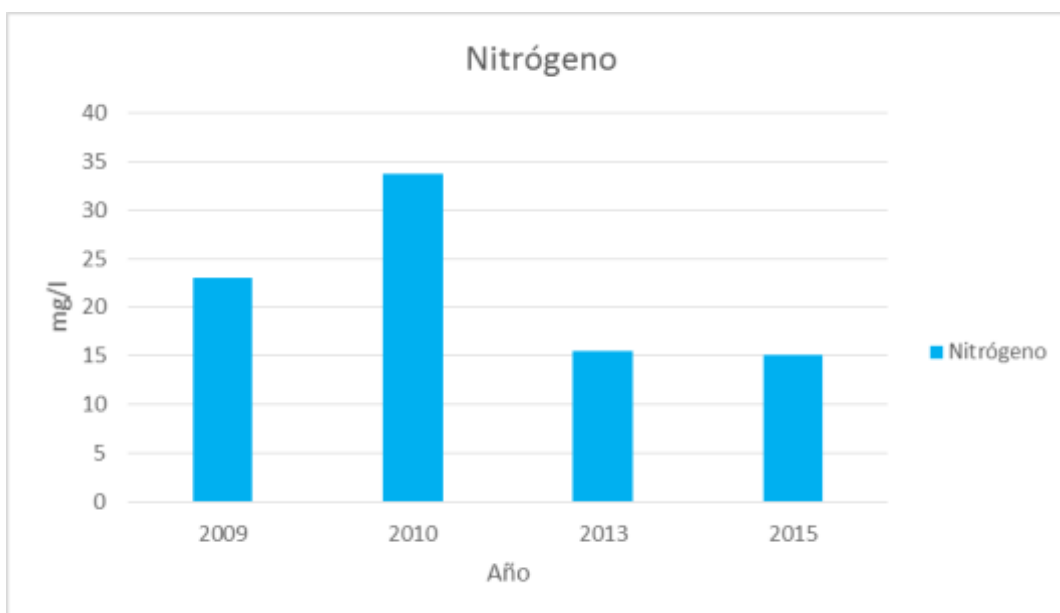


Figura 16 Resultados de Nitrógeno para los años analizados

Por otro lado el Fósforo presentó en todos los años estudiados un valor Alto, con valores de 39 mg/l para el año 2013, 23 mg/l para el año 2009, 20,3 mg/l para el año 2010 y 15 mg/l para el año 2015. Esta diferencia en la concentración de nutrientes se da por la diferente ubicación de los lotes y a la compactación que presentaba en algunos lugares por el cultivo anterior de palmito que se estableció años atrás antes del cultivo de cacao. Los resultados de Fósforo los podemos observar en la figura 17:

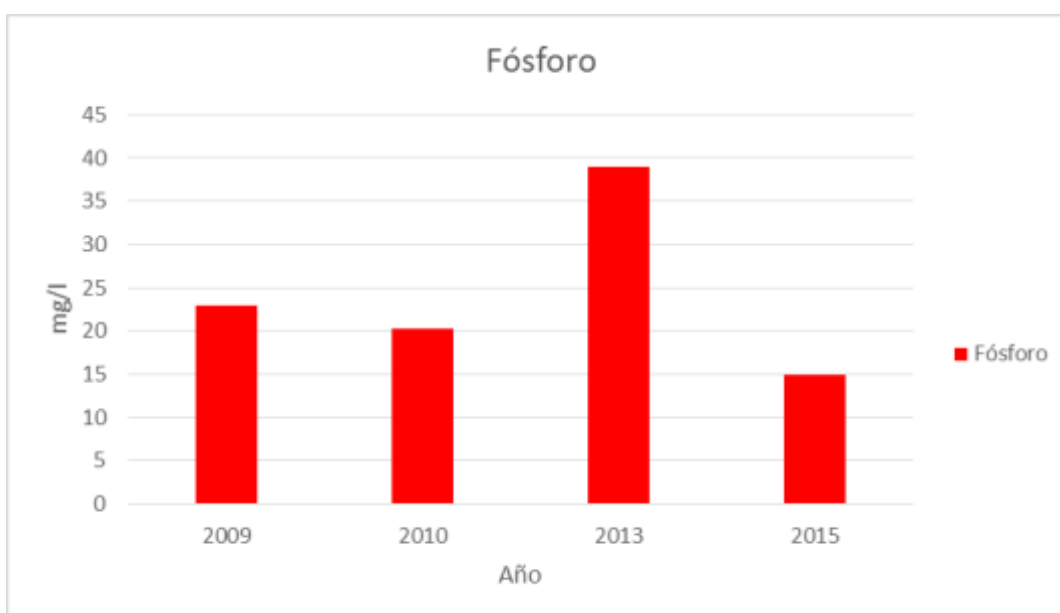


Figura 17 Resultados de Fósforo para los años analizados

La concentración de Potasio presentó en los años 2009 y 2010 valores medios con 0,2 mg/l, sin embargo con el pasar de los años aumentó este valor, en el año 2013 se obtuvo un valor igualmente medio de 0,3 mg/l, mientras que en el año 2015 se obtuvo un valor alto con 5,2 mg/l sobrepasando el nivel crítico. Los resultados de Potasio los podemos observar en la figura 18:

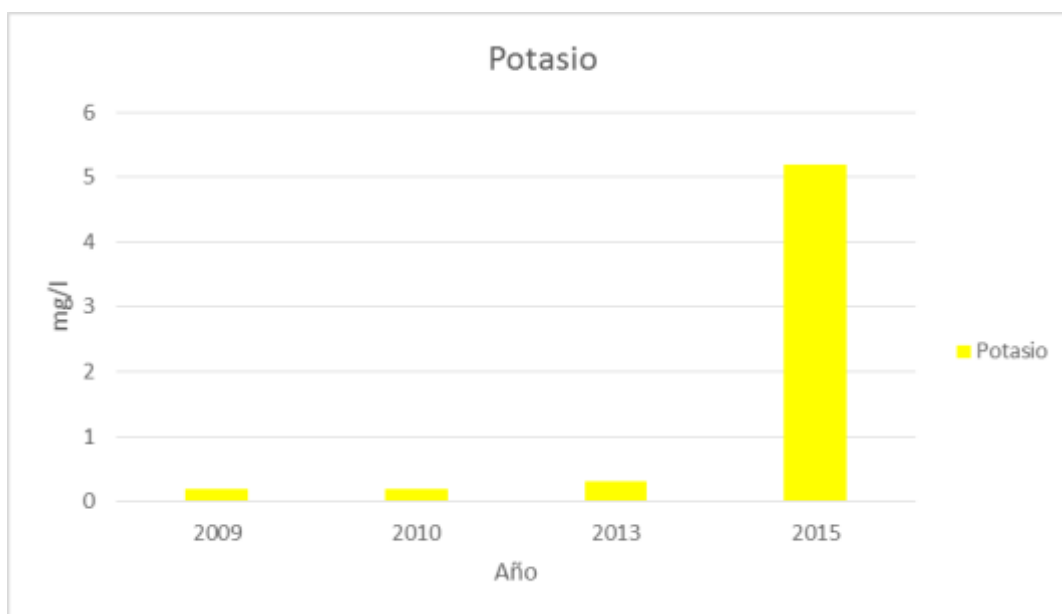


Figura 16 Resultados de Potasio para los años analizados

4.1.2.3 Micro nutrientes

Los micronutrientes son elementos que el suelo requiere en mínimas cantidades pero son igual de importantes al momento de considerar la calidad del recurso y para la vida que se desarrolla en él.

Los años estudiados presentaron los siguientes resultados en los elementos considerados en esta clase, lo podemos visualizar en la tabla 14:

Tabla 14 Valores de micro nutrientes en los años analizados

Año	Uni.	Zn	N.C	Mn	N.C	B	N.C	Fe	N.C	Ca	N.C	Mg	N.C
2009	mg/l	6,2	M	3,4	B	0,2	M	114	A	12	A	6,3	A
2010	mg/l	8,3	A	4,7	B	0,2	M	94	A	3,8	B	0,4	B
2013	mg/l	4	M	6	M	0,3	M	127	A	4,5	B	0,7	B
2015	mg/l	0,6	B	12,4	M	4,3	A	115,6	A	10,8	A	4,5	A

Donde:

N.C: Nivel crítico, **B:** Bajo, **M:** Medio, **A:** Alto

Los valores de Zinc son variables contando con un valor medio en los años 2009 y 2013 con cantidades de 6,2 mg/l y 4 mg/l respectivamente. Para el año 2010 el valor de Zinc es alto con una cantidad de 8,3 mg/l. Por último este micronutriente presentó un valor bajo en el año 2015 con una cantidad de 0,6 mg/l. Los resultados de Zinc los podemos observar en la figura 19:

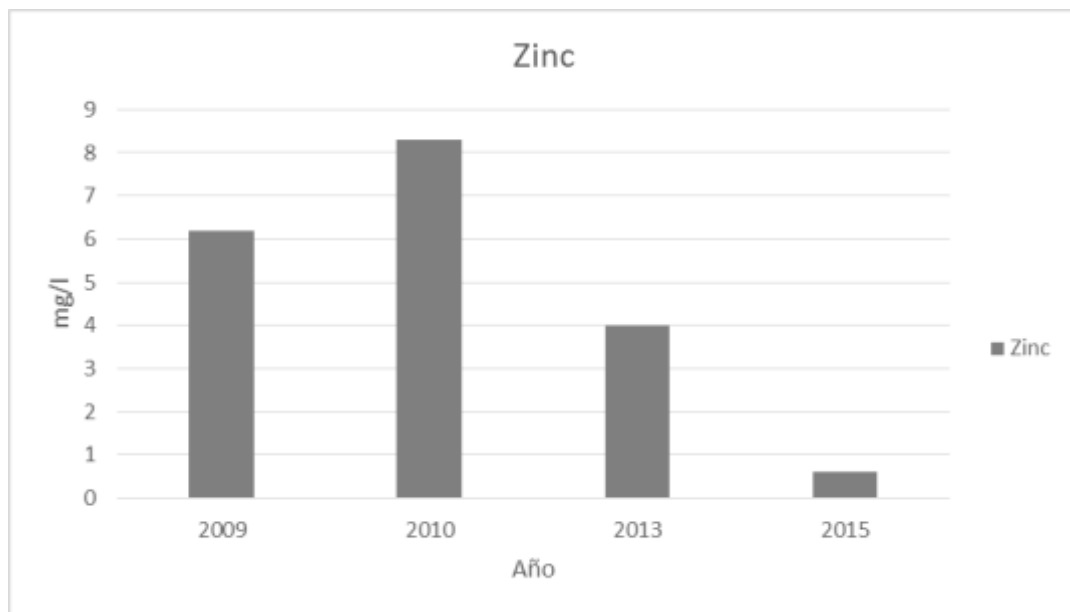


Figura 17 Resultados de Zinc para los años analizados

En el caso del Manganeso cuenta con valores bajos en los años 2009 y 2010 con cantidades de 3,4 mg/l y 4,7 mg/l respectivamente, y con valores altos en los años 2013 y 2015 con cantidades de 6 mg/l y 12,4 mg/l respectivamente. Los resultados de Manganeso los podemos observar en la figura 20:

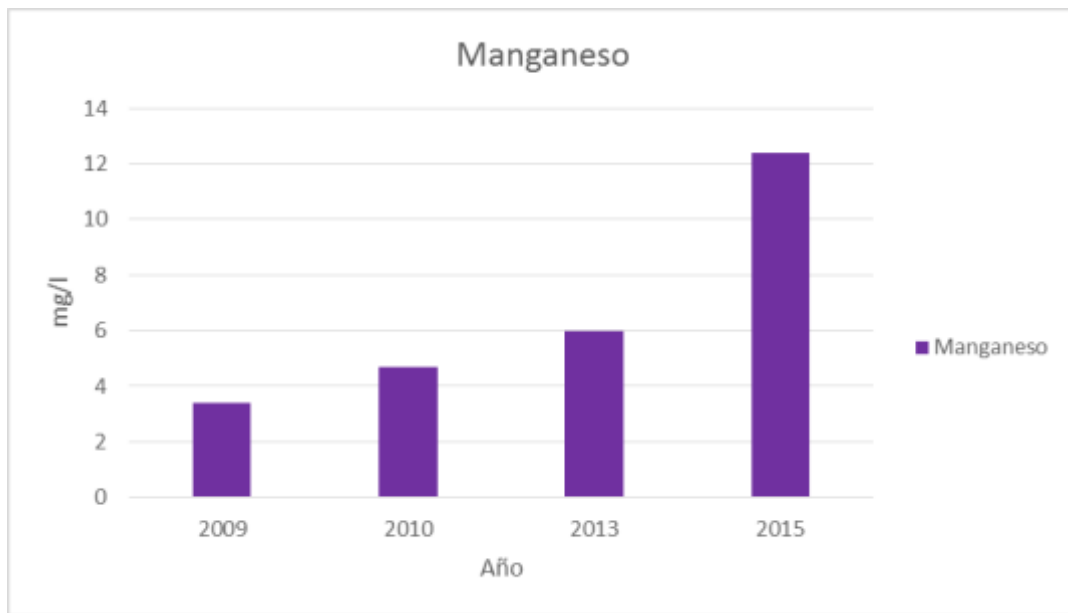


Figura 18 Resultados de Manganeso para los años analizados

En cuanto al Boro el resultado fue medio en los años 2009, 2010 y 2013 con valores de 0,2 mg/l, 0,2 mg/l y 0,3 mg/l respectivamente, solamente en el año 2015 el resultado fue alto con un valor de 4,3 mg/l. Los resultados de Boro los podemos observar en la figura 21:

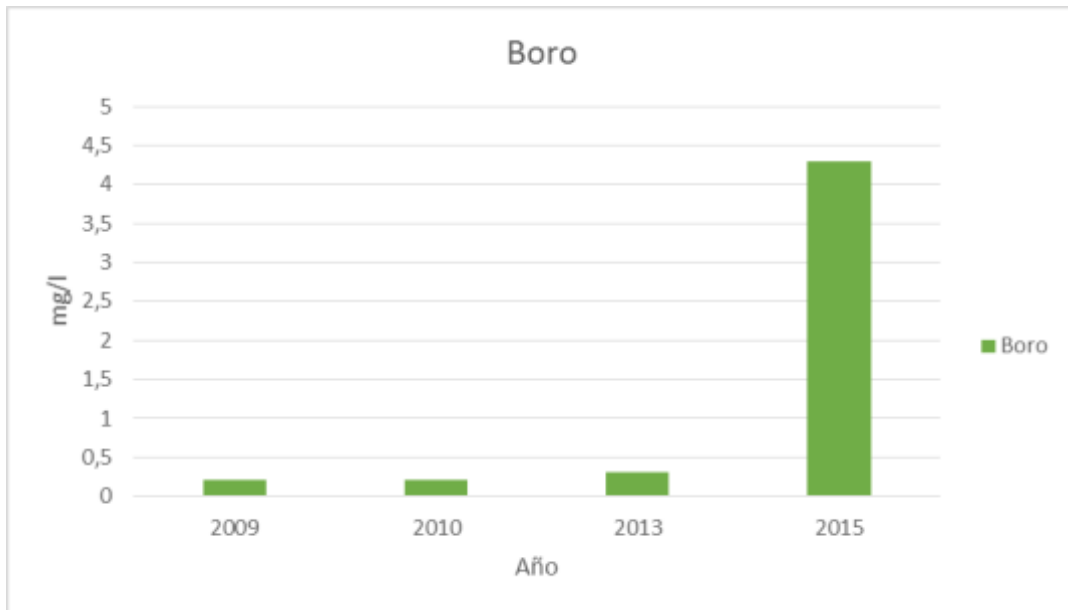


Figura 19 Resultados de Boro para los años analizados

En cuanto al Hierro todos los valores son altos en todos los años analizados con cantidades de 114 mg/l para el año 2009, 94 mg/l para el año 2010, 127 mg/l para el año 2013 y 115,6 mg/l para el año 2015. Los resultados de Hierro los podemos observar en la figura 22:

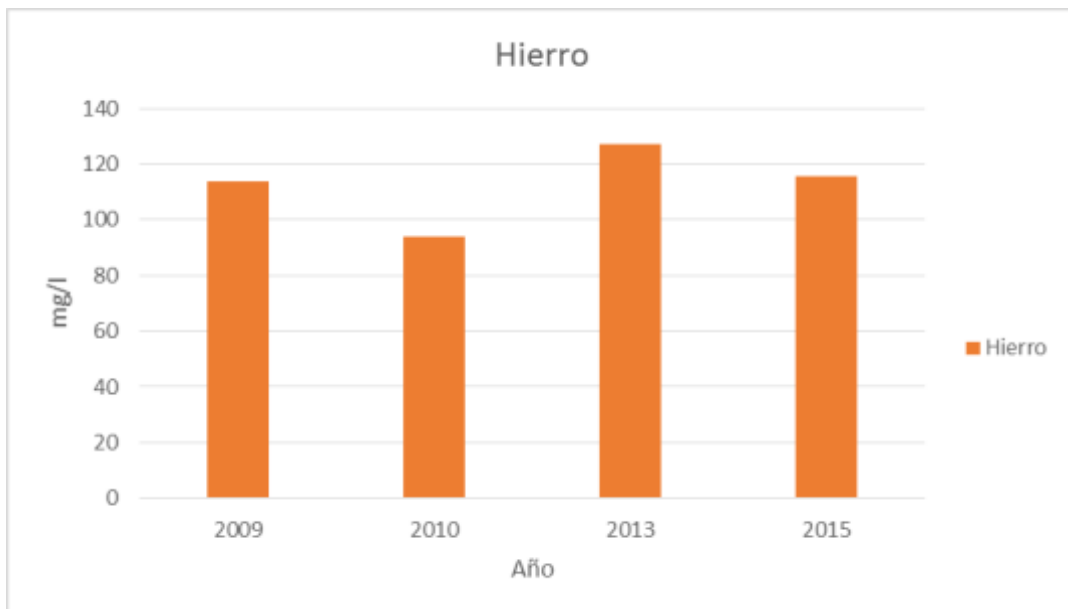


Figura 20 Resultados de Hierro para los años analizados

En el caso del calcio los resultados obtenidos fueron altos en los años 2009 y 2015 con valores de 12mg/l y 10,8 mg/l respectivamente, mientras que en los años 2010 y 2013 la concentración de Ca es baja en el suelo con valores de 3,8 mg/l y 4,5 mg/l respectivamente. Los resultados de Calcio los podemos observar en la figura 23:

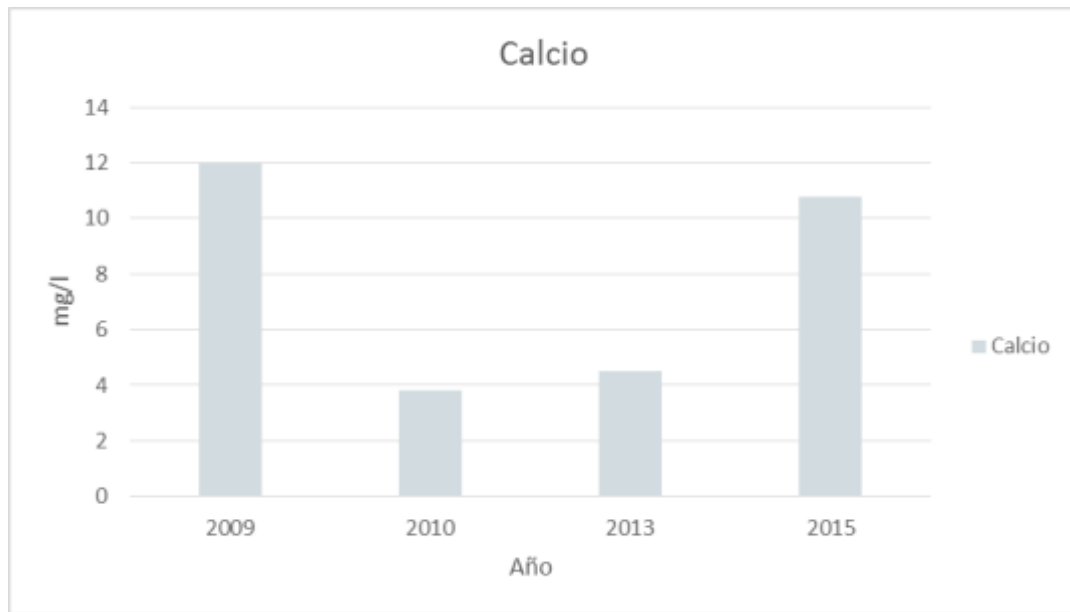


Figura 21 Resultados de Calcio para los años analizados

Para el magnesio los resultados obtenidos fueron altos en los años 2009 y 2015 con valores de 6,3mg/l y 4,5 mg/l respectivamente, mientras que en los años 2010 y 2013 la concentración de Mg es baja en el suelo con valores de 0,4 mg/l y 0,7 mg/l respectivamente. Los resultados de Manganeso los podemos observar en la figura 24:

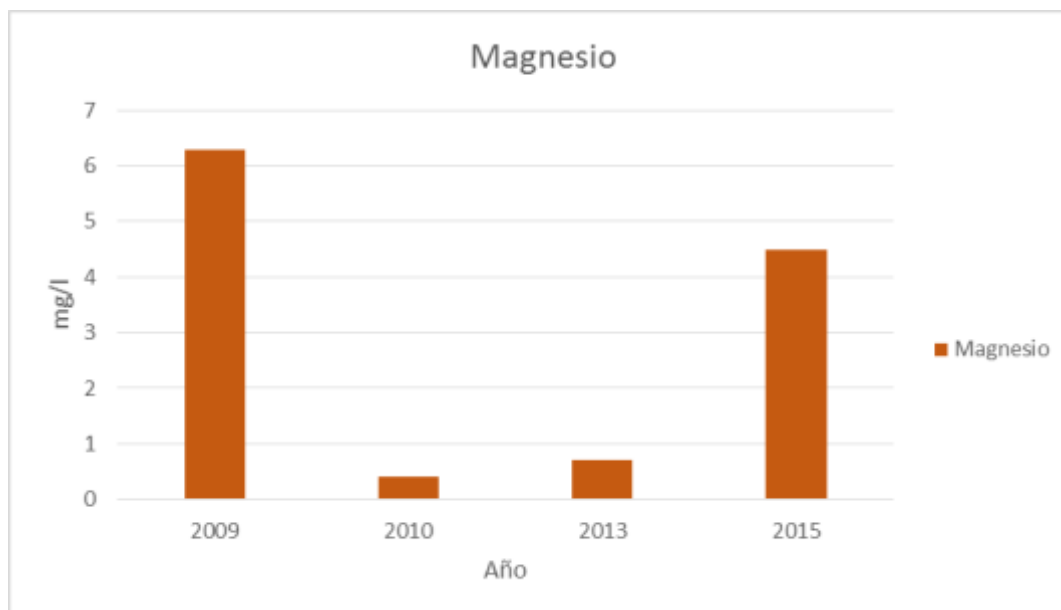


Figura 22 Resultados de Magnesio para los años analizados

Es evidente que el suelo estudiado presenta una proporción media y alta de micronutrientes según los años analizados; por ende no existe una limitación por la falta de aporte de estos elementos para los cultivos. Sin embargo se ha introducido estos elementos de forma artificial en el suelo, lo que puede hacer que el mismo trabaje de mejor manera pero se tendrá un impacto si los micro y macro nutrientes quedan en el suelo, el tiempo de vida útil de este ecosistema probablemente podría disminuir.

4.1.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

4.1.3.1 Materia Orgánica

Para el caso de los indicadores biológicos, solamente se tomó en cuenta un indicador, el más importante, la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. Con este indicador podremos saber si el suelo aún es propicio para que se desarrollen microorganismos que puedan mejorar su calidad.

Igualmente este indicador fue analizado durante todo el periodo de tiempo que indica el presente estudio (2009 al 2015)

La cantidad de materia orgánica que poseen los sectores estudiados se presenta en la tabla 15:

Tabla 15 Porcentaje de Materia Orgánica de los sectores analizados

Año	Unidades	Valores de MO	Nivel Crítico
2009	%	6,7	Alto
2010	%	4	Alto
2013	%	4,9	Alto
2015	%	5,7	Alto

Como se observa en la tabla anterior en el año 2015 se presenta 5,7% de materia orgánica considerándose un nivel alto en concentración siendo un suelo netamente apto para la agricultura. El porcentaje de materia orgánica se ha mantenido alto en todos los años analizados con valores de 6,7% para el año 2009, 4% para el año 2010, 4,9% para el año 2013 y 5,7% para el año 2015. También el resultado de materia orgánica en los años analizados, lo podemos visualizar en la figura 25:

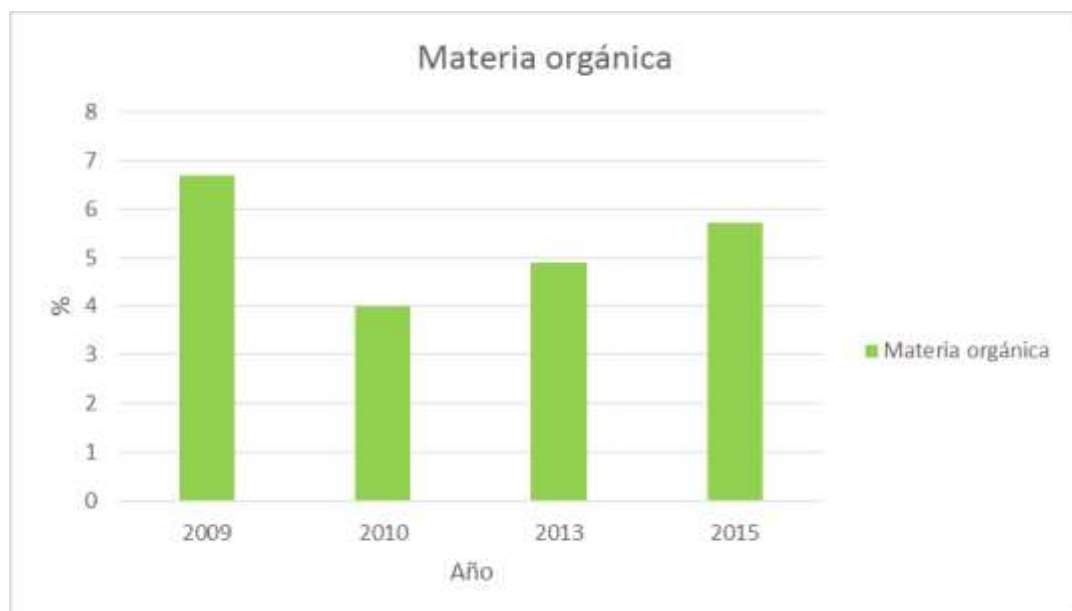


Figura 23 Resultados de Materia orgánica para los años analizados

4.2. CALIDAD DEL SUELO

Una vez obtenidos los valores de pH, macro y micronutrientes y materia orgánica, se procedió a calificar la calidad del suelo en los diferentes años analizados, tomando como referencia la tabla para obtener el ICS, propuesta por Serrano y Vargas, 2005. Los resultados de la calidad del suelo en los diferentes años analizados se muestran en la tabla 16 y también en la figura 26:

Tabla 16 ICS de los años analizados en cultivos de cacao

ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELO (ICS)					
PARÁMETROS	UNIDAD	Año 2009	Año 2010	Año 2013	Año 2015
Calcio	mg/l	3	1	1	3
Magnesio	mg/l	3	1	1	3
Hierro	mg/l	3	3	3	3
Zinc	mg/l	2	3	2	1
Manganeso	mg/l	1	1	2	2
Potasio	mg/l	2	1	2	3
Boro	mg/l	2	2	2	3
Nitrógeno	mg/l	1	2	1	1
Fósforo	mg/l	3	3	3	3
Materia Orgánica	%	3	3	3	3
pH		2	2	2	2
∑ Puntajes		25	22	28	27
∑ Puntajes * k		5,3	4,6	4,6	5,7
K=	0,21				
ICS		Moderada	Baja	Baja	Moderada

Donde: **1:** Bajo, **2:** Medio, **3:** Alto

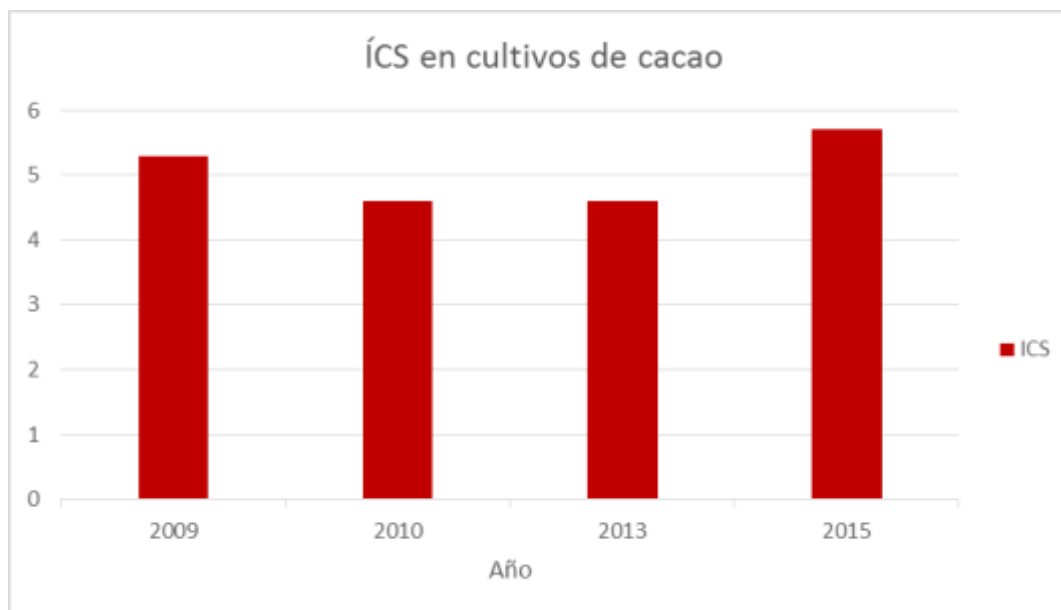


Figura 24 ICS para los años analizados

Como se muestra en la figura 26, la calidad del suelo en los cultivos de cacao de la UTE ha variado mucho en los últimos 7 años, resultando **“Moderada”** en los años 2009 y 2015 y siendo **“Baja”** en los años 2010 y 2013. Lo que nos da una idea de que el suelo en este tipo de cultivos se ha ido degradando por el uso de fertilizantes químicos y se mantiene de una clase de suelo moderada para abajo, es decir no tiende a ser una calidad de suelo alta.

4.3. COMPARACIÓN CRONOLÓGICA DE CALIDAD DEL SUELO

Una vez obtenida la calidad del suelo en los diferentes años analizados se procedió a elaborar la Tabla 17 para establecer una comparación y determinar cómo ha variado la calidad del suelo en los diferentes años analizados. Los resultados de calidad del suelo se muestran en la Tabla 17 lo que nos permitió realizar la comparación para sacar las conclusiones:

Tabla 17 Comparación cronológica del ICS de los años analizados en cultivos de cacao

Año	Calidad del suelo
2009	Moderada
2010	Baja
2013	Baja
2015	Moderada

Como se puede observar en la tabla 17, la calidad del suelo varía de baja a moderada en los años analizados, siendo baja en los años intermedios y moderada en los años extremos.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El estado nutricional del suelo, en el sitio de estudio, ha ido decreciendo con el pasar de los años debido al uso frecuente y en gran cantidad de fertilizantes químicos. Se puede evidenciar que la calidad del suelo, tomando en cuenta los nutrientes analizados, tiende a disminuir, esto lo podemos comprobar con los datos finales obtenidos de calidad del suelo (5,3 en el año 2009, que nos da como resultado un ICS “moderado”; 4,6 en el año 2010, que nos da como resultado un ICS “bajo”; 4,6 en el año 2013, que nos da como resultado un ICS “bajo”; y 5,7 en el año 2015, que nos da como resultado un ICS “moderado”), y en un futuro es probable que este suelo pueda perder su fertilidad.
- La selección de la zona de muestreo fue clave en la realización del estudio ya que se logró conocer el sector donde se ubicaba la mayor parte de plantaciones de cacao para así obtener un muestreo representativo.
- Se determinó mediante el análisis de las propiedades físicas, químicas y biológicas que el sector estudiado presenta un puntaje variable en el Índice de Calidad de Suelo, en los años 2009 y 2015 la calidad del suelo fue “**Moderada**”, mientras que en los años 2010 y 2013 la calidad del suelo fue “**Baja**”, por ende el uso de fertilizantes químicos ha tenido un impacto no favorable en la calidad del suelo. Si se sigue utilizando estos insumos en el suelo para mejorar los cultivos de cacao probablemente la calidad del suelo irá decayendo mucho más hasta quedar en una calidad más baja que la moderada.
- El uso de fertilizantes químicos en cultivos de cacao ha provocado degradación o pérdida de la calidad de suelo, pero no en su totalidad, ya que las concentraciones obtenidas en los análisis de macro, micronutrientes y materia orgánica son variables en los años

analizados, es decir, se han ido perdiendo propiedades de fertilidad del suelo para el desarrollo óptimo de cultivos de cacao, sin embargo esto todavía es controlable, ya que las propiedades de fertilidad no se han perdido completamente.

- En el análisis de la textura se obtuvo que los suelos destinados al cultivo de cacao se han mantenido con una clase textural franco arenosa, lo que indica que los fertilizantes no han afectado en forma drástica a esta propiedad física muy importante del suelo.
- En la comparación cronológica del índice de Calidad del Suelo en los años analizados, se determinó que la Calidad del Suelo no ha sobrepasado de la clase “moderada”, lo que indica que cronológicamente la calidad del suelo ha disminuido por el uso de fertilizantes químicos.
- Se demostró que el manejo de las zonas de uso agrícola no ha sido muy adecuado tanto para los cultivos como para el suelo ya que existen alteraciones en sus propiedades y características.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar estudios más profundos y de forma periódica para saber el estado de las zonas destinadas al uso agrícola ya que existen otros cultivos aparte del palmito.
- Se debe realizar una rotación de cultivos ya que el cultivo de cacao lleva varios años en la zona, esto no es recomendable porque el suelo empieza a desgastarse, o a su vez se debe combinar con otra variedad de producto para que no se trabaje a nivel de monocultivo que es perjudicial a lo largo del tiempo, se puede afectar aún más la calidad del suelo.
- El manejo del suelo tiene que ser monitoreado por lo menos cada año, para saber los aspectos que están fallando o cuales hay que mejorar para obtener los mejores resultados tanto de los cultivos como en la conservación de las cualidades del suelo.

- Se tiene que tomar en cuenta la posibilidad de utilizar otro tipo de fertilizantes aparte de los químicos, para que la calidad del suelo se mantenga o se pueda recuperar y no se vaya degradando mucho más que en la actualidad. El uso de fertilizantes orgánicos sería una buena opción para poder mantener y recuperar la calidad del suelo en los cultivos de cacao.
- Si se sigue utilizando fertilizantes químicos en los cultivos de cacao, es recomendable utilizarlos de forma racional, de manera que tengan un efecto favorable en el mejoramiento de la calidad del suelo, pero a su vez que no afecten a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Esto puede ser utilizar los fertilizantes químicos en cantidades no muy grandes o utilizar los fertilizantes químicos que tengan menos propiedades contaminantes en el suelo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ANECACAO. (2016). ANECACAO. Obtenido de ANECACAO: <http://www.anecacao.com/index.php/es/inicio.html>
- Batista, L. (2009). *El Cultivo de Cacao*. Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF.
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R. & Gutiérrez, C. (Mayo de 2004). *La calidad del suelo y sus indicadores*. Obtenido de La calidad del suelo y sus indicadores: www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/572/541
- Collazo, P., Padilla, V., Rondón, C., Contreras A. & Ortega, H. (20 de Mayo de 2012). *Los suelos*. Obtenido de Los suelos: <http://suelos-25dejulio.blogspot.com/2012/06/los-suelos.html>
- Cubero, D. & Vieira, M. (1999). *Abonos orgánicos y fertilizantes químicos. ¿Son compatibles con la agricultura?* Obtenido de Abonos orgánicos y fertilizantes químicos. ¿Son compatibles con la agricultura?: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_061.pdf
- DELCORP. (2016). *DELCORP NUEVOS HORIZONTES*. Obtenido de DELCORP NUEVOS HORIZONTES: <http://www.delcorp.com.ec/>
- Dorronsoro, C. (2014). *Introducción a la Edafología*. España: Universidad de Granada.
- Ecoagricultor. (2012). *Tipos de abonos orgánicos*. Obtenido de Tipos de abonos orgánicos: <http://www.ecoagricultor.com/tipos-de-abonos-organicos/>
- Eweis, J. (2000). *Principios de Biorrecuperación*. España: Mc Graw Hill.
- Gasteiz, M. (2010). *El suelo*. Obtenido de El suelo: <http://www.monografias.com/trabajos15/suelo-erosion/suelo-erosion.shtml>
- INIAP. (2013). *Toma de muestra para análisis de suelo*. Obtenido de Toma de muestra para análisis de suelo: <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/laboratorio-de-suelos-toma-de-muestras-para-analisis-de-suelo.pdf>
- LABIOTEC. (2015). *Informe de análisis de suelo*. Quito.

- MAE. (2015). Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Quito, Pichicnha, Ecuador.
- Miguel, J., Romero, P., & Moreno, F. (2011). *Guía Técnica de Cultivo de Cacao*. Obtenido de Guía Técnica de Cultivo de Cacao: http://biblioteca.catie.ac.cr/descargas/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf
- Ministerio de Agricultura de Colombia. (2002). *El suelo. Propiedades físicas y químicas, Conservación*. Obtenido de El suelo. Propiedades físicas y químicas, Conservación: <http://docplayer.es/5916403-Ministerio-de-agricultura-y-desarrollo-rural-programa-nacional-de-transferencia-de-tecnologia-agropecuaria-pronatta-funach-ascapam-union-temporal.html>
- Porta, J., Lopez, M., & Poch, R. (2014). *EDAFOLOGÍA. Uso y protección de suelos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad del suelo y nutrición mineral de las plantas. México.
- Sarmiento, A. (2009). *Composición del suelo*. Obtenido de Composición del suelo: <https://es-static-z-dn.net/files/daa/413ad8e8be187a6c3c47ef22bf9eef58.jpg>
- Serrano, E. & Vargas, H. (2005). Evaluación de la fertilidad de los suelos del departamento de Cundinamarca utilizando métodos geoestadísticos. *Análisis Geográficos*, 124-137.
- Trinidad, A. (2010). *Abonos orgánicos*. Obtenido de Abonos orgánicos: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>
- Villablanca, A. & Villavicencio, A. (16 de Mayo de 2010). *Los fertilizantes en la agricultura*. Obtenido de Los fertilizantes en la agricultura: http://platina.inia.cl/ururi/docs/Informativo_INIA-URURI_16.pdf







ANEXOS






























































































































































































































































ANEXOS

Anexo 1 Ficha de observación del terreno muestreado

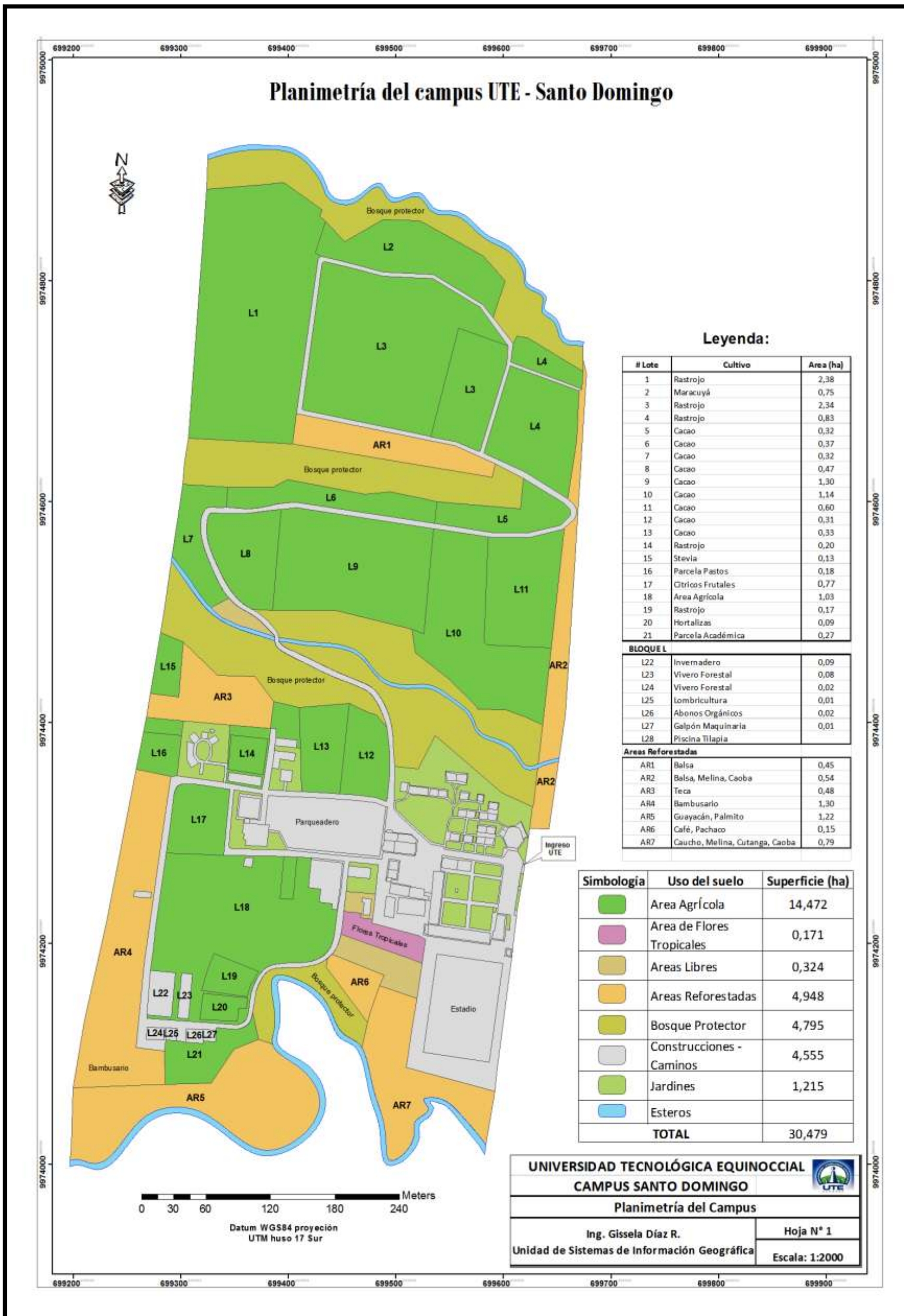
Localidad	Granja Experimental UTE - Santo Domingo		Visita a la zona Nº 1	Ficha Nº 1	
Comarca	1 hectárea		Fecha: 25/06/2015	Hora inicio: 13h00	Hora final: 16h00
Observadores	Estuardo Condoy				
Biotopo visitado	Suelos cultivos de cacao				
Climatología	Clima templado húmedo				
Impresión General	Clima despejado sin presencia de lluvia				
Especie Observada	Nº	Observaciones complementarias			Hora
<u>Theobroma cacao</u> <u>Familia Sterculiaceae</u>	1	Clima despejado templado húmedo			14h00

Anexo 2 Compatibilidad entre distintos fertilizantes utilizados en la agricultura


	Mezcla incompatible en seco y en estanque, no realizar		Cantidad soluble en agua limitada por punto de saturación de sal
	Mezcla compatible solo en estanque al momento de inyectar		Mezclas que generan calor, aplicar el ácido al agua, nunca al revés
	Mezcla de compatibilidad limitada en seco y en agua. Usar cantidad limitada		100% compatible en seco y en estanque

Nitrato de amonio																
	Nitrato de calcio															
		Amoníaco anhidro														
			Sulfato de magnesio													
				Úrea												
					Sulfato de amonio											
						Fosfato monoamónico										
							Fosfato diamónico									
								Fosfato monopotásico								
									Nitrato de potasio							
										Sulfato de potasio						
											Sulfato de magnesio anhidro					
											Nitrato de magnesio					
												Ultrasol inicial				
													Ultrasol desarrollo			
														Ultrasol crecimiento		
															Ultrasol producción	
															Ultrasol multipropósito	
															Ultrasol fruta	
															Ultrasol pinta	
															Ultrasol poscosecha	
															Ác. Fosfórico	
															Ac. Nítrico	
																Ac. Sulfúrico
																Agua

Anexo 3 Planimetría del campus UTE Santo Domingo



Anexo 4 Resultados de análisis de calidad del suelo año 2009



INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
Quevedo - Ecuador Teléfono: 750 - 967 Fax: 751 - 018

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Carrillo Zenteno Manuel Ing.
Dirección :
Ciudad : Quevedo
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : UTE
Provincia : Santo Domingo
Cantón : Santo Domingo
Parroquia :
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : Cacao
N° Reporte : 4333
Fecha de Muestreo : 19/03/2009
Fecha de Ingreso : 19/03/2009
Fecha de Salida : 19/03/2009

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		mcg/100ml			ppm					
	Identificación	Area		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
49101	Lote Palmito		6,0 MeAc	23 B	23	0,24 M	12	6,3	6 B	6,2 M	4,5	114	3,4 B	0,20 M

INTERPRETACION				
pH			Elementos: de N a B	
MAc - Muy Acido	LAc - Liger. Acido	-	Lige. Alotino	RC - Requiere Cal
Ac - Acido	PN - Pres. Neutro	-	Medio. Alotino	B - Bajo
MAc - Medio. Acido	N - Neutro	Al - Alcalino	-	M - Medio
				A - Alto

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH	- Suelo: agua (1:2,5)	Olson Modificado	
N,P,B	- Colorimetria	N,P,K,Cu,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
S	- Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobásico	
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	- Absorción atómica	BS	

W. Ardóñez

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

[Firma]

RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"

LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
Quevedo - Ecuador Teléfono: 750 - 967 Fax: 751 - 018

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	Carrillo Zenteno Manuel Ing.
Dirección :	
Ciudad :	Quevedo
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	UTE
Provincia :	Santo Domingo
Cantón :	Santo Domingo
Parroquia :	
Ubicación :	

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual :	Cacao
N° de Reporte :	4333
Fecha de Muestreo :	19/03/2009
Fecha de Ingreso :	19/03/2009
Fecha de Salida :	19/03/2009

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	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	Arena	Limo	Arcilla	
49101					6,7	1,9	26,25	76,25	18,54			65	28	8	Franco-Arenoso

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NN = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

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

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Conductímetro
M.O.	= Titulación de Walkley Black
Al+H	= Titulación con NaOH

[Firma]
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

[Firma]
RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 5 Resultados de análisis de calidad de suelo año 2010



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO			
NOMBRE: ING. MIRIAN RECALDE /SR. JOSE LUIS SANCHEZ		NOMBRE : PROYECTO DE INVESTIGACION/TESIS:				CULTIVO ANTERIOR: PALMITO			F. MUESTREO
DIRECCIÓN: UTE KM 4 1/2 VIA CHONE		PROVINCIA: TSACHILAS				CULTIVO PROXIMO : CACAO			F. INGRESO
CIUDAD: SANTO DOMINGO		CANTÓN : SANTO DOMINGO				DISTANCIA SIEMBRA : 3X3			25/03/2010
TELÉFONO:		PARROQUIA:				VARIEDAD: NACIONAL			F. SALIDA
FAX		UBICACIÓN:				EDAD: 1 AÑO			11/05/2010
						AREA QUE REPRESENTA: 1Ha			
						PROFUNDIDAD: 0 a 10 cm			

N° LAB.	DATOS LOTE	pH	ds/m C.E	ppm								
				% M.O	NH4	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
3458	17	5.41		4.09	33.65	20.31	15.12	94.0	9.70	8.30	4.70	0.23
		Ac.		M.O	M	A	M	A	A	A	B	M

R1 Fe/Mn	R2 Ca/Mg	R3 Ca/K	R4 Mg/K	R5 Ca+Mg/K	mg/100 g							
					K	Ca	Mg	Na	Al+H	Al	I Bases	C.I.C.E
20.00	7.88	21.44	2.72	24.17	0.18	3.86	0.49		0.35		4.53	
					B	B	B		B			


INTERPRETACIÓN			
Textura:	Elementos:	pH:	Conductividad eléctrica:
Fco. = Franco	B = Bajo	Ac. = Ácido	N.S. = No salino
Arc. = Arcilloso	M = Medio	Me.Ac. = Medianamente Ácido	L.S. = Ligeramente salino
Ar. = Arenoso	A = Alto	L.Ac. = Ligeramente Ácido	S. = Salino
LI. = Limoso	O = Óptimo	P. N. = Practicamente Neutro	M.S. = Muy Salino

Extractante: OLSEN MODIFICADO



ING. ELSA BURBANO
LABORATORIO DE QUÍMICA

Anexo 6 Resultados de análisis de calidad de suelo año 2013



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.ectp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Recalde Miriam Ing.
 Dirección :
 Ciudad : Santo Domingo
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : Finca Exp. UTE
 Provincia : Santo Domingo de los Tsáchilas
 Cantón : Santo Domingo
 Parroquia :
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : Cacao
 N° de Reporte : 003903
 Fecha de Muestreo : 28/08/2013
 Fecha de Ingreso : 25/10/2013
 Fecha de Salida : 01/11/2013

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	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	Arena	Limo	Arcilla	
68786					4,3 M	8,0	2,17	19,57	4,73			56	40	4	Franco-Arenoso
68787					4,6 M	7,1	2,33	19,00	6,00			60	36	40	Franco-Arenoso
68788					5,3 A	7,1	2,92	23,75	5,94			58	38	4	Franco-Arenoso
68789					4,9 M	6,6	2,00	15,33	4,90			56	40	4	Franco-Arenoso
68790					4,6 M	4,2	3,18	16,82	3,92			56	40	4	Franco-Arenoso
68791					5,6 A	5,0	2,73	16,36	3,82			58	38	4	Franco-Arenoso
68792					5,4 A	7,1	3,68	30,00	5,89			58	38	4	Franco-Arenoso

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

INTERPRETACION


Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl
B = Bajo M = Medio T = Tóxico	NS = No Salino LS = Lig. Salino S = Salino MS = Muy Salino	B = Bajo M = Medio A = Alto

ABREVIATURAS

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

METODOLOGIA USADA

C.E. = Conductímetro
 M.O. = Titulación de Walkley Black
 Al+H = Titulación con NaOH





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	
Nombre :	Recalde Miriam Ing.
Dirección :	
Ciudad :	Santo Domingo
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	Finca Exp. UTE
Provincia :	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón :	Santo Domingo
Parroquia :	
Ubicación :	

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual :	Cacao
N° Reporte :	003903
Fecha de Muestreo :	28/08/2013
Fecha de Ingreso :	25/10/2013
Fecha de Salida :	01/11/2013

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
68779	Tratamiento 1 Nacional	1.2 ha	6,0 MeAc	9 B	25 A	0,47 A	5 M	0,7 B	10 M	3,3 M	6,0 A	128 A	5,7 M	0,35 B
68780	Tratamiento 2 Nacional	1.2 ha	5,9 MeAc	13 B	37 A	0,30 M	5 M	0,7 B	9 B	3,5 M	6,5 A	129 A	6,0 M	0,34 B
68781	Tratamiento 3 Nacional	1.2 ha	5,8 MeAc	11 B	54 A	0,32 M	4 M	0,7 B	8 B	4,8 M	7,5 A	129 A	6,6 M	0,39 B
68782	Tratamiento 4 Nacional	1.2 ha	5,9 MeAc	10 B	20 M	0,37 M	3 B	0,7 B	9 B	2,2 M	7,9 A	119 A	5,7 M	0,35 B
68783	Tratamiento 5 Nacional	1.2 ha	5,8 MeAc	15 B	56 A	0,25 M	5 M	0,8 B	12 M	5,1 M	8,1 A	123 A	6,6 M	0,30 B
68784	Tratamiento 6 Nacional	1.2 ha	5,8 MeAc	25 M	54 A	0,21 M	6 M	0,9 B	10 M	5,7 M	6,0 A	134 A	5,7 M	0,33 B
68785	Tratamiento 7 Nacional	1.2 ha	5,8 MeAc	26 M	27 A	0,37 M	4 M	0,9 B	10 M	3,7 M	6,5 A	127 A	6,1 M	0,26 B

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

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH				= Suelo: agua (1:2,5)		Olsen Modificado
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	= Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio		= Turbidimetria
				A = Alto	= Absorción atómica	B S

Anexo 7 Resultados de análisis de calidad de suelo año 2015



ANÁLISIS, CONTROL, ASISTENCIA TÉCNICA Y
ASESORÍA AMBIENTAL

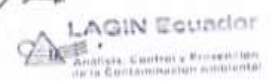
INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

ANÁLISIS SOLICITADO POR:	ESTUARDIO BOLIVAR GONDOY MEDINA
EMPRESA (LUGAR MONITOREO):	GRANJA EXPERIMENTAL UTE
DIRECCIÓN:	ETO. DOMINGO CORONADO UTE
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	2015/05/28
HORA DE TOMA DE MUESTRA:	10:00:00
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA:	2015/05/28
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA:	2015/07/21
PERIODO DE ANÁLISIS:	2015/05/28 al 2015/07/21
TIPO DE MUESTRA:	SAMPLE
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA:	SUELO CAFÉ OSCURO
MUESTREADO POR:	ESTUARDIO GONDOY MEDINA, PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA PT01
COORDENADAS:	800° 12' 46.3" W 07° 17' 30.3" S
IDENTIFICACIÓN:	GRANJA EXPERIMENTAL UTE

INFORME N°: 015-001

Nº	PARAMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LABORES USADO	METODOS DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES USADAS
1	FOSFORO TOTAL	P	mg/kg	CORPLAB	FUNKY ALCALINA PA-40-00	15.20	25%
2	NITROGENO TOTAL KJENDALL	NTK	mg/kg	CORPLAB	S.M. EN 20-2012, 4000 N ORD PA-72-00	15.12	25%
3	POTENCIAL HIDROGENO	pH	un pH	CORPLAB	EPA 8045 D, Rev. 04, 2004 PA-05-00	6.76	0.3
4	BORO (SOLUBLE EN AGUA CALIENTE)	B	mg/NO	CORPLAB	S.M. EN 20-301E, 4000 B.C -	4.30	25%
5	CALCIO *	Ca	mg/kg	CORPLAB	EPA 7120 EN 1996 -	10.20	25%
6	CORRE	Co	mg/kg	CORPLAB	EPA 8090 B, S.M. EN 20-2012, 31 PA-25-00	34.94	25%
7	HEBRO *	Fe	mg/kg	CORPLAB	EPA 3090 B, S.M. EN 20-2012, 31 PA-30-00	115.16	25%
8	MAGNESEO	Mg	mg/kg	CORPLAB	EPA 7010 EN 1996 -	4.48	25%
9	MANGANESE *	Mn	mg/kg	CORPLAB	S.M. EN 20-301E, 3111 B PA-36-00	15.48	25%
10	POTASIO	K	mg/kg	CORPLAB	EPA 7010 REV 3 1996 PA-38-00	3.3	25%
11	ASUPRE ELEMENTAL *	S	mg/kg	CORPLAB	TURBIDIMETRIC METHOD -	31.4	25%
12	ZINC	Zn	mg/kg	CORPLAB	S.M. EN 20-301E, 3111 B PA-18-00	0.992	25%
13	% ARENA*	% ARENA	%	CORPLAB	-	91.4	NA
14	% ARCILLA*	% ARCILLA	%	CORPLAB	-	6.70	NA
15	% LIMO*	% LIMO	%	CORPLAB	-	38.9	NA
16	CLASE TEXTURAL*	-	-	CORPLAB	GRANULOMETRIA	FRANCO-ARENOSO	NA
17	% MATERIA ORGANICA*	% MO	%	CORPLAB	WALKER & BLACK -	5.72	25%

Dra. Lilian Godoy
 CALIDAD LAGIN ECUADOR



Los resultados ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe.
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a análisis.
 No somos un laboratorio general o total, sino cualquier muestra, sus permisos son emitidos por el laboratorio.

DIRECCION: DE LAS MAGNOLIAS N46-26 Y DE LAS GARDENIAS, SECTOR LOS LAURELES
 TELEFONOS: (02)2449988 CEL: 0987954377/0984252025, Email: lagin@lagin.ec@hotmail.com