

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a cross, surrounded by various heraldic symbols including castles and lions. The text "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACCADEMIA" is inscribed along the top arc, and "GUATEMALENSIS INTER" along the bottom arc.

CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA PARA EL MANEJO DE
LA FERTILIDAD DEL SUELO EN PLANTACIONES DE
MANGO (*Manguifera indica* L. Var. *Tommy Atkins*), VALLE
DE LA FRAGUA, ZACAPA, GUATEMALA, 2016.

JORGE DAVID FRANCO SALGUERO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MAYO 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LA
FERTILIDAD DEL SUELO EN PLANTACIONES DE MANGO
(*Manguifera indica* L. Var. *Tommy Atkins*), VALLE DE LA FRAGUA,
ZACAPA, GUATEMALA, 2016.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

JORGE DAVID FRANCO SALGUERO

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MAYO 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**



RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	Br. Carla Marisol Peralta Lemus
Representante de Estudiantes:	PAE. Alberto José España Pinto
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda

TERNA EVALUADORA

Ing. Agr. José Luis Sagüil Barrera
Ing. Agr. Servio Darío Villela Morataya
Ing. Agr. Jury Edgardo Sancé Nerio

Chiquimula, Mayo 2017.

Señores:

Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Ciudad Chiquimula

Honorables Miembros

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado. **CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN PLANTACIONES DE MANGO (*Mangifera indica* L. Var. *Tommy Atkins*), VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA, GUATEMALA, 2016.**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"



JORGE DAVID FRANCO SALGUERO

Carné: 200742597

REF-PTG- FSCL-02-2017
Chiquimula, enero de 2017

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

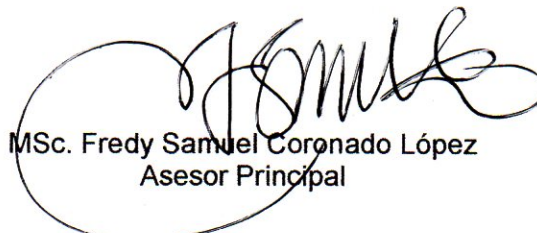
Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Jorge David Franco Salguero carné: 200742597 en el trabajo de investigación denominado **"CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO, EN PLANTACIONES DE MANGO *"Manguijera indica L. Var. Tommy Atkins"* DEL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA, GUATEMALA, 2016"**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he asesorado y orientado al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En nuestra opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



MSc. Fredy Samuel Coronado López
Asesor Principal



cc. Archivo

D-TG-A-014/2017

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **JORGE DAVID FRANCO SALGUERO** titulado “**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN PLANTACIONES DE MANGO (Manguifera indica L. Var. Tommy Atkins), VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA, GUATEMALA, 2016**”, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **Ingeniero Agrónomo**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a treinta de marzo de dos mil diecisiete.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdamez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Gracias por darme vida, sabiduría, entendimiento, salud y por derramar bendiciones en mí.
- A MIS PADRES:** Rudi Leonel Franco Lima y Sandra Eunice Salguero Portillo de Franco, mil gracias por el gran esfuerzo que realizaron para darme mis estudios. A ustedes estaré eternamente agradecido, los amo con todo mi corazón, este es el fruto de sus esfuerzos.
- A MIS ABUELOS:** José David Franco Mejía (Q.E.P.D) y María Lucia Lima (Q.E.P.D) Jorge Salguero Zúñiga (Q.E.P.D) y María Emilia Portillo, gracias por mis padres, por formar parte de mi historia y darme el mejor ejemplo de vida; en especial a mamaria por sus sabios consejos y por guiarme siempre por el camino de Dios.
- A MIS HERMANOS:** Randy Gerardo Franco Salguero y Keiry Eunice Franco Salguero (Q.E.P.D) gracias por su amor, la confianza y el apoyo que me brindaron siempre, porque este triunfo es de todos, que Dios los guarde y bendiga, los amo.
- A MIS TIOS Y TIAS:** Antonio (Q.E.P.D), Carlos (Q.E.P.D), Hugo, Byron, Romilio (Q.E.P.D), Rene, Dinora. Aura, Nery, Oswaldo, Eduardo, Apóstol, Sucela, Ronald. Quienes constituyen parte de mi vida, gracias por su apoyo, afecto y cariño.

A MIS PRIMOS

Y PRIMAS:

Luis, Henry (Q.E.P.D), Isabel, David, Carlos, Paty, Claudia, Rinita (Q.E.P.D), Hugo, Judith, Byron, Sandy, Dayana, Gerber (Q.E.P.D), Enrique, Fernando, Yoselin, Esther, José, David, Denis, Huguito, María José. Winnifred, Jorgito (Q.E.P.D), William, Edgar, Marcia, Danilo, Rosa María, Juan, Luis Eduardo, Dylcer, Marvin, Néstor, Jocelyn, Kenia, Olger, José, María Celeste, María Fernanda, Ronald y Astrid. Con cariño.

A MI ESPOSA:

Eyleen Melany gracias por tú apoyo incondicional porque tus esfuerzos por tener una buena familia, también se ven reflejados en este logro apoyándome e instándome a concluir esta etapa de mi vida, te amo.

A MI HIJO:

Jorge Leonel, tu que eres una bendición de Dios para mi vida, puedas ver en un futuro no muy lejano este logro como un ejemplo a superar.

A MIS SOBRINOS:

William Antonio, Luis David, Fátima Eunice, Sofía Monserrat tienen un lugar especial en mi corazón, que Dios los bendiga y permita que siempre puedan alcanzar sus metas.

A MIS CUÑADOS:

Luis Carlos Bardales (Q.E.P.D) y Orfa Iris Salguero. Emily Vargas y Carlos Vargas. Quienes forman parte de mi familia, gracias por su cariño.

A MIS SUEGROS:

Gracias por su hija, el haberla criado como una maravillosa mujer, gracias por su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Para Él sea la honra y la gloria.

“Porque Jehová da la sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia”. (Proverbios, 2:6)

A MI FAMILIA:

Porque siempre han estado conmigo cuando les he necesitado, por creer en mí, por su amor y fortaleza.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

(U.S.A.C.):

Tricentenaria Alma Mater de la educación superior en Guatemala.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION:

Cinthia Franco, Myrene Gregorio, Kevin Barillas, Erick Cienfuegos, Preveen Orellana y Ricardo Guevara gracias por el cariño y la amistad por ser parte de esos momentos inolvidables que compartimos, que recordaré. En especial a Juan Haroldo Jordán Arriaza (Q.E.P.D) gracias por tu valiosa amistad.

A MI ASESOR:

M.Sc. Fredy Samuel Coronado por su paciencia al ayudarme y apoyarme en la realización de este estudio de forma muy profesional y desinteresada.

A MIS PADRINOS

DE GRADUACION: Lic. Julio Cesar Duarte Cordón y Dr. Otto Leonel Hernández. Gracias por sus consejos apoyándome e instándome a concluir este estudio.

**A LA CARRERA
DE AGRONOMIA**

CUNORI: Por formarme como profesional.

**A MIS MAESTROS
DE TODA LA VIDA:**

Gracias por su paciencia al educarme y formarme paso a paso como un profesional.

AL ING. AGR.

MAX VIDAURRE: Por su amistad y apoyo constante, durante todo el proceso para poder culminar esta investigación.

AI ING. AGR.

EMERIO PORTILLO: Por su amistad y el apoyo al iniciar el trabajo de campo de esta investigación.

**A LOS
PRODUCTORES
DE MANGO DEL
VALLE DE LA FRAGUA,**

ZACAPA: Quienes con toda disponibilidad participaron y ayudaron para la realización de esta investigación.

USTED QUE LEE

ESTE DOCUMENTO: Por su interés en el contenido de este documento que he realizado con mucho esfuerzo y dedicación.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
Introducción	1
II Marco conceptual	3
2.1 Antecedentes históricos	3
2.2 Justificación	5
2.3 Definición y delimitación del problema	5
III Marco Teórico	7
3.1 Cultivo de mango	7
3.1.1 Taxonomía del cultivo de mango	7
3.1.2 Características botánicas del mango	8
3.1.3 Variedad de mango Tommy Atkins	10
3.1.4 Importancia Económica del mango	10
3.1.5 Uso del mango	12
3.1.6 Características edafoclimáticas para el cultivo del mango	13
3.2 El suelo y su calidad	14
3.3 Fertilidad del suelo	29
3.3.1 Componente físico	29
3.3.2 Componente químico	31
3.3.3 Componente biológico	32
IV Marco referencial	34
4.1 Ubicación del área de estudio	34
4.2 Características biofísicas del área de estudio	34
4.2.1 Zona de vida y clima	34
4.2.2 Suelos	34
4.2.3 Topografía	35
4.2.4 Hidrología	35
4.2.5 Flora y fauna	36
4.3 Características agronómicas de las fincas	36

4.3.1 Área total de plantaciones de mango	36
4.3.2 Variedades de mango explotadas en el valle de la Fragua	36
4.3.3 Rendimiento de frutos de mango en el valle de la Fragua	37
4.3.4 Fertilización de la plantación de mango	38
V. Marco metodológico	40
5.1 Objetivos	40
5.1.1 Objetivo general	40
5.1.2 Objetivos específicos	40
5.2 Descripción de la metodología	40
5.2.1 Nivel de la fertilidad de los suelos cultivados con mango en el valle de la Fragua	40
5.2.2 Índice de fertilidad química del suelo en relación con la edad de la plantación de mango	46
5.2.3 Lineamientos generales para el manejo de la fertilidad del suelo	47
5.3 Análisis de la información	47
VI. Resultados y discusión	48
6.1 Fertilidad del suelo en plantaciones de mango	48
6.1.1 Clase textual	48
6.1.2 PH de las plantaciones de mango	48
6.1.3 Materia Orgánica	50
6.1.4 Disponibilidad de fósforo y boro	51
6.1.5 Disponibilidad de K, Ca y Mg	54
6.1.6 Elementos menores (S, Fe, Mn y Zn)	56
6.1.7 Aluminio (Al)	60
6.1.8 Concentración de sales	61
6.1.9 Porcentaje de saturación de cationes con respecto al CICE	62

6.2 Índice de fertilidad química del suelo en relación con la edad de la plantación del Mango	64
6.3 Lineamientos generales	65
6.3.1 Fertilización del mango	66
6.3.2 Época de fertilización	68
6.3.3 Forma de la aplicación de los fertilizantes	69
6.3.4 Fuentes de fertilizantes	70
6.3.5 Plan de fertilización para el cultivo de mango	71
 VII. Conclusiones	 76
VII. Recomendaciones	78
IV. Referencias Bibliográficas	79
X. Anexos	85

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PAGINA
Figura 1. Áreas aptas para el cultivo de mango en Guatemala.	11
Figura 2. Desarrollo para plantaciones de mango en diferentes fincas evaluadas en el valle de la Fragua, Zacapa, 2014.	42
Figura 3. PH del suelo en plantaciones de mango en diferentes edades, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	49
Figura 4. Porcentaje de materia orgánica en plantaciones de mango con diferentes edades, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	51
Figura 5. Contenido de P asimilable en plantaciones de mango con diferentes edades, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	53
Figura 6. Contenido de boro asimilable en plantaciones de Mango con diferentes edades, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	54
Figura 7. Valores de potasio en los suelos de plantaciones de Mango de acuerdo a la edad del mango, en el valle de Fragua, Zacapa, 2015.	55
Figura 8. Valores de calcio en los suelos de plantaciones de Mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	56

CONTENIDO	PAGINA
Figura 9. Valores de magnesio en los suelos de plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	57
Figura 10. Valores de azufre en los suelos de plantaciones de Mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	58
Figura 11. Valores de Hierro y Manganeso en los suelos de plantaciones de acuerdo a la edad del árbol, en el Valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	59
Figura 12. Valores de Zinc en los suelos de plantaciones de Mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	60
Figura 13. Valores de aluminio intercambiable en los suelos de Plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	61
Figura 14. Valores de ClCe en los suelos de plantaciones de Mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	62

INDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1. Rango y contenido de fosforo determinado por el método de Olsen.	23
Cuadro 2. Rango y contenido de azufre determinado por el método de hidrogeno fosfato de calcio 0.1 M y determinación turbidrimetica.	24
Cuadro 3. Rango y contenido micro elementos de acuerdo al método de Olsen Modificado.	25
Cuadro 4. Rango y contenido de calcio, magnesio, potasio y sodio obtenido con el método de acetato de amonio y analizadas por absorción atómica.	26
Cuadro 5. Rango y categoría de aluminio por el método de con cloruro de potasio (KCl) y Análisis por espectrofotometría de absorción atómica.	28
Cuadro 6. Rendimiento de frutos de mango de acuerdo a la edad de la plantación, en el valle de la Fragua, Zacapa.	37
Cuadro 7. Fertilización por árbol y hectárea de acuerdo a la edad del árbol de mango.	38
Cuadro 8. Localización, Ubicación y área de las fincas de mango muestreadas en el valle de la Fragua, Zacapa, 2014.	43

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 9. Parámetros de fertilidad del suelo determinados en plantaciones de mango, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2014.	45
Cuadro 10. Puntaje para obtener la fertilidad química del suelo.	46
Cuadro 11. Clases texturales promedio de acuerdo al área de bosque natural y de las plantaciones de mango de acuerdo a la edad, en el valle de la Fragua 2015.	48
Cuadro 12. Clasificación de los niveles de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), Obtenidos de los análisis de porcentaje de Saturación de cationes con respecto al CICE, valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	63
Cuadro 13. Relaciones Ca/K, Mg/K, obtenidos de los análisis de porcentaje de saturación de cationes con respecto al CICE. valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	64
Cuadro 14. Índice de fertilidad química del suelo en relación con la edad de la plantación de mango, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	65
Cuadro 15. Plan de fertilización del cultivo de mango considerando la edad y el nivel de producción, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	67
Cuadro 16. Propuesta de fertilización para el cultivo de mango, de la variedad Tommy y el nivel de producción, en el valle de la Fragua, Zacapa, 2015.	74

RESUMEN

La caracterización de la fertilidad de los suelos de las plantaciones de mango de acuerdo a la edad de estas, en el valle de La Fragua, del departamento de Zacapa, demandó la utilización de la metodología para el estudio de los suelos, propuesta por el ministerio de Agricultura, Ganadería y alimentación (2002).

El estudio se realizó en las fincas productoras de mango de la variedad Tommy Atkins. El valle se encuentra a una distancia de 154 km de la ciudad capital de Guatemala y a 7 km de la cabecera departamental de Zacapa. El área se encuentra localizada geográficamente en las coordenadas 14° 57' 43" de latitud norte y 89° 35' 15" de longitud oeste del meridiano de Greenwich (IGN 1982).

Las plantaciones de mango que se encuentran en el valle de la Fragua, Zacapa se encuentran en suelos de textura arcillosa, con pH entre 6.7 a 8.7, materia orgánica entre 1.93% a 2.37%, los elementos fósforo y potasio se encuentran en el rango adecuado, el calcio y magnesio presentan un nivel alto lo que limita la asimilación de hierro, magnesio, zinc y fósforo. Los suelos presentan deficiencia de boro y la concentración de sales está en el rango de 6.18 a 18.32 Cmol (+)/L y las relaciones Ca/K, Mg/K, Ca/Mg y (Ca+Mg)/K se encuentran en niveles óptimos.

Los suelos ideales para el cultivo del mango son aquellos de textura limosa, profundos y con una capa mínima de 75 cm de profundidad, aunque lo ideal serían suelos de 1.0 a 1.5 m de profundidad y un pH entre 5.5 a 7.0. Puede desarrollarse bien en suelos arenosos, ácidos o alcalinos moderados, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente. El árbol de mango no es muy afectado por el tipo de suelo; sin embargo, en suelos mal drenados no crece, ni fructifica lo suficiente.

De acuerdo al análisis de fertilidad del suelo, muestra deficiencia del elemento Boro, lo cual puede ocasionar en el cultivo de mango, los síntomas siguientes: crecimiento lento de los tejidos apicales más jóvenes de la planta; las raíces y los ápices mueren y las hojas jóvenes se marchitan; los tallos se vuelven frágiles y se retuercen, ocurriendo

también la defoliación de la planta y los órganos reproductores (formación de botones florales y la fecundación) de la planta son afectados y producen el aborto de los frutos.

Al final los programas de fertilización empleados en las fincas productoras de mango, en el valle de La Fragua, Zacapa deben ser reemplazados por la propuesta planteada en el presente estudio, lo que aumentará la eficacia y eficiencia de los fertilizantes químicos aplicados y se tendrá un incremento en el rendimiento del árbol de mango.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento desmedido de la población y por consiguiente el incremento de la presión sobre el recurso suelo en Guatemala, se ha visto notablemente aumentada por la necesidad de las personas por producir alimentos, en cantidad y calidad suficiente para satisfacer sus demandas; en la mayoría de los casos sin considerar el hecho de que la tierra es un recurso no renovable, que a medida que es sometido a un aprovechamiento mayor a su capacidad de regeneración, puede presentar una degradación que puede ser prácticamente irreversible.

Es de suma importancia organizar la planificación de la producción, de tal forma que el aprovechamiento sea compatible con la capacidad productiva o potencial de los suelos, para lo cual es necesario elaborar un plan de manejo de la fertilidad de los suelos, para promover un uso sostenible del recurso. Es imperante la necesidad de armonizar la fertilidad del suelo con el aprovechamiento más racional posible, a fin de favorecer la producción que por un lado satisfaga las diversas necesidades de la población y que por otro contribuya al desarrollo de la región propiciando la conservación y sostenibilidad de la fertilidad del suelo a través del tiempo.

El presente estudio realizado en el año 2014, tuvo como finalidad la caracterización de la fertilidad de los suelos de las plantaciones de mango de acuerdo a la edad de estas, en el valle de La Fragua, Zacapa, a través de la determinación de las condiciones físicas y químicas del suelo.

Las plantaciones de mango se encuentran en suelos de textura arcillosa, con pH entre 6.7 a 8.7, materia orgánica entre 1.93% a 2.37%, los elementos fósforo y potasio se encuentran en el rango adecuado, el calcio y magnesio presentan un nivel alto lo que limita la asimilación de hierro, magnesio, zinc y fósforo. Los suelos presentan deficiencia de boro y la concentración de sales está en el rango de 6.18 a 18.32 Cmol (+)/L y las relaciones Ca/K, Mg/K, Ca/Mg y (Ca+Mg/K) se encuentran en niveles óptimos.

Por lo tanto, todas las plantaciones de mango evaluadas presentaron un índice de fertilidad moderado. Lo que facilitó el diseño de un programa de fertilización para el cultivo en el que se establecen los promedios de extracción del NPK de acuerdo a los rendimientos y la edad de la plantación; recomendando épocas de fertilización con relación al desarrollo fenológico del cultivo, las fuentes para la obtención de los elementos NPK y micro elementos y el manejo del proceso de fertilización.

II. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

La planificación del uso de la tierra considera el aprovechamiento de los recursos de una manera integrada y sostenida y su función más importante consiste en orientar las decisiones al respecto, de manera que el hombre haga el uso más beneficioso de los recursos naturales, conservándolos a la vez para el futuro.

La planificación debe basarse en objetivos que involucren actividades dirigidas a: asegurar los medios para la producción agrícola, proteger las tierras agrícolas, identificar y/o zonificar las tierras agrícolas y zonificar la distribución de los cultivos y/o sistemas de producción.

El gobierno de Guatemala a través del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), ha realizado varios intentos para dar a la agricultura un rumbo que corresponda con las necesidades de producción; lamentablemente la situación agropecuaria actual demuestra que los avances son poco significativos.

Principalmente, como producto de los acuerdos de paz, el gobierno asumió compromisos para impulsar el desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales, en donde la producción agrícola ha de ser un pilar fundamental, situación que demanda hacer un uso ordenado y planificado de las tierras, un profundo análisis y un adecuado manejo de los suelos.

En esta dirección, existen en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala – FAUSAC- y otras instituciones, estudios que orientan las acciones para el ordenamiento de la producción agrícola, por lo que sumándose a los mismos, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), realizó un

estudio denominado “Planificación del Uso de la Tierra del Centro Experimental ICTA-Cuyuta, Masagua, Escuintla”, con el propósito de ordenar el uso y manejo de las tierras de éste y otros centros de experimentación con que cuenta.

Debido a la biodiversidad, endemismos y amenaza en que se encuentra la región, la Fundación Defensores de la Naturaleza, con The Natura Conservancy (TNC), USAID y el proyecto JADE de la Cooperación Holandesa, realizaron un plan de conservación del patrimonio cultural y natural de la región semiárida del valle del Motagua, para su conservación. Los primeros esfuerzos se iniciaron en 2003, cuando se realizó el primer plan de conservación de sitio (PCS) y otra serie de estudios sobre la importancia biológica y el estado de la cobertura vegetal en la región (Valle *et al.*, y Mayen, citado por CONAP 2008).

En el plan indican entre otras cosas, que el mapa de cobertura forestal de Guatemala no considera al monte espinoso de la región semiárida del valle de La Fragua y Motagua como cobertura forestal, debido a que no existen registros del comportamiento del monte espinoso, surge la necesidad de hacer un estudio de su estado y sus dinámicas.

El estudio permitió analizar el porcentaje de intervención sobre el uso de la tierra en la región. A nivel cuantitativo, el monte espinoso ocupa 100.206 Ha (el 56% del total histórico) y la agricultura bajo riego ocupa el 1.04%, en especial por los cultivos de agroexportación. Los pastos naturales representan el 22.98%, la tierra agrícola preparada 7.99%, los huertos frutícolas 4.86%, las áreas expuestas 5.32%, los centros urbanos 0.51% y los cuerpos de agua 1.29%.

La mayor pérdida del bosque seco se tiene en la parte plana (áreas de producción), quedando los remanentes de bosque en las partes montañosas.

2.2 Justificación

En el valle de La Fragua, Zacapa, Guatemala se encuentran establecidas fincas con plantaciones del cultivo de mango. El valle se encuentra dentro de la zona denominada corredor seco de Guatemala, que se caracteriza por precipitaciones anuales promedio de 500 mm y con una evapotranspiración promedio de 800 mm, con una alta posibilidad de salinización y degradación de suelos.

En las fincas productoras de mangos se utilizan diversos insumos agrícolas como plaguicidas, fertilizantes e inductores de la floración aplicados al suelo, que contribuyen a cambios en el mismo. Por ejemplo, el uso excesivo de fertilizantes puede causar salinidad del suelo. Sin embargo, se desconoce si el cultivo de mango ejerce una influencia sobre la fertilidad de los suelos.

Por lo anterior se hace necesario realizar una evaluación del estado actual de la fertilidad de los suelos en las plantaciones mango, considerando las edades de cinco, diez, quince, veinte y veinticinco años. Lo anterior permitirá analizar el estado actual de la fertilidad del suelo cultivado con mango.

2.3 Definición y delimitación del problema.

En el valle de La Fragua, Zacapa, que pertenece al corredor seco de Guatemala, se caracteriza por escasez de precipitación, altas temperaturas y vegetación limitada. Los suelos en el valle son sometidos a una agricultura intensiva, caracterizada por la sobre dosificación de fertilizantes y plaguicidas, poca incorporación de materia orgánica y uso de agua (de mala calidad) para las actividades agrícolas.

Actualmente se desconoce la situación actual de la fertilidad de los suelos en el valle de la Fragua, cultivados con mango. La falta de esta información limita una planificación para el manejo sostenible del suelo especialmente. La presente

investigación se enfocará en las propiedades físicas y químicas del suelo en las fincas productoras de mango, para determinar el estado actual de la fertilidad del suelo considerando la edad de las plantaciones de mango.

De acuerdo a la Asociación de Productores de Mango de Zacapa, en el valle de La Fragua en el año 2014 se encontraban 87 fincas productoras, con una extensión promedio 6.35 hectáreas/finca y una extensión de 552.29 hectáreas. Las edades de las plantaciones se encuentran entre 1 a 30 años. El 81.20% de la producción de mango es de la variedad Tommy Atkins, seguida por las variedades Pasthe, Amini, Irwin, Kent y Haden. Los rendimientos van de acuerdo a la edad de la plantación y se encuentran rendimientos de 4.0 ton/ha para plantaciones de 4 a 5 años y entre 8 a 10 ton/ha para plantaciones mayores de ocho años.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Cultivo de mango

El mango es una planta originaria del sur de Asia, posiblemente India o Malasia, se ha cultivado desde la antigüedad en Asia principalmente, se le menciona dentro de la historia del Budismo (4,000 a. C.) pertenece a la familia de las Anacardiáceas, género *Mangifera*, especie indica que cuenta entre las Variedades más importantes la Tommy atkins, Haden, Irwin, Kent, Keitt, Zill (Rodríguez Cedillo *et al.* 2002; Asociación Nacional del Café, 2004).

De acuerdo a Álvarez (2009), se dice que el nombre del fruto, así como el del árbol, deriva del portugués "manga" que se refiere a un término malayo que se pronuncia "mangga" o "mangka", asonancias que se encuentran sobre los pendientes del Himalaya y como consecuencia, la transposición en las diferentes lenguas modernas conserva la radical portuguesa "mango" en español o en italiano, siendo llamado en alemán "mango baum" y en Holanda "mangga boom".

En el mercado nacional se encuentran 16 variedades de mango que se pueden agrupar en dos grandes grupos: las variedades criollas y variedades mejoradas, que son originarias de la Florida y son comúnmente conocidas como mango de mesa (Tomy Atkins, Keitt, Yulima, Kent, Haden, etc.). Algunas de éstas últimas, tienen dificultades de adaptación y comportamiento diferencial a la floración y productividad de acuerdo al ambiente en que se establezcan (Asohofrucol y Corpoica 2013).

3.1.1 Taxonomía del cultivo de mango

Para Mora Montero *et al.* (2002), la clasificación taxonómica del cultivo de mango, es la siguiente:

Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Suborden	Anacardiineae
Familia	Anacardiaceae
Género	<i>Mangifera</i>
Especie	<i>Mangifera indica</i>

3.1.2 Características botánicas del mango

Según Rodríguez Cedillo *et al.* (2002), las características botánicas del mango son:

La raíz principal penetra de seis a ocho metros, mientras que las superficiales se extienden en un radio de hasta 10 metros del tronco. Esta distribución le permite resistir condiciones de baja humedad.

La forma de ramificación del árbol depende, si es reproducido por semilla ó por injerto y del tipo de poda que se le aplique. En árboles reproducidos por semillas la ramificación es abundante y la altura puede llegar a más de 40 metros. En árboles injertados y podados, en cambio, la ramificación es menor llevando al final las ramillas floríferas y su forma es simétrica, con la copa más o menos esférica.

Las hojas aparecen al final de las ramillas. Su distanciamiento es muy irregular y lo determinan los períodos de crecimiento; al iniciarse éstos, las hojas aparecen muy juntas, al final más espaciado. Los pecíolos hinchados en la base, tienen un canal en el lado superior y miden de 5 a 25 mm de largo. La lámina es por lo general oblonga o lanceolada, con la base y el ápice agudo rara vez elípticos.

El tamaño de las hojas varía de 5 a 35 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho; los bordes son por lo común ondulados. El nervio central y los 15 a 30 nervios laterales son muy prominentes y el haz es duro y brillante, de color verde oscuro, mientras que el envés es amarillo verdoso.

La inflorescencia es una panícula que brota normalmente al final de una ramilla; en ciertos casos pueden aparecer inflorescencias laterales. En un árbol de mango hay un gran número de ramas floríferas y cada una de estas lleva miles de flores.

La antesis ocurre en la noche o en las primeras horas de la mañana. Las anteras se abren poco después del perianto y se tornan azuladas por el polen; para su apertura se requiere tiempo brillante y caluroso. El estigma puede ser receptivo aún antes de abrirse la flor y continúa haciéndolo por dos días. La polinización se hace en forma exclusiva por insectos, que son atraídos por el néctar que exuda el disco y trasladan los granos de polen a otras flores. La autoincompatibilidad es predominante pero se conocen variedades auto compatible.

La forma, tamaño y color del fruto varían mucho según el cultivar. El matiz básico es amarillo en la fruta madura, uniforme o con áreas rojas o verdes.

Cada fruto de mango, consta de una sola semilla, de forma ovoide u oblonga y están rodeadas por un endocarpio fibroso cuando maduran; la testa es fina y permeable; existen dos tipos de semilla, las monoembrióticas que contienen un embrión cigótico y las poliembriónicas las que contienen varios embriones, generalmente de éstos, solo uno es cigótico y las otros se generan de la nucela o tejido maternal.

3.1.3 Variedad de mango Tommy Atkins

Esta variedad de mango es de porte alto; fruta de color rojo intenso; peso del fruto de hasta 700 gramos; la semilla es pequeña y representa el 7% del peso total del fruto; tiene cáscara relativamente gruesa; es muy firme; posee pocas fibras y son muy pequeñas y delgadas. Es de buena calidad y regular de sabor; se considera de alta producción.

Uno de los problemas del Tommy, tiene que ver son que está sujeto al rompimiento fisiológico del fruto antes de la madurez, debido a bajos niveles de calcio; alta vulnerabilidad a ataques de hongos; pudrición interna del fruto, y nariz blanda principalmente; resistente al manejo de la fruta en plantación y postcosecha; algo tolerante a la antracnosis y al ataque de trips; pero susceptible a la pudrición interna de la fruta; ataque de bacteria en el tronco y de producción muy irregular y alternante (Asohofrucol y Corpoica 2013).

3.1.4 Importancia económica del mango

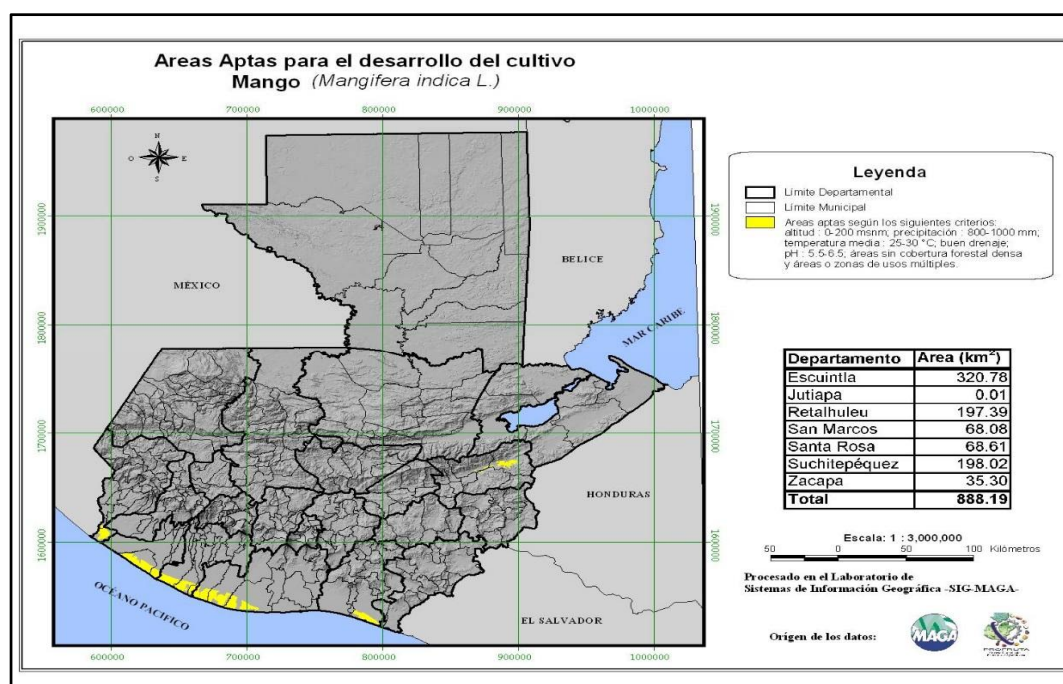
La producción mundial de mango ha sobre pasado las 27,965,746 TM. El principal productor mundial es India con el 39% mundial, otros productores importantes son China (13%), Tailandia (6%), Pakistán (6%), México (5%) e Indonesia (5%), entre otros. Las exportaciones mundiales de mango para el 2006, alcanzaron US\$ 645,287 millones o 957,349 TM. Los principales exportadores son: México con el 23%, Tailandia (13%), Brasil (12%), Pakistán (9%) y Perú (6%). Guatemala cuenta con el 1.23% de participación en el Ranking Mundial.

Las importaciones mundiales de mango durante el 2006, alcanzaron US\$ 734.141 millones equivalente a 957,349 TM. Los principales importadores son Estados Unidos (31%); Hong Kong (7%); Holanda (6.6%); China

(5%); Canadá (5%), Reino Unido (4%), entre otros. Del total de las importaciones de mango en el 2006 a nivel mundial, Europa tiene el 48.9% del mercado (MINECO 2008).

Guatemala, cuenta con 11,380 fincas productoras de mango, que albergan en total una superficie cultivada de 24,872 manzanas; y se prevé produzcan 3.5 millones de quintales de mango (INE 2006).

De acuerdo al MAGA (2008), del total de producción nacional, el departamento de Zacapa cuenta con el 82.5% de la misma albergando a 3,970 fincas, Retalhuleu con 5.66% de producción y 288 fincas; Escuintla con 2.8% y 535 fincas; El Progreso con 2.10% y 795 fincas; Alta Verapaz con 1.16% y 1,195 fincas; Suchitepéquez con 1.12% y 95 fincas y finalmente Guatemala, Santa Rosa, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango, Baja Verapaz, Petén, Chiquimula y Jutiapa con menos del 1% de producción (Figura 1).



Fuente: SIG-MAGA, 2014.

Figura 1 Áreas aptas para el cultivo del Mango en Guatemala.

3.1.5 Uso del mango

De acuerdo a Peralta Antonio (2013), el mango se comercializa en su estado natural (fresco) y procesado. Algunas de sus presentaciones son: mango en conserva, mermeladas, néctares, jugos, yogures, etc. En todas partes la fruta madura se come fresca, se consume como zumo, deshidratada, acaramelada o se utiliza en la producción de mermeladas. También se utiliza como un ingrediente importante en la mezcla de muchas bebidas y en helados (Peralta Antonio 2013; Financiera Rural de México 2010).

El mango tierno en los países asiáticos, se consume como verdura, como fruta fresca o en almíbar. Mientras que en algunos países latinoamericanos la fruta verde se consume con un poco de sal y picante (Peralta Antonio 2013; Financiera Rural de México 2010).

Todos los residuos del procesamiento de la fruta se pueden utilizar como forraje (sobre todo para cerdos). Las hojas tiernas son un excelente alimento para rumiantes, debido a su alto contenido de proteínas (8 a 9%) y de calcio. La corteza y las hojas del árbol contienen un colorante amarillo que se puede utilizar para tintura de telas. Su madera es excelente materia prima para producir carbón (Peralta Antonio 2013; Financiera Rural de México 2010).

Las propiedades medicinales del mango están en todas sus partes desde el fruto, las hojas, tallo, etc. Estas propiedades ayudan al aparato respiratorio (anti bronquítico y mucolítico por su vitamina C), aparato digestivo (laxante para nervios y estómago), aparato circulatorio (presión arterial alta y hemorragias), diabetes y piel (Peralta Antonio 2013; Financiera Rural de México 2010).

3.1.6 Características edafoclimáticas para el cultivo de mango

Para Mora Montero *et al.* (2002), las características edafoclimáticas para el cultivo de mango son las siguientes:

a) Temperatura en °C

El cultivo del mango está limitado a zonas de clima tropical y subtropical, debido principalmente a su susceptibilidad al frío. Las zonas cuya temperatura media anual oscila entre los 22 a 27 °C, son adecuadas para el desarrollo óptimo del mango. Existen diferencias dependiendo de la región de origen de las variedades. Las diferencias de temperatura entre el día y la noche son un factor muy importante en el proceso de inducción de la floración en aquellas variedades que son de origen subtropical.

La temperatura es un factor que también interviene en la viabilidad del polen, temperaturas bajas menores de 10 °C y mayores de 33 °C, afectan la vida del polen, siendo esta una de las posibles razones del bajo porcentaje de cuaje de frutos, que muestran algunas de las variedades comerciales que son de origen subtropical. Temperaturas altas durante la noche (28 a 32 °C) hacen que la fruta sea dulce y madure bien, pero los días calurosos y las noches frescas (12 a 20 °C), al parecer, ayudan a que la fruta desarrolle un color más atractivo.

b) Precipitación en mm

La distribución anual de la lluvia es muy importante, sobre todo en zonas tropicales, puesto que el mango requiere de un clima en el cual se alternen la época lluviosa con la época seca, esta última debe coincidir con la época de prefloración. La lluvia durante el período de

floración, de cuaje y crecimiento inicial del fruto puede provocar caída de flores y frutos por el ataque de enfermedades.

c) Humedad relativa en porcentaje

La humedad tiene un efecto directo en el intercambio gaseoso de las hojas e indirecto en crecimiento, floración y fructificación dado la influencia que tiene en el desarrollo de plagas y enfermedades.

d) Altitud en msnm

Las plantaciones productoras están limitadas a zonas que se encuentran por debajo de los 800 metros de elevación en clima tropical. Esto puede variar un poco dependiendo de la latitud y las condiciones de microclima.

e) Suelos

Los suelos ideales para el cultivo del mango son aquellos de textura limosa, profundos y con una capa mínima de 75 cm de profundidad, aunque lo ideal serían suelos de 1.0 a 1.5 m de profundidad y un pH entre 5.5 a 7.0. Puede desarrollarse bien en suelos arenosos, ácidos o alcalinos moderados, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente. El árbol de mango no es muy afectado por el tipo de suelo; sin embargo, en suelos mal drenados no crece, ni fructifica lo suficiente.

3.2 El suelo y su calidad

Para Farmer Education Program Resource Guide (2012), el suelo es un cuerpo natural conformado por minerales, aire, agua y materia orgánica. En la mayoría de los suelos se encuentra el volumen siguiente de materia: 45 % de minerales (material sólido), 25 % de aire, 25 % de agua y entre 2 % a 5% de materia

orgánica. Los suelos más fértiles tienen un 5% de materia orgánica y son usualmente de un color más oscuro.

La calidad óptima del suelo según Farmer Education Program Resource Guide (2012), para tiene las siguientes características:

- Sustentar actividades biológicas, diversidad y productividad.
- Regular y dividir el agua y el flujo de solutos.
- Filtrar, colocar barreras, degradar, inmovilizar y eliminar la toxicidad de materiales orgánicos e inorgánicos, incluyendo productos, derivados industriales y municipales y sedimentación atmosférica.
- Almacenar y establecer ciclos de nutrientes y otros elementos dentro de la biósfera de la tierra.
- Proveer apoyo para las estructuras socioeconómicas y la protección de los recursos arqueológicos

Desde el punto de vista agronómico, Ansorena Miner (1995), considera que el análisis de suelo proporciona una doble información, siendo estas:

- Cualitativa, que permite conocer el estado o nivel general de fertilidad del suelo, es decir; su carácter neutro, ácido o alcalino, su nivel de salinidad, o si su contenido de nutrientes, materia orgánica y elementos tóxicos es bajo, adecuado o alto.
- Cuantitativamente, el análisis físico-químico del suelo es la base de las recomendaciones de fertilización, que establecen las cantidades de enmiendas y fertilizantes a aplicar para obtener los máximos rendimientos de cosechas de calidad.

Además de las dosis de fertilización necesarias para reponer las cantidades de nutrientes minerales extraídos por los cultivos, el análisis de suelo permite cuantificar las acciones correctoras o de enmienda, tales como el encalado de

suelos ácidos, lavado de suelos salinos, bloqueo de contaminantes, etc. (Ansorena Miner 1995).

El suelo es un sistema abierto, dinámico, constituido por tres fases. La fase sólida está compuesta por los componentes orgánicos e inorgánicos, que a través de distintos arreglos dan lugar a la estructura del suelo. La forma (tipo), el tamaño (clase) y la resistencia (grado) constituyen parámetros para clasificar la estructura de los suelos. Estos arreglos también incluyen el espacio poroso dentro de los agregados y entre los agregados, que de acuerdo al diámetro de los mismos, cumplen la función de almacenar agua o de drenaje e intercambio gaseoso (Quiroga y Bono 2012).

Una propiedad física química o biológica del suelo es aquella que caracteriza al suelo; por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado el interperismo (desintegración por agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo (Sposito 1989 citado por Volke Sepúlveda *et al.* 2005).

Dentro de las propiedades del suelo se tienen:

a) Propiedades físicas

Las propiedades físicas del suelo son:

Textura del suelo. Está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla). La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie

sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica (Huerta Cantera 2010).

Las partículas de arena son de 0.05 a 2.0 mm y aumentan el tamaño de los espacios de los poros entre las partículas, facilitando el movimiento del aire y agua.

Las partícula de los limos va de 0.002 a 0.05 mm, tiene una velocidad de intemperización más rápida y una liberación de nutrimentos solubles para el crecimiento vegetal mayor que la arena. Estos tienen alta capacidad para retener agua para el crecimiento vegetal. Las partículas de limo se sienten suaves, semejantes a un polvo y tienen poca tendencia a reunirse o a adherirse a otras partículas (Buckman y Brady 1966 citado por Huerta Cantera 2010).

El tamaño de partículas de los suelos arcillosos es menor a 0.002 mm; con capacidad de retener agua contra la fuerza de gravedad. La fracción de arcilla, está compuesta de minerales que difieren en composición y propiedades en comparación con la arena y el limo. Cada partícula de arcilla tiene cargas eléctricas negativas en su superficie externa que atraen y retienen cationes de manera reversible. Muchos cationes como potasio (K^+) y magnesio (Mg), son esenciales para el crecimiento vegetal y son retenidos en el suelo por las partículas de arcilla (Huerta Cantera 2010).

Porosidad. Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen dos componentes inorgánicos como los son: agua y aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O_2) y

bióxido de carbono (CO_2) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (Aguilera Herrera citado por Huerta Cantera 2010).

Densidad Aparente. Es la medida en peso del suelo por unidad de volumen (g/cc), se analiza con suelos secados al aire o secados en la estufa a 110°C . La densidad aparente está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos (Aguilera Herrera 1989).

Casi todos los suelos minerales tienen una densidad aparente que varía de 0.4 a 2.0 g/cc. La densidad aparente es importante para estudios cuantitativos de suelo. Los resultados de las densidades aparentes son fundamentales para calcular los movimientos de humedad, los grados de formación de arcilla y la acumulación de los carbonatos en los perfiles de suelo, Los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales (Aguilera Herrera 1989).

Densidad Real. Un medio de expresión del peso del suelo se manifiesta según la densidad de las partículas sólidas que lo constituye. Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2.60 a 2.7 g/cc (Buckman y Brady 1966).

Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de partículas. Como consecuencia,

los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2.4 g/cc. También se le define como el peso de un volumen conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (Buckman y Brady 1966).

b) Propiedades químicas

Para Huerta Cantera (2010), la química de suelos es la ciencia que estudia las propiedades químicas del suelo y de sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes. Algunas propiedades químicas del suelo son:

pH del suelo. Depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas no solo porque determina su solubilidad, sino porque controla el tipo de actividad biológica y por lo tanto la solubilidad de la materia orgánica. Tiene efecto sobre iones y sustancia tóxicas, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), raíces y enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes. La determinación del pH en el laboratorio se realiza a través de Agua en suspensión 1:2.5 y determinación potenciométrica (Pérez Cáceres 2011; Bernier y Bartololameolli 2000).

Conductividad Eléctrica (CE). Los principales constituyentes de las sales comunes en los suelos son calcio, magnesio, sodio y potasio como cationes unidos a los iones sulfatos, cloruros, bicarbonato y en ocasiones nitratos. También se encuentran en ciertas condiciones algunos otros como Litio, Boro y metales pesados. El agua es un conductor muy pobre de la electricidad, pero cuando tiene sales disueltas puede conducirla en proporción directa a la cantidad de sales presentes.

Por lo anterior la Conductividad Eléctrica del extracto de saturación (CEe), es un indicador muy útil de la salinidad del suelo. La CE de la solución acuosa salinas aumenta a medida que aumenta la temperatura. (Amézquita, *et al.*, 1989 citado por Pérez Cáceres 2011).

Capacidad de Intercambio Catiónico. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de una muestra de suelo o de alguno de sus componentes, expresa: el número de moles de iones de carga positivos adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación de masa-solución dada. Un mol de carga positiva equivale a 6.02×10^{23} cargas de cationes adsorbidos (Huerta Cantera 2010).

En unidades SI la CIC se expresa en centimoles de carga positiva por kilogramo, cmol (+) kg⁻¹ o bien cmol kg⁻¹. Con anterioridad se venía utilizando como unidad el meq/100g, cuyo uso se halla todavía muy extendido. El valor numérico es el mismo con ambas unidades (Porta *et al.*, 2003, citado por Huerta Cantera 2010).

Materia Orgánica. Constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (Bornemisza 1982).

La determinación de la materia orgánica en el laboratorio se realiza a través de combustión húmeda y titulación (Bernier y Bartololameolli 2000). Según Bornemisza (1982), los procesos químicos en lo que interviene la materia orgánica son:

- Suministra los elementos nutritivos por la mineralización en particular la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponibles para las plantas.
- Estabiliza la acidez del suelo por su poder amortiguador.
- Contribuye a la capacidad de cambio catiónico de los suelos, importante para los suelos de textura arcillosa de tal capacidad de cambio y elevada retención de cationes.
- Regulariza los niveles de disponibilidad de nutrimentos principales y de elementos menores mediante la formación de sustancias orgánicas que constituyen compuestos solubles, no iónicos (complejos internos) con cationes de valencia variable, Estas sustancias llamadas quelatos, móviles en el suelo, son también importantes en los procesos edafogenéticos. Los ácidos orgánicos del suelo influyen de manera apreciable en la solubilización y movilización de componentes inorgánicos.
- La materia orgánica afecta algunas propiedades físicas muy importantes del suelo como lo son: la estructura del suelo, favoreciendo la formación de agregados individuales, reduciendo la agregación global del suelo y disminuyendo la plasticidad del mismo y el uso más eficiente del agua mejorando la infiltración del agua en el suelo.

Nitrógeno. Se caracteriza porque en el suelo está sometido a una permanente dinámica de transformación y síntesis de carácter bioquímico, incluye procesos de ganancia y pérdida del elementó en periodos relativamente cortos. La mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra

formando parte de la materia orgánica, solo del 5% al 10% se encuentra de formas inorgánicas amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) o nitritos (NO_2^-), casi todo el NO_2^- y el NO_3^- se encuentran en la solución del suelo (Pérez Cáceres 2011).

La determinación de N-Total, asociado con la determinación del nitrógeno orgánico, permite conocer la relación C/N, la cual es muy útil para hacer predicciones sobre cambios que puedan ocurrir respecto al nitrógeno cuando se descompone residuos orgánicos. Cuando la relación es alta (alto C y poco N) habrá tendencia a causar inmovilización neta, mientras que cuando la relación es estrecha habrá tendencia a mineralización neta. (Carrasco, 1981 citado por Pérez Cáceres 2011).

Relación Carbono/Nitrógeno. El contenido de carbono orgánico en el suelo puede expresarse directamente en valor porcentaje o ser estimado en forma de materia orgánica. En este caso el contenido de carbón orgánico se multiplica por 1.724 (factor de Van Bemmelen) y se basa en la hipótesis de que la materia orgánica del suelo tiene 58% de carbono.

La relación carbono/nitrógeno es un factor que influye sobre la velocidad de descomposición de la materia orgánica fresca en residuos orgánicos de los suelos, la relación es variable.

En suelos agrícolas la relación Carbono/Nitrógeno varía normalmente entre 8 a 14. En residuos provenientes de plantas jóvenes y gramíneas la relación oscila entre alrededor de 18 a 20; además, la relación disminuye a mayor descomposición, debido que se pierde carbono en forma gaseosa (CO_2), mientras que el N permanece en combinaciones orgánicas (Carrasco, 1981 citado por Pérez Cáceres 2011).

Contenido de P y S. El P es un elemento importante en la nutrición de las plantas y con frecuencia presenta limitaciones en la fertilidad de los suelos. El contenido de P disponible en el suelo se expresa en mg/l o ppm, siendo el nivel crítico de 10 mg/l, lo que significa que existe 10 kg de P por cada millón de kg de suelo. La mayoría de los suelos vírgenes o poco explotados presentan bajo contenido de este elemento.

Los suelos muy ácidos como los Ultisoles rojos y los suelos de origen volcánico como los Andisoles, presentan alta capacidad de fijación de P que disminuye aún más su disponibilidad para las plantas. Sólo los suelos que han sido manejados con cultivos intensivos durante muchos años y con dosis altas de fertilizantes, llegan a alcanzar valores altos de P, como ocurre con suelos cultivados con hortalizas y plantas ornamentales.

El nivel crítico de P es más alto cuando se trata de cultivos anuales de rápido crecimiento, como en el caso de la papa donde se ha establecido un nivel de 50 mg/l, o el melón donde se ha propuesto un valor de 30 mg/l y en términos generales el valor mínimo debería ser de 20 mg/l en suelos con cultivos intensivos bajos sistemas de fertirrigación (Molina 2011).

El fósforo extractable se determina por el método de Olsen, utilizando bicarbonato de sodio, 0.5 M, a pH 8,5. Las categorías de disponibilidad corresponden a rangos expresados en partes por millón (ppm) o miligramos por kilogramo (mg/kg) (cuadro 1).

Cuadro 1. Rango y contenido de fósforo determinado por el método de Olsen

Rango	Categoría
Menos de 5.0	Muy Bajo
5.1 – 10.0	Bajo
10.1– 20.0	Medio
20.1– 30.0	Alto
Mayor de 30.0	Muy alto

Fuente: Bernier y Bortolameolli 2000.

El S es un elemento limitante en suelos de origen aluvial con altos contenidos en Ca y Mg y en suelos con baja concentración de materia orgánica. Su determinación no siempre se realiza de rutina en los análisis de suelos ya que por lo general los laboratorios cobran un cargo extra por su análisis. El nivel crítico de S es de 12 mg/l. (Molina 2011).

El azufre extractable se determina por el método de dihidrógeno fosfato de calcio 0.1 M y determinación turbidimétrica. Las categorías de disponibilidad corresponden a rangos expresados en partes por millón (ppm) o miligramos por kilogramo (mg/kg) (cuadro 2).

Cuadro 2. Rango y contenido de azufre determinado por el método de dihidrógeno fosfato de calcio 0.1 M y determinación turbidimétrica.

Rango	Categoría
< de 6.0	Muy Bajo
6.1 – 12.0	Bajo
12.1– 20.0	Medio
20.1– 30.0	Alto
>30.0	Muy alto

Fuente: Bernier y Bortolameolli 2000.

- **Contenido de micronutrientes.** estos se presentan en cantidades muy pequeñas en los suelos y los procedimientos de análisis con frecuencia no son tan efectivos para determinar su contenido disponible real. El Zn es el elemento que resulta más confiable en el análisis utilizando la solución extractora de Olsen Modificado, siendo su nivel crítico de 3 mg/l.

El Cu rara vez presentan niveles bajos en los suelos, a menos que sean muy arenosos y bajos en materia orgánica. La mayoría de los suelos presentan contenidos adecuados de Fe y Mn y su concentración es alta en muchos suelos ácidos y de origen volcánico.

El método de Olsen Modificado tiende a sobrestimar la disponibilidad de estos nutrientes, debido a que el extractante ataca la materia orgánica liberando parte del Fe y Mn que se encuentra acomplejado en ella. El análisis de Fe y Mn tiende a presentar valores erráticos, por lo que los resultados son más útiles para determinar riesgo de toxicidad que para evaluar deficiencias (cuadro 3) (Molina 2011).

Cuadro 3. Rango y contenido microelementos de acuerdo al método de Olsen Modificado.

Elemento y método de extracción	Rango	Categoría
Cobre ppm Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA	< 0.1 0.1 – 0.3 0.3– 0.5 > 0.5	Muy Bajo Bajo Medio Alto
Cinc ppm Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA	< 0.25 0.25 – 0.50 0.50 – 1.00 > 1.01	Muy Bajo Bajo Medio Alto
Boro ppm Extrac con CaCl ₂ determ. Colorimétrica	< 0.2 0.2 – 0.5 0.5–1.0 > 1.0	Muy Bajo Bajo Medio Alto
Molibdeno ppm Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA	< 0.05 0.05 – 0.10 0.11–0.20 > 0.20	Muy Bajo Bajo Medio Alto
Hierro ppm Extrac con DPTA a pH 7 determinación EAA	< 2.5 2.5 – 4.5 > 4.5	Bajo Medio Alto

Fuente: Bernier y Bortolameolli 2000.

No existe un procedimiento confiable para el análisis de B disponible en los suelos, por lo que los resultados sólo sirven como valores de referencia y no resulta práctico utilizarlos para definir recomendaciones. En este caso resulta más confiable el análisis foliar (Molina 2011).

- **Relaciones catiónicas.** El contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) define el grado de fertilidad del suelo, especialmente el de los dos primeros. Los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos

de Ca y Mg, mientras que los suelos muy ácidos generalmente presentan deficiencias de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo. Si el suelo presenta una suma de bases inferior a 5 cmol (+)/l se considera que es de baja fertilidad, de 5-12 cmol (+)/l es de fertilidad media, y más de 12 cmol (+)/l es alta fertilidad (Molina 2011).

Durante la interpretación también se evalúa las relaciones entre los cationes Ca, Mg y K para determinar si existe algún desequilibrio. Para esto se calcula los cocientes de la división matemática de los contenidos en cmol-(+)/l de estos elementos. Por lo general el antagonismo principal que se presenta es la relación de Ca y/o Mg con respecto al K (Molina 2011).

Las bases de intercambio se determinan por extracción con acetato de amonio y analizadas por absorción atómica. Las diferentes categorías de disponibilidad se señalan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Rango y contenido de calcio, magnesio, potasio y sodio obtenido con el método de acetato de amonio y analizadas por absorción atómica.

Elemento	Rango	Categoría
Calcio intercambiable Cmol (+)/kg Acetato de amonio 1.0 M determinación EEA	<2.0 2.01 – 5.00 5.01– 9.00 9.01 – 15.00 >15.01	Muy Bajo Bajo Medio Alto Muy alto
Magnesio intercambiable Cmol (+)/kg Acetato de amonio 1.0 M determinación EEA	<0.25 0.26 – 0.50 0.51– 1.00 1.01-2.00 >2.01	Muy Bajo Bajo Medio Alto Muy alto
Potasio intercambiable Cmol(+)/kg Acetato de amonio 1.0 M determinación EEA	<0.12 0.13 – 0.25 0.26 – 0.51 0.52 – 0.64 >0.65	Muy Bajo Bajo Medio Alto Muy alto

Sodio intercambiable Cmol (+)/kg Acetato de amonio 1.0 M determinación EEA	<0.15	Muy Bajo
	0.16 – 0.20	Bajo
	0.21 – 0.30	Medio
	0.31 – 0.40	Alto
	0.41 – 0.51	Muy alto
	>0.51	Muy Alto
Suma bases intercambio Cmol (+)/kg (Suma de Ca+Mg+K+Na)	<3.00	Muy Bajo
	3.01– 6.00	Bajo
	6.01 – 11.00	Medio
	11.01 – 15.00	Alto
	>15.01	Muy alto

Fuente: Bernier y Bortolameolli 2000.

Cada catión (intercambiable) debe encontrarse en el complejo de intercambio entre ciertos límites porcentuales, que son los siguientes:

Calcio (Ca)	60 a 80 % de la CIC
Magnesio (Mg)	10 a 20 % de la CIC
Potasio (K)	2 a 6 % de la CIC
Sodio (Na)	0 a 3 % de la CIC

Además, que estos cationes deben encontrarse en determinadas relaciones, como las que se indican a continuación.

- **Relación calcio: magnesio (Ca / Mg).** Un exceso de calcio (Ca) intercambiable puede interferir la absorción del magnesio (Mg) y del potasio (K). Si la relación Ca/Mg, expresados ambos en cmol(+)/kg, es mayor de 10, es posible que se produzca una deficiencia de magnesio. La relación óptima Ca/Mg es alrededor de 5.
- **Relación potasio: magnesio (K/Mg).** Esta relación debe estar comprendida entre 0.2 y 0.3. Si esta relación es mayor de 0.5 pueden producirse deficiencias de magnesio por efecto antagónico de potasio. En cambio, si la relación es de alrededor 0,1, se puede producir una deficiencia de potasio inducida por el magnesio.

- **Exceso de sodio (Na).** Un exceso de sodio produce deficiencias de calcio y de magnesio. Cuando el sodio está en una proporción mayor al 10% de la CIC pueden existir problemas de salinidad de tipo sódico.
- **Determinación de aluminio de intercambio (Al).** Para Bernier y Bortolameolli (2000), el Al de intercambio se determina por extracción con cloruro de potasio (KCl) y análisis por espectrofotometría de absorción atómica. Las categorías de disponibilidad y de porcentaje de saturación de aluminio, por tratarse de elementos agrónomicamente negativos, deben considerarse en forma inversa a la de los cationes de intercambio. Es decir, los valores bajos son más deseables que los altos (cuadro 5).

Según Bernier y Bortolameolli (2000), el porcentaje de saturación de aluminio se calcula determinando la proporción de Al de intercambio que se encuentra en la CICE, siendo la CICE la suma de los cationes de intercambio más el Al intercambiable (cuadro 5).

Cuadro 5. Rango y categoría de aluminio por el método de con cloruro de potasio (KCl) y análisis por espectrofotometría de absorción atómica.

Elemento	Rango	Categoría
Aluminio intercambiable cmol (+)/kg Extracción con KCl 1M, determinado por EAA	< 0.10	Muy Bajo
	0.11 – 0.25	Bajo
	0.26 – 0.50	Medio
	0.51 – 0.80	Alto
	> 0.81	Muy alto
Saturación Aluminio % (Al int/Suma de bases +Al int) * 100	< 1.09	Muy Bajo
	1.10 – 3.09	Bajo
	3.10 – 6.09	Medio
	6.10 – 12.09	Alto
	> 12.10	Muy alto

Fuente: Bernier y Bortolameolli 2000.

3.3 Fertilidad del suelo

Según Sánchez V. (2007), la fertilidad del suelo es una cualidad de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales (fertilidad química) pero que no está provisto de buenas condiciones físicas y viceversa. Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos (Sánchez V. 2007).

El suelo, como componente del sistema de producción suelo-planta-clima-manejo es a su vez un sistema por sí mismo, y que por lo tanto funciona como una unidad, en respuesta a la interacción directa de todos sus componentes. La potencialidad de un suelo radica en contribuir a la acción articulada de cada uno de sus fracciones particulares (Bertsch 2001).

De acuerdo a Bertsch (2001), los componentes del sistema nutricional del suelo son: físicos, químicos y biológicos.

3.3.1 Componente físico

Es lo primero que salta a la vista. Lo que más se mide es la textura, sin embargo, para una identificación de problemas quizá esta característica resulte muy general. Interesa más tener claridad sobre el tipo de coloide predominante en el sistema y su comportamiento (Bertsch, 2001).

Para Bertsch (2001), tres de las propiedades físicas más relevantes, por su interacción con el aspecto nutricional, son:

- Profundidad de la capa arable. Mayor profundidad indudablemente ofrece al cultivo un mayor ámbito de exploración, mejor agarre, y mayor volumen para amortiguar los efectos que el sistema de producción establecido sobre ese suelo está ocasionando sobre el ecosistema.
- Compactación desde el punto de vista de capa dura que dificulta la penetración física de las raíces, e inhibe su desarrollo por falta de oxígeno. La compactación es un producto directo del manejo del suelo con maquinaria o el tránsito excesivo y aunque puede ser manejable, en general con el tiempo conduce a deterioro. Así que, lo primero que habría que hacer es revisar las prácticas de manejo que incluyan maquinaria, valorar su indispensabilidad y reducirlas al mínimo.
- Contenido de humedad, propicia la falta de oxigenación y modifica la disponibilidad de los elementos sensibles a las reacciones REDOX. El exceso de agua en la zona radical, producida por el mismo efecto de compactación o por rompimiento local de la estructura, incluso en casos extremos, al cavar inadecuadamente un agujero para la siembra, produce el mismo efecto de falta de oxigenación mencionado anteriormente y por lo tanto, de impedimento a la raíz para respirar y de inhibición de la absorción.

A esto se une además, el hecho de que la presencia de condiciones locales reducidas puede conducir a la ocurrencia de reacciones REDOX en los 4 elementos que se ven afectados por ellas: el N, el Fe, Mn y S, con sus respectivos cambios de disponibilidad.

El N, si está como nitrato y se reduce, se desnitrifica y por lo tanto sale en forma gaseosa del sistema. El S forma compuestos sulfhídricos, y se torna no absorbible, y los otros dos, el Fe y el Mn, pueden, bajo condiciones reducidas, aumentar considerablemente sus formas divalentes, que son absorbibles por la planta, y por lo tanto, causar hasta intoxicaciones (Bertsch 2001).

3.3.2 Componente químico

Desde un enfoque propiamente químico, según Bertsch (2001), las limitantes nutricionales que se presentan con más frecuencia, por lo general, pueden asociarse con alguno de estos cuatro aspectos:

- El tipo de sistema coloidal dominante y el conocimiento y comprensión que se tenga del mismo,
- El tipo de elemento del que se trate,
- El tipo de sistema de cultivo que se tenga, y
- El manejo que se le ha efectuado.

Que el coloide dominante sea un material 1:1 o una mezcla de coloides orgánicos, es el factor que introduce las principales diferencias en las potencialidades nutricionales de un suelo. No es lo mismo contar con una superficie específica muy extensa, con carga negativa generada principalmente en sus capas externas por sustitución isomórfica permanente (Bertsch 2001).

También, las limitantes químicas cambiarán según las exigencias que tengan cada cultivo y el grado de intensidad de manejo que tenga el sistema. No será lo mismo la importancia de una deficiencia de Zn en una plantación perenne de mango, por ejemplo, sembrado a 5 x 5 m entre

árboles y que produce una vez al año, a la relevancia que tendrá en un cultivo de arroz, inundado, de alta densidad, cosechado dos veces al año.

Igualmente, la importancia de un elemento como K en un suelo aluvial será diferente si se evalúa en una plantación de melón (fruta altamente demandante de K), o en un pasto. La relevancia de un problema de N en una plantación convencional de café, con rendimientos esperados de 30 t/ha, también diferirá en magnitud a la que presenta una plantación manejada orgánicamente con una aspiración de producción de 20 t/ha (Bertsch 2001).

Por último, químicamente, dada la dinámica que caracteriza al sistema suelo, quizá el factor que más repercute en generar nuevas limitantes nutricionales en un suelo dado, lo constituyen las prácticas de manejo nutricional que se ejecuten sobre ese sistema, como pueden ser el encalado, la fertilización, la aplicación de abonos orgánicos, etc. (Bertsch 2001).

3.3.3 Componente biológico

La inclusión del componente biótico como participante activo, e incluso, si se le conoce y se le maneja adecuadamente, como factor determinante de la función nutritiva de un suelo, es un avance en el estudio de la fertilidad de suelos (Bertsch 2001).

Los aspectos del componente biológico más importante de acuerdo a (Bertsch 2001), son los siguientes:

- La rizosfera.
- El poder amortiguante y la capacidad almacenadora del componente orgánico.

Por rizosfera se entiende la zona del suelo en contacto con la raíz que ya no se puede considerar ni suelo ni raíz dada la fuerte interacción entre ambos componentes. En esta zona ocurren una serie de reacciones químicas producto de las condiciones específicas del sitio y una actividad particularmente alta de la población microbial (Bertsch 2001).

El otro aspecto que el componente orgánico introduce es el aumento en la capacidad amortiguadora. Esto significa que ante cambios en el sistema, la presencia de compuestos orgánicos puede ayudar a aminorar o minimizar los efectos. En términos generales, cualquier exceso en el manejo complica el funcionamiento de un sistema, mientras que la diversidad resulta una herramienta muy útil para enfrentar los problemas biológicos del suelo (Bertsch 2001).

IV. MARCO REFERENCIAL

4.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el valle de La Fragua, Zacapa, en las fincas productoras de mango de la variedad Tommy Atkins. El valle se encuentra a una distancia de 154 km de la ciudad capital de Guatemala y a 7 km de la cabecera departamental de Zacapa. El área se encuentra localizada geográficamente en las coordenadas 14° 57' 43" de latitud norte y 89° 35' 15" de longitud oeste del meridiano de Greenwich (IGN 1982).

4.2 Características biofísicas del área de estudio

4.2.1 Zona de vida y clima

De acuerdo la zonificación propuesta por De La Cruz (1981), el área está ubicada en la zona de vida Monte Espinoso Subtropical. La superficie total de esta zona de vida es de 928 kilómetros cuadrados que representan 0.85 por ciento de la superficie del país. La vegetación natural está constituida mayormente por arbustos y plantas espinosas.

Según De La Cruz (1981), la precipitación en el área de estudio varía en un rango de 500 a 650 mm anuales. La humedad relativa promedio oscila entre 60 a 72%, la presión atmosférica media es de 989.1 milibares y la evapotranspiración potencial presenta valores entre 600 y 800 mm anuales la velocidad del viento alcanza 4.5 km/hr. La temperatura promedio varía entre 22 a 28 °C.

4.2.2 Suelos

El área de estudio se encuentra en las inmediaciones del río Motagua e incluyen suelos formados de filitas, esquistos, dioritas, serpentinas, gneis;

pueden considerarse inclusiones, algunas calizas que se localizan dentro de esta región, sobre todo en el extremo este en el departamento de Izabal. Entre los usos de la tierra predominantes en esta región, se encuentran, tierras con bosques, cultivos de subsistencia (maíz y frijol).

De acuerdo a la Clasificación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), citado por INAB (2011), las áreas de la región del valle del Motagua, presenta aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados en forma intensiva o extensiva y no requieren o, demandan muy pocas, prácticas intensivas de conservación de suelos. Pueden ser objeto de mecanización.

4.2.3 Topografía

La topografía está constituida por aluviones cuaternarios y rocas ultra básicas de edad desconocida. El paisaje fisiográfico está caracterizado por meandros antiguos y bien desarrollados que están abandonados. Una gran porción de la región tiene pendientes muy poco pronunciadas (<5%), aunque en todos los alrededores la topografía es muy accidentada (Castañeda 1997).

4.2.4 Hidrología

La fuente de agua para riego en las áreas de estudio del municipio de Zacapa y Estanzuela, es derivada del río Grande, a través de una presa ubicada en la aldea Santa Rosalía. Con el agua derivada se abastecen las Unidades de Riego de La Fragua, Guayabal y Llano de Piedras, por medio de los canales revestidos. El área del municipio de Río Hondo se abastece de los riachuelos que nacen en la sierra de las minas.

4.2.5 Flora y Fauna

La vegetación está conformada por árboles, arbustos espinosos y malezas. Algunas especies botan las hojas al inicio de la estación seca y brota al inicio de la estación lluviosa (caducifolias), y con presencia de espinas (más del 50% de la composición vegetal) (Castañeda 1997).

4.3 Características agronómicas de las fincas

Los resultados de las observaciones de campo realizadas en plantaciones comerciales de mango en el valle del Motagua, con edades comprendidas entre los dos y 28 años de edad, muestran lo siguiente:

4.3.1 Área total de plantaciones de mango

Con base en los resultados obtenidos se establecen que existen actualmente 87 fincas productoras de mango, que cubren una extensión de 559.59 hectáreas, con un área promedio de finca de 5.13 hectáreas (ver base de datos en anexos).

4.3.2 Variedades de mango explotadas en el valle de La Fragua

La producción del cultivo de mango en el área del valle de La Fragua está determinada por la variedad Tommy Atkins (con 81.20% de la producción total), que ha sido de mayor demanda en el mercado internacional así como en el mercado nacional para consumo local. Además se cultivan en menor escala las variedades siguientes: Pasthe que representa el 7.50%, Amini con el 3.70%, Irwin con el 2.90%, Kent con el 2.60%, y Haden con el 2.20%.

La variedad Tommy Atkins: originaria de una semilla de Haden, en Florida (EEUU), en 1992. El fruto es de mediano a grande, (450 a 710 g), ovoide, ligeramente oblongo, punta grande y redondeada. Es de color amarillo-anaranjado con manchas que pueden ser rojo claro a oscuro. La cáscara es gruesa y resistente a daños mecánicos. Pulpa de color amarillo, muy firme, fibras finas y abundantes.

4.3.3 Rendimiento de frutos de mango en el valle de La Fragua

Los datos existentes, indican que un árbol de mango de la variedad Tommy Atkins, sembrado a una distancia de 6 x 6 m con una edad de 9 años, puede producir alrededor de 450 frutos de mangos, con un peso promedio aproximado de 450 a 500 g. El periodo de cosecha dentro del área comprende los meses de febrero, marzo, abril y mayo.

El rendimiento promedio anual de frutos de la variedad Tommy Atkins, se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Rendimiento de frutos de mango de acuerdo a la edad de la plantación, en el Valle de La Fragua, Zacapa, 2014.

Edad de la plantación	Rendimiento
Año 4	4.0 ton/ha
Año 5	4.3 ton/ha
Año 6	5.5 ton/ha
Año 7	7.2 ton/ha
año 8	8.0 ton/ha
Año 9	8.6 ton/ha
Año 10	10.0 ton/ha

Fuente: Elaboración propia, 2014.

El rendimiento varía de forma significativa, debido principalmente a tres factores que son: zona de producción, condiciones económicas del productor y edad de la plantación. El incremento también se debe a la

adopción de tecnología en lo referente al cambio del sistema de riego y al uso de programas de fertilización.

4.3.4 Fertilización de la plantación de mango

El mango es una planta muy eficiente en la extracción de nutrientes y se produce bien en suelos que nunca han sido fertilizados, ayudado por la gran capacidad de sus raíces a explorar y profundizar en el suelo.

El cuadro 7 se presenta las cantidades promedios de fertilizantes aplicados por planta y por hectárea según la edad del árbol, basado en las experiencias de los productores de mango del valle del Motagua. Los requerimientos nutricionales para una producción de 10 ton/ha son de 333.6 kg/ha de N; 152.90 kg/ha de P_2O_5 y 389.20 kg/ha de K_2O . A partir de los 20 años a medida que la edad del árbol aumenta, la fertilización nitrogenada disminuye.

Cuadro 7. Fertilización por árbol y hectárea de acuerdo a la edad del árbol de mango.

Edad de la planta	Elementos					
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	g/planta			Kg/ha		
Año 1 a 3	200.00	120.00	0.00	55.60	33.36	0.00
Año 4	725.00	350.00	350.00	201.55	97.30	97.30
Año 5	900.00	450.00	900.00	250.20	125.10	250.20
Año 6	1,100.00	550.00	1,100.00	305.80	152.90	305.80
Año 7	1,100.00	550.00	1,100.00	305.80	152.90	305.80
año 8	1,200.00	600.00	1,200.00	333.60	166.80	333.60
Año 9	1,500.00	750.00	1,500.00	417.00	208.50	417.00
Año 10 y 11	2,200.00	1,100.00	2,200.00	611.60	305.80	611.60
Año 12 a 19	3,000.00	1,500.00	3,000.00	834.00	417.00	834.00
Año 20 a 25	3,500.00	1,750.00	3,500.00	973.00	486.50	973.00
Año 26 a 30	3,800.00	1,900.00	3,800.00	1,056.40	528.20	1,056.40

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Las fuentes de fertilizantes más empleadas son: Sulfato de amonio (21-00-00 % de NPK + 23.4% de S), Urea (46-00-00 % de NPK), Superfosfato simple (00-20-00 % de NPK + 12% de S + 20% de Ca), Superfosfato

triple de calcio (00-46-00 % de NPK + 13 % de Ca) y Sulfato de potasio (00-00-50 % de NPK). Para completar la fertilización se aplican fertilizantes foliares para que supla los microelementos.

Las aplicaciones de fertilizante al suelo y foliar a las plantaciones de mango, se realiza cuando el árbol lleva a cabo su máxima absorción de nutrientes, es decir; floración, fructificación e inicio del crecimiento vegetativo. Con el inicio de la lluvias (mayo a junio) donde se aplica el 100% del nitrógeno. Bajo condiciones de riego, se fracciona el nitrógeno, aplicando un 50% al inicio de las lluvias y el otro 50% después de la floración.

V. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo general

Caracterizar la fertilidad de los suelos cultivados con mango (*Mangifera indica* L. Var. Tommy Atkins) en el valle de La Fragua, Zacapa, para proponer lineamientos generales que contribuyan a mejorar el sistema de producción en la región.

5.1.2 Objetivos específicos

Determinar el nivel de fertilidad de los suelos cultivados con mango, para conocer la situación actual de los elementos y variables nutricionales.

Determinar el índice de fertilidad de los suelos en las plantaciones de mango, con la finalidad de conocer si presentan un índice bajo, medio o alto en esta variable.

Proponer lineamientos generales para el manejo de los suelos cultivados de mango, para apoyar a los productores de la región.

5.2 Descripción de la metodología

5.2.1 Nivel de la fertilidad de los suelos cultivados con mango en el valle de La Fragua, Zacapa

a) Línea base de la investigación

De acuerdo a la Asociación de Productores de Mango de Zacapa, actualmente existen 87 fincas productoras de mango, con una extensión

de 552.29 hectáreas (ver listado de productores y de fincas en Anexo 2), las fincas tienen un área de 0.45 a 32.05 hectáreas y las edades de las plantaciones se encuentran de 1 a 30 años.

Para la realización de la línea base se elaboró una encuesta (Anexo 1) a los productores asociados y se realizó recorridos por las plantaciones, para evaluar la finca y conocer el terreno, la edad de la plantación, el sistema y la época de fertilización. En la figura 2, se puede observar el desarrollo de las plantaciones de mango en diferentes fincas evaluadas en el valle de La Fragua, Zacapa.

b) Selección de las fincas para el muestreo de suelos

Los muestreos se realizaron en las fincas productoras de mango asociadas a la Asociación de Productores de Mango. Los criterios de selección de las fincas para el muestreo de suelos se realizó en tres pasos, siendo estos los siguientes: 1) preselección de 25 fincas de las 87 fincas registradas en la asociación y cinco fincas de bosque natural dentro del área de estudio; 2) visita a las fincas preseleccionadas y 3) selección de las áreas de muestreo dentro de las fincas.

Para la selección de las fincas se tomó en cuenta las edades de las plantaciones de 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25 y 25 a 30 años de edad. En el cuadro 8 se presenta las fincas muestreadas con su localización, ubicación, área y edad de la finca.

c) Toma de muestras de suelos

Una vez estratificadas las fincas por edad se procedió a extraer muestras de suelo a través del método del muestreo simple al azar y se elaboró un mapa georreferenciado (Anexo 3).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Desarrollo de plantaciones de mango en diferentes fincas evaluadas en el valle de La Fragua, Zacapa, 2014.

La unidad experimental de estudio fue la finca, la cantidad de muestras dependió del tamaño del área productiva de la plantación, tomando como rangos que el área máxima para una muestra simple de dos hectáreas.

El equipo básico de muestreo incluyó los elementos siguientes: baldes plásticos limpios, bolsas plásticas, barreno de tubo, pala, azadón y etiquetas de identificación.

Cuadro 8. Localización, ubicación y área de las fincas de mango muestreadas en el valle de La Fragua, Zacapa, 2014.

No.	Finca	Localización	Coordenadas UTM	Área (has)	Edad de la plantación
1	Jesús Salguero	San Jorge	16 P 222673 1647425	1.50	8
2	Jesús Salguero	San Jorge	16 P 222825 1652805	1.50	9
3	María L. Salguero	San Jorge	16 P 222827 1652959	0.96	7
4	Alberto Cordón	Estanzuela	16 P 220374 1658001	0.45	8
5	Alberto Cordón	Estanzuela	16 P 220368 1657539	1.28	6
6	Geovanny Rosales	Zacapa	16 P 224343 1654787	2.80	13
7	Luis Saavedra	San Jorge	16 P 222122 1651491	1.90	13
8	Rigoberto Cordón	Estanzuela	16 P 219007 1656171	2.10	11
9	José Galdámez	Estanzuela	16 P 224190 1659678	1.92	11
10	Indalecio Ventura	San Jorge	16 P 222041 1654875	0.96	11
11	Geovanny Rosales	San Jorge	16 P 224252 1654726	3.60	17
12	Rigoberto Cordón	Estanzuela	16 P 219215 1656107	4.49	16
13	Saúl Mata	Estanzuela	16 P 219092 1655771	3.50	19
14	Otto Hernández	Monte Grande	16 P 210137 1661906	5.00	17
15	Rigoberto Ventura	San Jorge	16 P 220994 1654764	3.00	18
16	Armando Pineda	Zacapa	16 P 224351 1655525	6.41	23
17	CIAFSA	San Jorge	16 P 221444 1654882	5.77	24
18	Rigoberto Ventura	San Jorge	16 P 220602 1654553	3.41	22
19	Luis Saavedra	San Jorge	16 P 222122 1651491	3.41	21
20	Puente Motagua	Rio Hondo	16 P 222057 1663917	9.62	21
21	Los mangos	Estanzuela	16 P 217864 1655601	20.51	26
22	Los mangos	Estanzuela	16 P 218074 1655629	32.05	28
23	Los mangos	Rio Hondo	16 P 219332 1663457	6.41	28
24	Los mangos	Rio Hondo	16 P 223433 1666576	9.62	28
25	Sergio Cabrera	Estanzuela	16 P 223904 1658175	6.41	27

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras en las plantaciones de mango se obtuvieron después de la época de cosecha debido a que el árbol ha consumido la mayoría de sus reservas en el desarrollo y maduración de los frutos. Las muestras se obtuvieron de zonas homogéneas que presentaron características similares, en cuanto a color, textura, relieve, manejo del terreno, entre otros; que permitió obtener resultados de análisis químicos y físicos de laboratorio y de esta forma permitió predecir y diagnosticar adecuadamente la fertilidad del suelo.

Se obtuvieron 25 muestras compuestas, para lo cual se seleccionaron 20 árboles de mango al azar y se tomaron las submuestras en el área de gotera del árbol. Antes de obtener las muestras se señalaron los puntos

a muestrear haciendo un trazo en zig-zag, que permitió cubrir toda el área de la plantación para que el muestreo fuera representativo.

Una vez seleccionadas las áreas del muestreo de cada finca, se procedió a obtener muestras de suelo a una profundidad de 40 cm. En el punto muestreado se rasparon 3 cm de la superficie del terreno en cada punto con el fin de limpiar y eliminar los residuos frescos de materia orgánica, polvo de la carretera u otros contaminantes artificiales.

Para iniciar el proceso de muestreo se debió eliminar la vegetación superficial en todos los casos, independiente de la herramienta que se utilizó. En los muestreos con pala se efectuó una excavación en forma de “V”, de 15 a 20 cm de profundidad, impidiendo así que el suelo se desmoronará. Se sacó una tajada de 3 cm de espesor. Se cortó un trozo de aproximadamente 3 cm de ancho por todo el largo de la tajada, en el sector central de la pala, eliminando los bordes laterales mediante una espátula o cuchillo.

Posteriormente se depositó dentro del balde para ser mezclada con las otras submuestras. Se repitió esta operación para cada uno de los puntos muestreados en las fincas evaluadas. Una vez recolectadas todas las submuestras en cada finca evaluada, éstas se mezclaron en el balde plástico. Después de homogeneizar la muestra de suelo, se extrajo una pequeña cantidad de tierra y se introdujo en una doble bolsa plástica nueva, colocando la identificación entre bolsa y bolsa y se selló de forma segura.

La muestra compuesta para su envío al laboratorio de suelos tenía un peso de medio kilogramo. La etiqueta contuvo la siguiente información: finca, lugar, cultivo, profundidad, propietarios, registro de coordenadas geográficas de la finca y fecha de muestreo. Se tuvo especial cuidado de

no muestrear cerca de acequias, drenes o sectores inundados, cerca de la entrada de potreros o de construcciones, sectores en que se han acumulado residuos vegetales, tales como silos, cocheras, etc.

Fue necesario tomar en cuenta que el proceso de tratamiento de la muestra de suelo en el laboratorio, desde que fue recepcionada hasta que se emitió el informe y la recomendación, este proceso duró de 21 a 30 días calendario.

d. Variables evaluadas

Las variables evaluadas se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Parámetros de fertilidad del suelo determinados en plantaciones de mango, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2014.

Parámetro de suelo	Unidad de medida	Método de análisis
Textura	%	Método Bouyucos
Ph		Potenciometría, relación 1:2.5 (suelo – agua)
Materia orgánica	%	Walkley Black
Fósforo	mg/L	Olsen modificado, metodología espectrofotometría UV - visible
Potasio	Cmol(+)/L	Olsen modificado, metodología espectrofotometría absorción atómica
Ca y Mg	Cmol(+)/L	KCl 1 normal, espectrofotometría absorción atómica
Acidez intercambiable y Al	Cmol(+)/L	KCl 1 normal, metodología por volumetría
Fe, Mn, Zn y Cu	mg/L	DTPA, metodología espectrofotometría absorción atómica
Azufre y Bo	mg/L	Fosfato ácido de calciometodología espectrofotometría visible

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Con la información recopilada, los elementos y experiencias obtenidas, se procedió a hacer uso de estadística descriptiva como lo son cuadros comparativos y gráficos para elaborar el informe final.

5.2.2 Índice de fertilidad química del suelo en relación con la edad de la plantación de mango

Se consideró zonas homogéneas de acuerdo a la edad de la plantación de mango y se contó con cinco fincas del mismo rango de tiempo de establecimiento del cultivo. Las variables químicas y físicas medidas en las diferentes fincas sirvieron para determinar el índice de fertilidad química IF de Paret (Rojas Palomino *et al.* 2009), adaptándolo a los datos posibles de obtener en laboratorios de Guatemala.

Las variables propuesta por el autor se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Puntaje para obtener la fertilidad química del suelo.

Características	Puntaje			
	0.1	1.0	2.0	3.0
	Rangos			
Materia orgánica (%)		< 3.0	3.0 a 6.0	> 6.0
pH (1:1)		< 4.5	4.6 a 5.5	5.6 a 7.3
			7.4 a 8.4	
Fósforo (ppm)		< 5.0	5.0 a 15.0	> 15.0
Saturación Al (%)	> 15.0	5.0 a 15.0	0.0 a 5.0	0.00
CICA (Meq/100 g)		< 10.0	10.0 a 20.0	> 20.0
Bases totales (Meq/100 g)	< 4.0	4 a 10	> 10.0	
Potasio (Meq/100 g)	< 0.1	0.1 a 0.35	> 0.35	
	Suma del puntaje			Fertilidad
	> 15.0			Alta
	8.0 a 15.0			Moderada
	< 8.0			Baja

Elaboración propia, 2014.

Se comparó la existencia de una variación considerable del índice de fertilidad en relación a la edad. Lo anterior permitió obtener un indicio de la eficacia y pertinencia de los programas de fertilización utilizados en las fincas productoras de mango.

5.2.3 Lineamientos generales para el manejo de la fertilidad del suelo

Para conocer el uso y manejo de los fertilizantes en el proceso productivo de frutos de mango a nivel de finca según la edad de la plantación, se entrevistó a los propietarios y/o personal de las fincas a través de una boleta estructura, para obtener la información siguiente:

- Tamaño de la finca (hectáreas).
- Extensión en la producción de mango (hectáreas)
- Número de fertilizaciones/año
- Fertilizantes que aplican (fórmulas)
- Cantidad de fertilizantes por aplicación y en el año (kg/ha).
- Rendimientos de frutos de mango promedio de los últimos cinco años (kg/ha).
- Edad de la plantación de mango (años).

Esta información y la obtenida de los requerimientos de macronutrientes para el cultivo de mango, se emplearon para elaborar la propuesta del manejo de la fertilidad en las plantaciones de mango del valle de La Fragua, Zacapa.

5.3 Análisis de la información

Con la información recopilada, los elementos y experiencias obtenidas, se procedió a hacer uso de estadística descriptiva como lo son cuadros comparativos y gráficos para elaborar el informe final.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Fertilidad del suelo en plantaciones de mango

6.1.1 Clase textural

Una vez determinados los porcentajes de arena, limo y arcilla de las muestras obtenidas en los terrenos de bosque natural y de las plantaciones de mango, en el año 2014, se determinó que la clase textural promedio en las áreas de bosque y las áreas productoras de mango son de clase textural arcillosa. El tipo de terreno en las áreas de estudio se considera como medios, presentando las siguientes características: tienen alta capacidad de retención de agua, baja permeabilidad, drenaje pobre, mal aireado y el tiempo de tempero es mayor y desde un punto de vista químico, son suelos inertes, lavados y de pH alcalino (cuadro 11).

Cuadro 11. Clases texturales promedio de acuerdo al área de bosque natural y de las plantaciones de mango de acuerdo a la edad, en el valle de La Fragua, 2015.

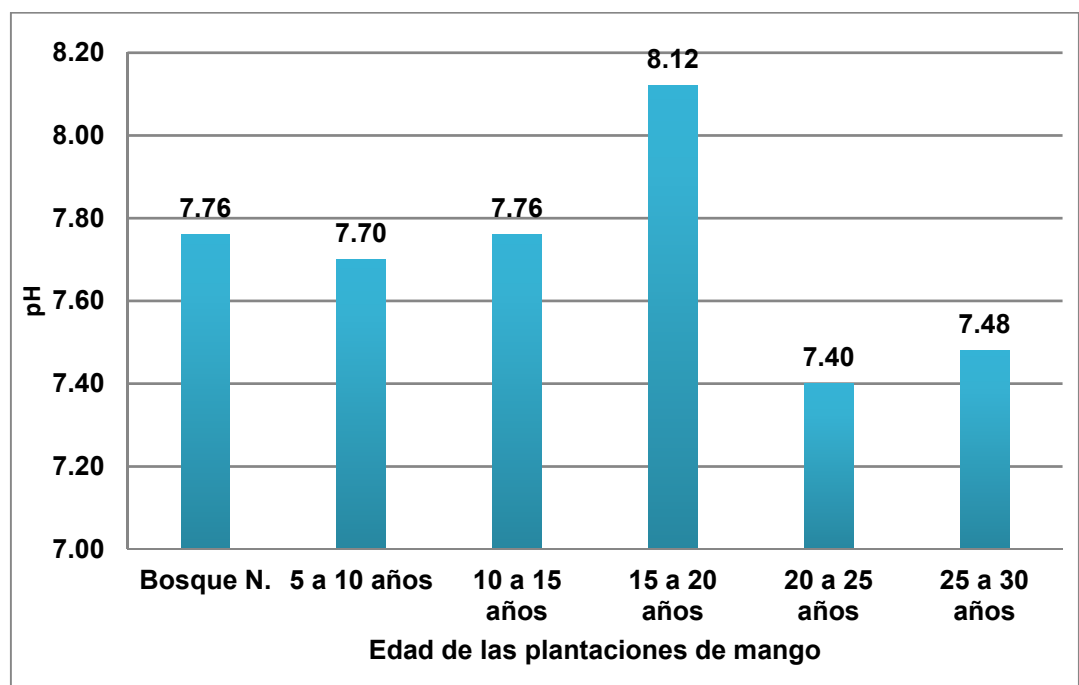
PROPIEDADES FÍSICAS	AÑO 2014					
	Área Bosque H-B	Área 1 Plantas de mango de 5 a 10	Área 2 Plantas de mango de 10 a 15	Área 3 Plantas de mango de 15 a 20	Área 4 Plantas de mango de 20 a 25	Área 5 Plantas de mango de 25 a 30
ARCILLA %	71.78	65.22	69.76	67.65	59.94	60.53
LIMO %	21.09	25.95	24.99	26.91	31.97	28.65
ARENA %	7.13	8.83	5.25	5.45	8.09	10.82
CLASE TEXTURAL	ARCILLOSO					

Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 pH de las plantaciones de mango

De acuerdo Mora Montero *et al.* (2002), el pH óptimo para el cultivo de mango se encuentra en el rango de 6.0 a 7.0, abajo o arriba de estos niveles la disponibilidad de los nutrientes es restringida. Para el presente estudio, los valores de pH para las diferentes plantaciones evaluadas por

edad, muestran un rango de entre 7.40 a 8.12, lo que muestra que los suelos son ligeros a moderadamente alcalinos (Figura 3). A un alto pH de 7.8 o más, el calcio y magnesio son abundantes y disponibles para la planta. Sin embargo, el suelo puede tener una disponibilidad inadecuada de hierro, magnesio, cobre, zinc y especialmente fósforo y boro. Una vez más, las plantas que normalmente no están acostumbradas a un alto pH, mostrarán síntomas de deficiencia los cuales corresponden con la falta de nutrientes que no están presentes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. PH del suelo en plantaciones de mango en diferentes edades, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

Los resultados de pH de las plantaciones de mango por edad evaluadas muestran que los microorganismos trabajan mejor. Las lombrices de tierra prefieren el pH por encima de 6.5 y por debajo de 6.0 disminuye la fijación de nitrógeno y se hace más lenta la descomposición del material vegetal. Además el aluminio (Al) intercambiable precipita cuando el pH es superior a 5.5.

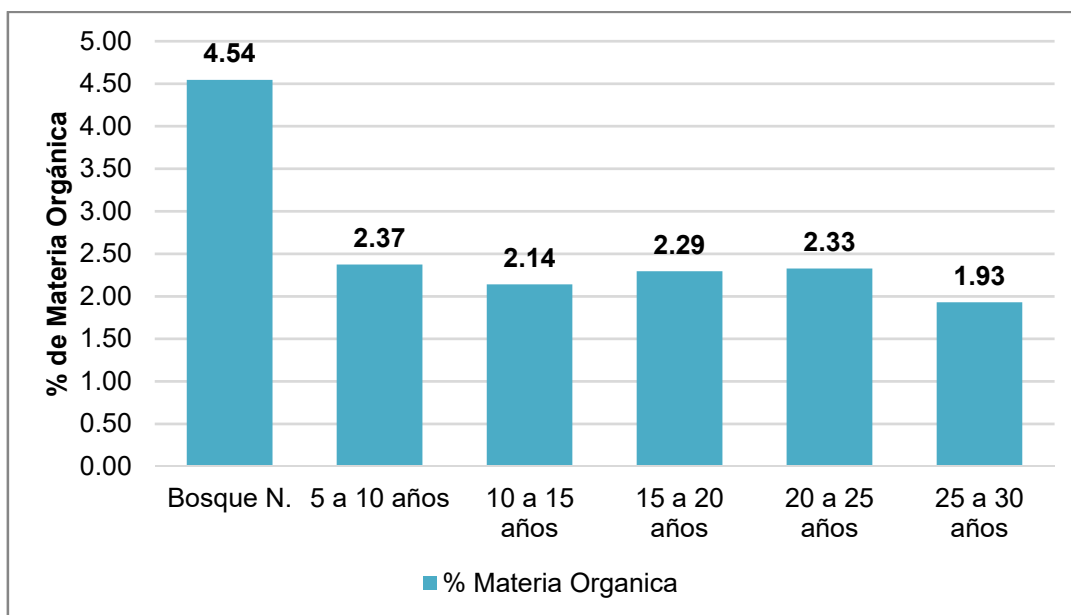
En pH por arriba de 8, se produce la insolubilización de la mayoría de los cationes (Fe, Cu, Mn, Zn) y la fijación de algunos elementos, como el fósforo (P), todo lo cual afecta el crecimiento de la planta y en consecuencia, sus rendimientos.

6.1.3 Materia orgánica

La materia orgánica se forma cuando los residuos de plantas de los cultivos o cuando se añade materia orgánica tal como estiércol que se descompone con el tiempo. Un buen índice de materia orgánica para el cultivo de mango es igual o mayor al 3 %.

En la figura 4, se muestran los resultados promedio de materia orgánica en el bosque natural que fue de 4.54% y de las plantaciones de mango con diferentes edades, como se puede observar las plantaciones de 25 a 30 años de edad presentaron la menor tasa de materia orgánica, con 1.93% y las restantes plantaciones presentaron una tasa similar. En ninguna de las plantaciones de mango alcanzó el 3% de materia orgánica, lo que muestra una baja incorporación de materia orgánica (restos vegetales de la cosecha o de abonos orgánicos).

El rango promedio de materia orgánica en los suelos de las plantaciones de mango osciló entre 1.93 a 2.37 %, por lo que se consideran suelos mineralizados debido a que los productores no incorporan los restos vegetales y esto puede causar desequilibrios nutricionales en las plantaciones. En general es conveniente elevar el contenido en materia orgánica, sobre todo si la productividad es baja. Sin embargo, un abuso de ésta puede conducir también a situaciones de desequilibrio nutricional.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Porcentaje de materia orgánica en plantaciones de mango con diferentes edades, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

6.1.4 Disponibilidad de fósforo y boro

a) Fósforo (P)

El fósforo es uno de los tres elementos indispensable en la fertilización, es un macronutriente esencial, nutrientes para el crecimiento óptimo de la planta, especialmente en la floración y desarrollo radicular. El P asimilable o P inorgánico que puede ser absorbido directamente por las plantas. Es el que se encuentra en la solución del suelo. El rango de P asimilable adecuado es de 15.0 a 30.0 ppm.

En la figura 5, se muestran los resultados obtenidos de P de las plantaciones de mango con relación a la edad promedio y del bosque natural. Como se puede observar la tasa de P para los bosques naturales es de 24.97 ppm (la mayoría de los suelos vírgenes o poco explotados presentan bajo contenido de este elemento) y de la

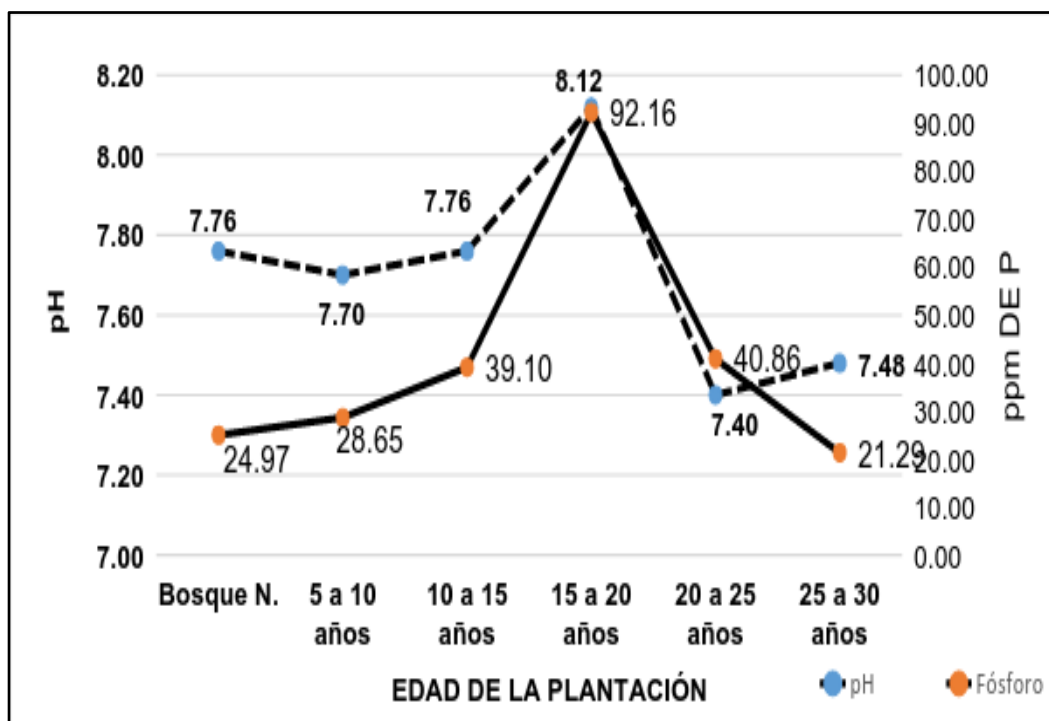
plantación de 15 a 20 años fue de 92.16 ppm, por lo tanto, el contenido de P es alto y no se tendrá respuesta a la aplicación de este elemento.

Todas las plantaciones mostraron tasas excesivamente altas de P que alcanza su mayor nivel entre los 15 a 20 años, para luego decrecer entre los 25 a 30 años, con 21.29 ppm, en este caso se tendrá una respuesta a la aplicación de este elemento. Las plantaciones menores de 15 años de edad se plantaron en terrenos donde se había cultivado melón.

En resumen, en las plantaciones de mango de edades de 5 a 10 y de 25 a 30 años, el contenido de P es medio, se asume que la respuesta a la aplicación de un fertilizante que contenga dicho elemento no es significativa en un incremento en producción, debido a que se mueve poco en el suelo y la asimilación de este elemento se favorece cuando hay un buen nivel de materia orgánica y de este elemento.

La respuesta al fertilizante aplicado que contiene el elemento evaluado puede ser errática y no responde, necesariamente, a la cantidad de fertilizante aplicado. En las plantaciones de 10 a 25 años, el contenido de P es alto, lo que significa que no hay respuesta a la aplicación del fertilizante que contenga este elemento.

El P y su relación con el pH, en la figura 5 se puede observar que la disponibilidad de P en los suelos de las plantaciones de mango es mayor cuando pH del suelo es mayor de 7.5. El mayor contenido P está ligado al mayor valor de pH. A un bajo nivel de pH tienden a fijar los fosfatos y aumentando el pH del suelo por medio de la aplicación de cal y materia orgánica, la adsorción específica del fosfato se reduce.



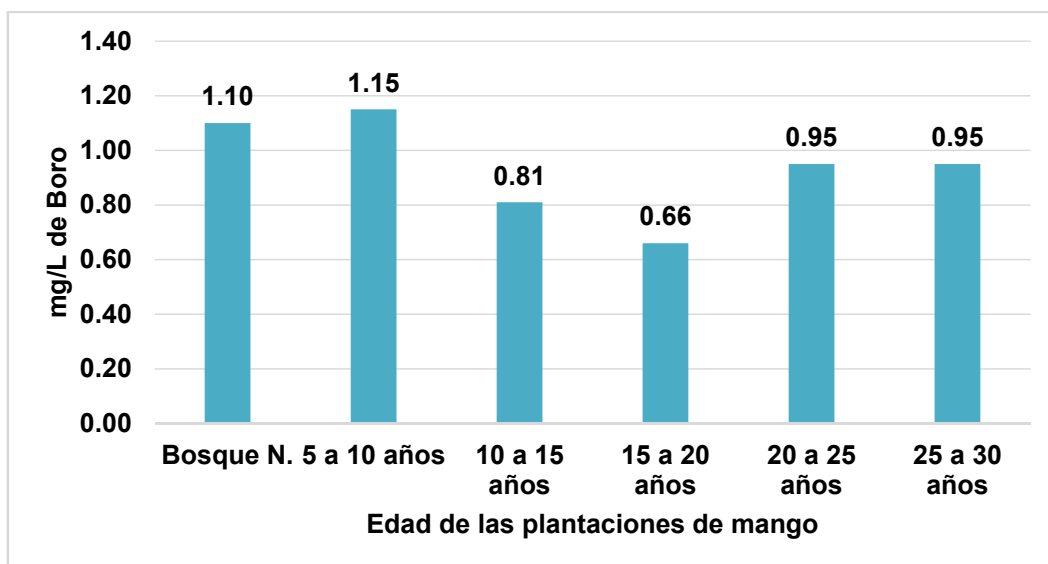
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Contenido de P asimilable en plantaciones de mango con diferentes edades, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

b) El boro (B)

El B es importante para la polinización y desarrollo de los frutos; es esencial para absorción y uso del calcio. Tiene un rol importante en la resistencia de las paredes celulares. El contenido adecuado de B dentro del árbol de mango se encuentra en el rango de 1.0 a 5.0 mg/L (Sánchez 2007).

Los resultados del estudio muestran lo siguiente: las áreas de bosque y las plantaciones de 5 a 10 años muestran valores de B adecuados; las plantaciones mayores de 10 años presentaron niveles deficientes de B, lo que muestra una pobre floración y polinización, causando inflorescencias deformadas y frutos pequeños, por lo que es necesario aplicaciones foliares de ácido bórico al 8% en la época de floración (Figura 6).



Fuente: Elaboración propia.

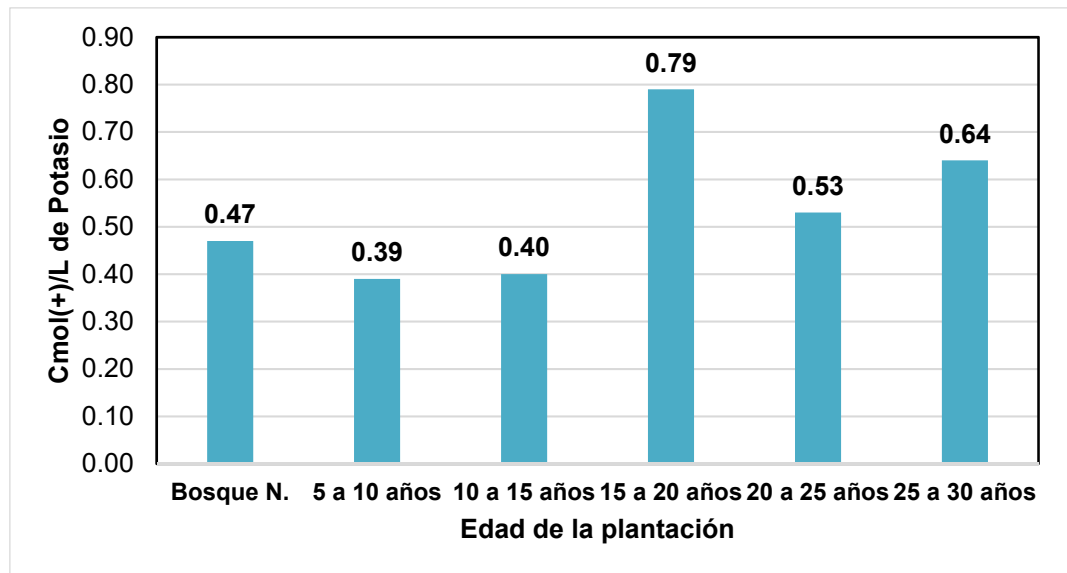
Figura 6. Contenido de Boro asimilable en plantaciones de mango con diferentes edades, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

6.1.5 Disponibilidad de K, Ca y Mg

a.) Potasio (K)

El K está relacionado con el mantenimiento de la condición hídrica dentro del árbol de mango. El nivel adecuado de potasio para este cultivo es de 0.2 a 1.5 de $\text{Cmol}(+)/\text{L}$ y los resultados de las plantaciones de acuerdo a la edad de los árboles muestran lo siguiente: las plantaciones de mango y de bosque natural se encuentran en el nivel adecuado de K; el contenido de este macroelemento contribuye a mantener la tolerancia y/o resistencia del árbol frente a las enfermedades y plagas.

Al aumentar la edad de árbol aumenta el nivel de K; el mayor contenido de K se encontró en las plantaciones de 15 a 20 años de edad, con un valor de 0.79 de $\text{Cmol}(+)/\text{L}$, lo anterior puede ser causada por dosis altas de fertilización de K; los resultados indican que los suelos de las plantaciones de mango son fértiles y la fertilización potásica debe hacerse teniendo en cuenta el mantenimiento de un nivel de K activo (Figura 7).



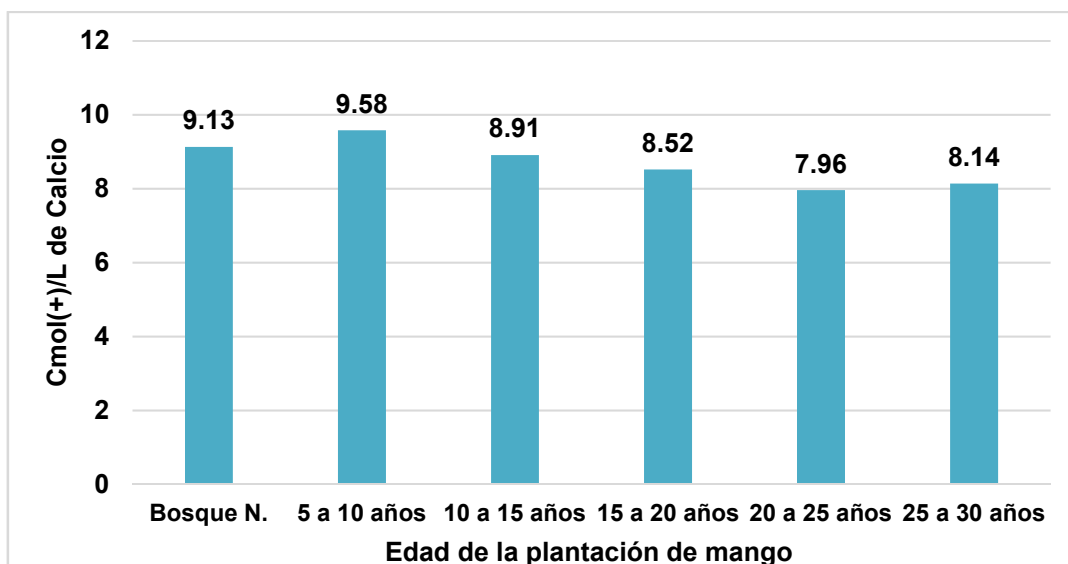
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Valores de Potasio en los suelos de plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

b) Calcio (Ca)

El Ca corresponde a otro macroelemento que actúa manteniendo la integridad de la pared celular y la permeabilidad de la membrana frente al ingreso de otros elementos. Para el árbol de mango el nivel adecuado de Ca se encuentra en el rango de 4.0 a 20.0 de Cmol(+)/L y los resultados muestran lo siguiente: las plantaciones de mango y de bosque natural se encuentran en el nivel adecuado de Ca.

El contenido de Ca disminuye con la edad del árbol de mango; el contenido adecuado y alto de este macroelemento contribuye a mantener la tolerancia y/o resistencia del árbol frente a las enfermedades y plagas y en los suelos arcillosos con los estudiados generan deficiencias de Ca (Figura 8).



Fuente: Elaboración propia.

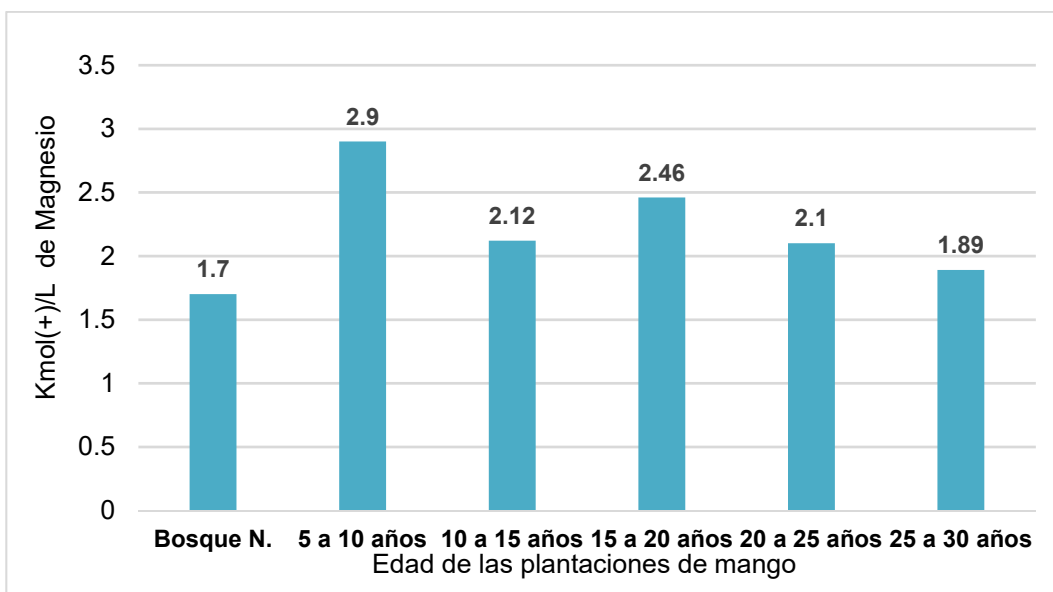
Figura 8. Valores de Calcio en los suelos de plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

c) Magnesio (Mg)

El Mg es el elemento principal de la molécula de clorofila, esencial para el proceso de fotosíntesis. El valor adecuado de Mg para árboles de mango se encuentra en el rango de 1.0 a 10.0 de Cmol (+)/L y los resultados muestran lo siguiente: todas las plantaciones de mango y de bosque natural presentaron valores de Mg dentro del rango adecuado; los niveles de Mg decrecieron al aumentar la edad del árbol de mango y el Mg es fijado en suelos arcillosos al igual que el potasio y el calcio disminuyendo el suministro hacia la planta (Figura 9).

6.1.6 Elementos menores (S, Fe, Mn y Zn)

Los micronutrientes o elementos menores se presentan en cantidades muy pequeñas en los suelos y los procedimientos de análisis con frecuencia no son tan efectivos para determinar su contenido disponible real.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Valores de Magnesio en los suelos de plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

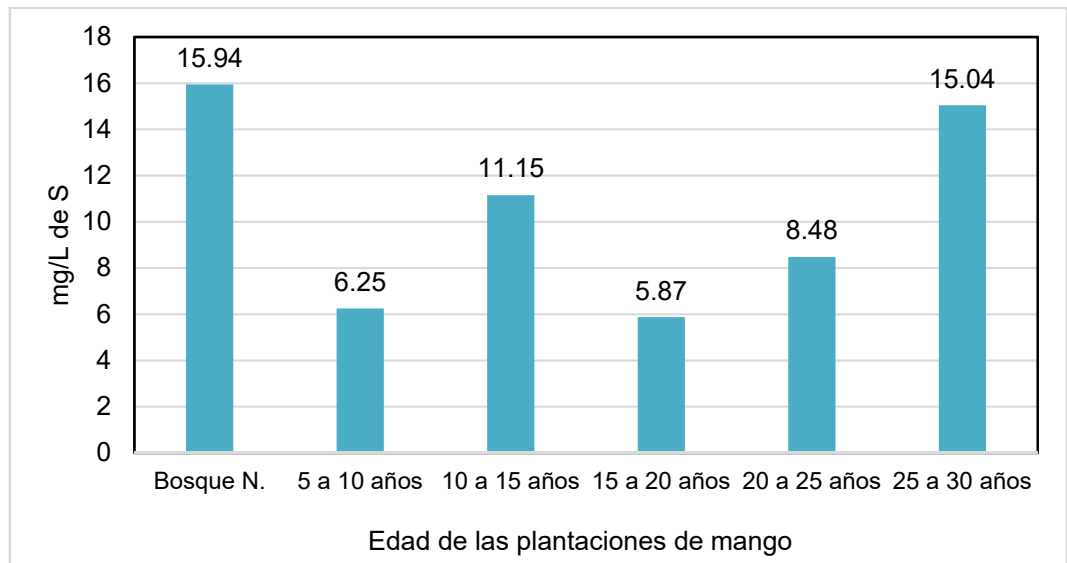
a) Azufre (S)

El S forma parte de aminoácidos esenciales, de la coenzima A y de las vitaminas biotinas y tiaminas. También es un activador enzimático. El nivel adecuado está en rango de 10 a 100 mg/L y los resultados muestran que el bosque y las plantaciones de 10 a 15 y de 25 a 30 años de edad mostraron un nivel de S adecuado; las plantaciones de 5 a 25 años de edad de los árboles de mango mostraron niveles bajos de S; las plantaciones deficientes de S se caracterizan por un bajo rendimiento y una acentuada caída de la hojas (Figura 10).

b) Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn)

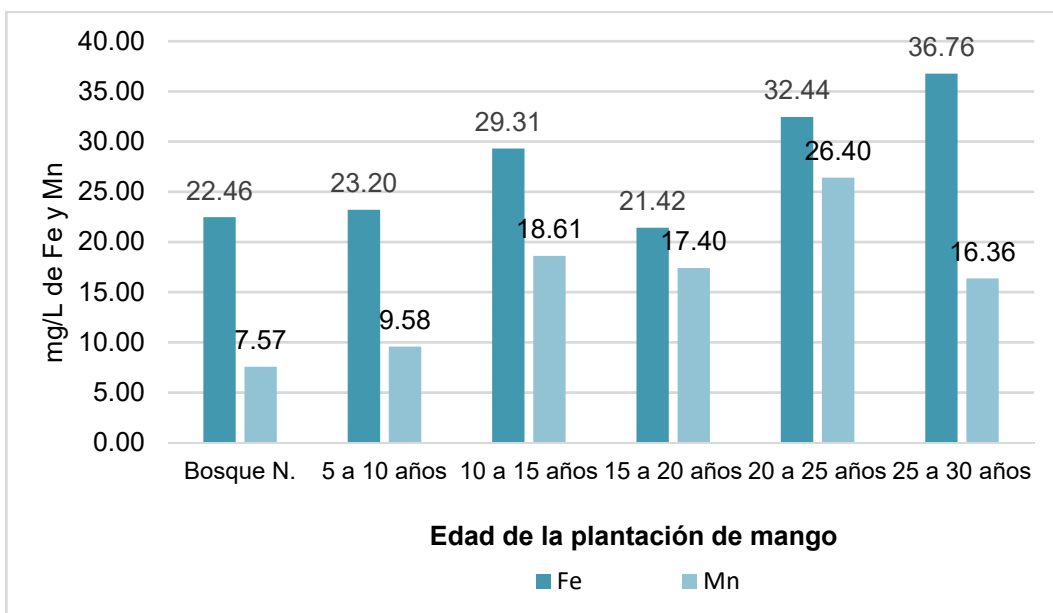
Tanto el Fe y Mn constituyen la clorofila y participan en su formación, multiplicación y funcionamiento. El rango adecuado de hierro es de 2.5 a 16.0 mg/L y de manganeso de 1.0 a 12.0 mg/L. Los resultados del análisis de fertilidad de suelo en las plantaciones de mango evaluadas

con respecto a su edad presentan contenidos elevados de Fe y Mn. El exceso de hierro causa un desbalance nutricional del árbol de mango con manganeso (Figura 11).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Valores de Azufre en los suelos de plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.



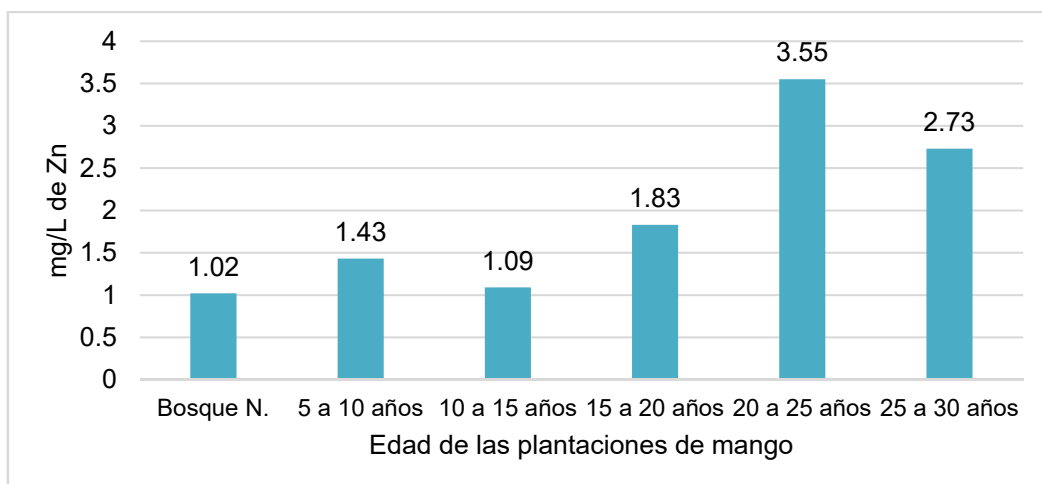
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Valores de Hierro y Manganeseo en los suelos de plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

c) Zinc (Zn)

El Zn está asociado con el hierro y manganeso en la formación de clorofila y es esencial en la síntesis de proteínas. Forma parte de la auxina (AIA) que a su vez está asociado al volumen celular.

Los resultados del Zn en el análisis de fertilidad del suelo presentan: que en el bosque natural y las plantaciones de 5 a 20 años de edad mostraron niveles de Zn adecuados y las plantaciones de 20 a 30 años de edad presentaron niveles altos de Zn, lo anterior es debido a que el contenido de sulfatos y fosfatos en la solución del suelo es alto. Con el incremento del pH la afinidad del zinc aumenta considerablemente contra los óxidos de hierro y manganeso (Figura 12).

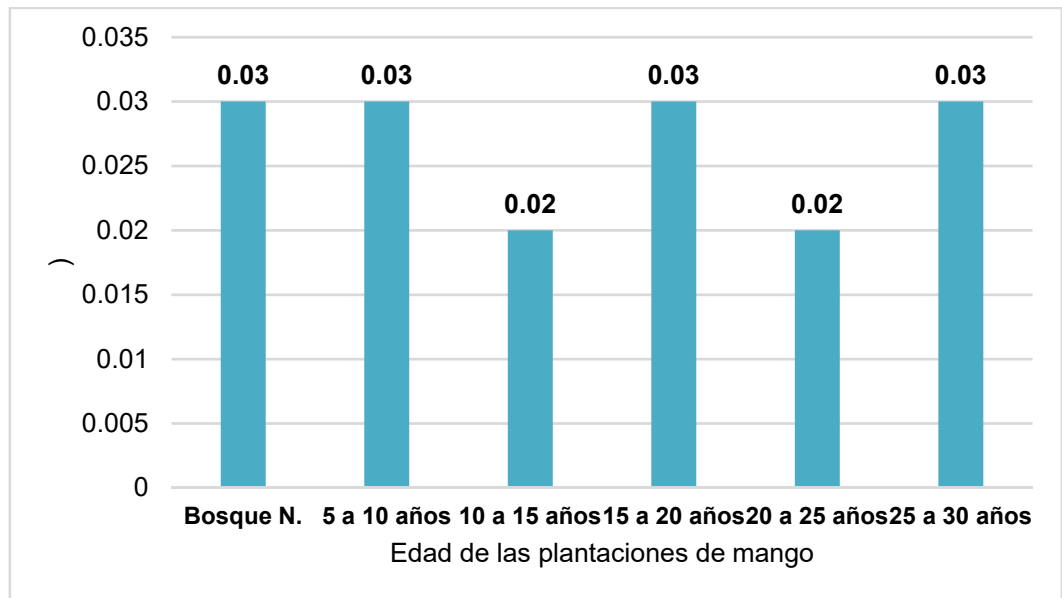


Fuente:Elaboración propia.

Figura 12. Valores de Zinc en los suelos de plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

6.1.7 Aluminio (Al)

El aluminio intercambiable se refiere al contenido de aluminio que se encuentra en forma intercambiable en los suelos y que es extraída por sales neutras. El rango adecuado de Al es de 0.3 a 1.5 Cmol (+)/L y los resultados presentan que todos los valores de la plantaciones de mango evaluadas se encuentran en el rango adecuado. Por lo tanto, no hay riesgo de toxicidad en las raíces (Figura 13).

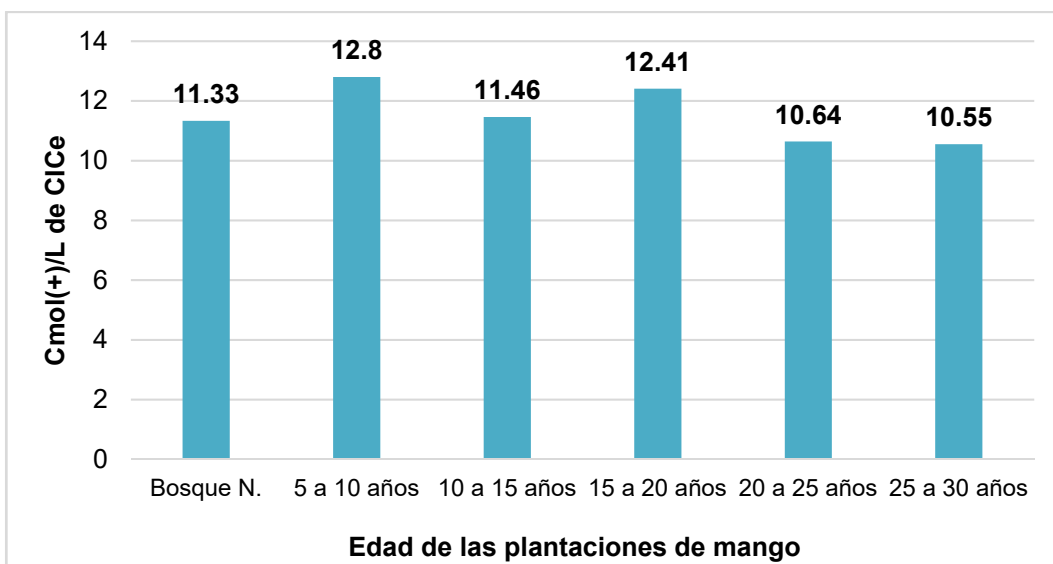


Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Valores de Aluminio Intercambiable en los suelos de plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

6.1.8 Concentración de sales

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo. El rango adecuado de concentración de sales es de 5.0 a 25.0 Cmol (+)/L para el suelo en plantaciones de mango, los resultados de las muestras tomadas mostraron encontrarse en el rango adecuado. Los suelos estudiados presentan adecuadas conductividades eléctricas lo que facilita el buen desarrollo de las plantas, ya que contienen asimismo una baja cantidad de sales (Figura 14).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Valores de CICE en los suelos de las plantaciones de mango de acuerdo a la edad del árbol, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

6.1.9 Porcentaje de saturación de cationes con respecto al CICE

La clasificación de los niveles de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), obtenidos de los análisis de porcentaje de saturación de cationes con respecto al CICE de las muestras evaluadas muestran los siguientes resultados: para el porcentaje de saturación de K, los valores muestran que las áreas de bosque (4.76%), plantación de mango de entre 15 a 20 años de edad (5.11%) y plantación de mango de 20 a 25 años de edad (4.97%), se encuentra en el rango adecuado.

Con relación al porcentaje de saturación de Ca los resultados mostraron que todas las muestras se encuentran en el rango adecuado y para el porcentaje de Mg los resultados presentaron un nivel adecuado para el bosque natural, plantaciones de 10 a 15 años, 20 a 25 años y de 25 a 30 años, para las restantes plantaciones el nivel de Mg fue superior al adecuado (cuadro 12).

Los resultados mostraron que será necesario aplicar K, Ca y Mg aplicar en cantidades adecuadas para satisfacer al menos la extracción del cultivo.

Cuadro 12. Clasificación de los niveles de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), obtenidos de los análisis de porcentaje de saturación de cationes con respecto al CICE, valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

Edad de la plantación de mango	Porcentaje de saturación en la CICE		
	K	Ca	Mg
Bosque N.	4.76	78.81	16.14
5 a 10 años	3.19	74.20	22.40
10 a 15 años	3.53	77.80	18.46
15 a 20 años	5.11	73.06	21.62
20 a 25 años	4.97	75.14	19.67
25 a 30 años	6.95	76.04	16.45

Fuente: Elaboración propia.

La relación Ca/K adecuada debe estar comprendida en el rango de 2.0 a 15.0%. De acuerdo a los resultados del análisis de fertilidad de suelo para las plantaciones de mango de acuerdo a la edad evaluada, todas las muestras presentaron un nivel adecuado a excepción de la plantación de 5 a 10 años de edad que mostró que la relación de Ca/K fue levemente superior al nivel óptimo. Por lo tanto, el exceso de calcio (Ca) puede interferir la absorción de K (cuadro 13).

En lo referente a la relación Mg/K para alcanzar el nivel adecuado los valores deben encontrarse en el rango de 2.0 a 15.0. Según los resultados obtenidos de las muestras evaluadas, todas se encuentran en el rango adecuado (Cuadro 13).

El rango adecuado de la relación calcio/magnesio (Ca/Mg) se encuentra entre los valores de 2.0 a 5.0 y de acuerdo a los resultados todas las muestras de mango analizadas se encuentran en el nivel óptimo. Por lo

tanto, no existe ningún tipo de interferencia para la absorción de estos elementos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Relaciones Ca/K, Mg/K, Ca/Mg y (Ca + Mg)/K obtenidos de los análisis de porcentaje de saturación de cationes con respecto al CICE, valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

Edad de la plantación de mango	Equilibrio de bases			
	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
Bosque N.	19.59	3.63	5.32	23.22
5 a 10 años	26.44	8.32	3.41	34.76
10 a 15 años	23.68	5.65	4.47	29.33
15 a 20 años	17.43	5.15	3.52	22.58
20 a 25 años	17.50	4.54	3.84	22.04
25 a 30 años	14.83	3.06	4.79	17.89

Fuente: Elaboración propia.

Con relación (Ca+Mg)/K, los resultados mostraron que todas las muestras se encuentran en el rango adecuado (entre 10.0 a 40.0), por lo que será necesario aplicar estos elementos en cantidades adecuadas para satisfacer al menos la extracción del cultivo.

6.2 Índice de fertilidad química del suelo en relación con la edad de la plantación de mango

Según los valores que se presentan en el cuadro 14. El índice de fertilidad del bosque natural presentó los mayores niveles y una fertilidad potencial alta, debido al mediano contenido de materia orgánica que probablemente ejerce su condición de ser un suelo no perturbado y las cantidades de biomasa depositadas en el suelo por las plantas que conforman el bosque, además mejoran la estructura del suelo, de modo que este permite que la vegetación acceda más eficientemente a las bajas concentraciones de nutrientes de los horizontes superiores.

Todas las plantaciones de mango con relación a la edad presentan una fertilidad moderada. Además de acuerdo a la edad de la plantación de mango los resultados muestran que mientras más edad tenga una plantación de mango disminuye el índice de fertilidad. Por lo tanto, mientras mayor sea el índice de fertilidad menor será la cantidad de fertilizantes a aplicar.

Cuadro 14. Índice de fertilidad química del suelo en relación con la edad de plantación de mango, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

Fincas	Características							IF	Significancia
	* Materia orgánica %	* pH	** Fósforo (ppm)	** Saturación de Al %	** CICA Meq/100 g	** Bases totales Meq/100 g	** Potasio Meq/100 g		
Bosque N.	2	3	3.0	2	1.8	1.8	1.6	15.2	Fert. alta
5 a 10 años	1	3	2.8	2	2.0	2.0	1.6	14.4	Fert. moderada
10 a 15 años	1	3	3.0	2	1.8	1.8	1.6	14.2	Fert. moderada
15 a 20 años	1	3	2.6	2	2.0	1.8	1.8	14.2	Fert. moderada
20 a 25 años	1	3	2.6	2	1.6	1.6	1.8	13.6	Fert. moderada
25 a 30 años	1	3	2.8	2	1.6	1.6	1.8	13.8	Fert. moderada

Fuente: Elaboración propia.

*Valores ponderados y **valores reales.

6.3 Lineamientos generales

La deficiencia puede ser provocada por bajos contenidos de materia orgánica en el suelo, disminución de la disponibilidad provocada por déficit hídrico y por enclamiento de los suelos.

En referencia al elemento P, en suelo con pH de 7.0 a 8.0 es baja, la disponibilidad puede ser mejorada por medio de una fertilización orgánica y de pequeñas cantidades, debido a la acumulación de este elemento en el suelo. Las cantidades a aplicar dependerán de la deficiencia en el suelo y al requerimiento del cultivo. Las aplicaciones se deben efectuar durante la siembra, se han reconocido como las más apropiadas debido a que el fósforo se requiere en más abundancia durante las fases juveniles del crecimiento de la planta.

De acuerdo al análisis de fertilidad del suelo, muestra deficiencia del elemento Boro, lo cual puede ocasionar en el cultivo de mango, los síntomas siguientes: crecimiento lento de los tejidos apicales más jóvenes de la planta; las raíces y los ápices mueren y las hojas jóvenes se marchitan; los tallos se vuelven frágiles y se retuercen, ocurriendo también la defoliación de la planta y los órganos reproductores (formación de botones florales y la fecundación) de la planta son afectados y producen el aborto de los frutos.

De acuerdo a los análisis de fertilidad del suelo realizado en cada una de las plantaciones de mango, los resultados muestran que los elementos K, Ca, Mg, S, Al y Cu se encuentran en el rango adecuado. En cuanto a los elementos Fe, Zn y Mn en los suelos evaluados, mostraron rangos superiores a los adecuados y por lo tanto; las altas concentraciones de manganeso pueden ser tóxicas para el cultivo de mango y reduce la absorción de Fe.

Las altas concentraciones de Zn puede causar toxicidad y producir una reducción en el crecimiento de las raíces y las hojas son pequeñas y cloróticas. En casos severos causa la muerte descendente de brotes. El crecimiento de las raíces de mango es inhibido y las hojas jóvenes muestran síntomas de clorosis.

6.3.1 Fertilización de mango

Tomando en consideración los contenidos promedios de extracción de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio por una cosecha de frutos y las variaciones de los niveles de rendimiento, a través del ciclo de vida productivo de la planta, se sugiere el plan de fertilización que se presenta en el Cuadro 15.

El mismo considera las siguientes premisas: una producción promedio de 16,000 kg/ha de frutos o una producción de 220 kg/planta, representa una extracción de 23 kg/N/ha, 3 kg/P/ha y 25 kg/ K/ha. Tomando como base la edad y el nivel de producción expresado por planta, se presentan los

niveles mínimos y máximos de los elementos que se deben aplicar para restituir al suelo lo extraído por la cosecha. El nivel mínimo se corresponde con dos tercios de las necesidades de la planta y el máximo con el total de ellas.

Los niveles de aplicación, en lo referente a los elementos fósforo y potasio, tomando como base los resultados de los análisis químicos de los suelos. Cuando el valor es alto se debe aplicar un tercio o nada de las dosis; si es medio se debe aplicar dos tercios de las dosis y cuando es bajo, la dosis completa.

Una vez establecido los niveles de aplicación, para que el plan o la sugerencia de fertilización sean eficientes, se deben tomar en consideración otros aspectos no menos importantes, que hacen referencia al momento o época de la aplicación, forma, localización y el tipo o características del material o fuente a emplear.

Cuadro 15. Plan de fertilización del cultivo de mango considerando la edad y el nivel de producción, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.

Edad (años)	Rendimiento por árbol de mango kg/ha	N g/planta	P ₂ O ₅ * g/planta	K ₂ O* g/planta	Relación N-P-K
2	4	20 - 25	10 - 12	25 - 30	1.0 – 0.5 – 1.2
4	56	230 - 250	115 - 175	225 - 420	1.0 – 0.5 – 1.2
6	80	330 - 500	165 - 250	395 - 600	1.0 – 0.5 – 1.2
8	160	660 - 995	330 - 490	790 - 1195	1.0 – 0.5 – 1.2
10	220	910 - 1360	450 - 680	1090 - 1630	1.0 – 0.5 – 1.2
12	300	1320 - 1980	660 - 990	1580 - 2370	1.0 – 0.5 – 1.2
14-18	320	1320 - 1980	660 - 990	1580 - 2370	1.0 – 0.5 – 1.2
20-24	220	910 - 1360	450 - 680	1090 - 1630	1.0 – 0.5 – 1.2
26-30	160	660 - 995	330 - 490	790 - 1195	1.0 – 0.5 – 1.2
* Niveles de aplicación de P ₂ O ₅ y K ₂ O de acuerdo a los resultados del análisis de suelo. Si el contenido es alto se debe aplicar el nivel mínimo de las dosis sugeridas, si es medio un nivel intermedio y si es bajo se debe aplicar el máximo de la dosis sugerida.					

Fuente: Elaboración propia, 2015.

6.3.2 Época de fertilización

a) Primera fertilización

Para el estímulo del crecimiento vegetativo, el manejo del cultivo se debe enfocar a provocar un flujo vegetativo (rebrote) vigoroso en la mayoría de las varetas disponibles en el árbol, para que se formen los nuevos brotes en los que se generará la floración del siguiente ciclo. La época para estimular el crecimiento vegetativo debe ser definida en función al periodo en que se pretenda obtener la cosecha, debido a la maduración que requieren los brotes para tener mejor respuesta en floración y producción de fruta. Para la variedad Tommy Atkins, es recomendable que la realización de podas y laboreo del suelo no exceda el mes de mayo.

La aplicación de la fertilización en el valle de La Fragua, Zacapa, sin riego, con el inicio de la época lluviosa (mayo); época en la cual debe aplicarse el 100% del nitrógeno. Bajo condiciones de riego, se puede fraccionar el nitrógeno, aplicando un 50% al inicio de las lluvias y el otro 50% después de la floración.

Debe evitarse el uso de nitrógeno en el segundo semestre del año, para no estimular el crecimiento vegetativo en momentos en que la planta debe irse preparando para la diferenciación floral.

b) Segunda fertilización

La segunda fertilización en el cultivo de mango se debe realizar a finales de octubre y principios de noviembre en árboles previamente tratados con sustancias inhibidoras del crecimiento como Paclobutrazol (PBZ), los cuales inhiben la síntesis de giberelinas. Este nivel de adelanto plantea

posibilidades de concentrar la mayor parte de la cosecha al mes de marzo.

En Tommy Atkins se puede usar Paclobutrazol (PBZ), tanto con aplicaciones foliares de inductores, como cuando se utiliza la fertilización al suelo para inducir la floración. En éste último caso se tienen evidencias de que se puede mejorar la floración, sobre todo cuando se intentan cosechas más tempranas (marzo), difíciles de lograr mediante aplicaciones foliares.

6.3.3 Forma de aplicación de los fertilizantes

a) Forma de aplicación para el desarrollo vegetativo

Depositar los fertilizantes preferentemente en banda o en 4 a 6 agujeros alrededor del árbol entre la zona de goteo y el tronco. Después de aplicar el fertilizante se debe cubrir con tierra para lograr su mejor aprovechamiento. Una vez que se ha fertilizado es necesario aplicar un riego y continuarlos a intervalos cortos (entre 12 a 15 días), para lograr mayor vigor de la brotación vegetativa.

En zonas áridas y semiáridas se recomienda colocar un acolchado orgánico para reducir las pérdidas de agua por evaporación. El acolchado deberá cubrir únicamente el área de la copa.

No es recomendable en esta fertilización aplicar nitrato de amonio o de fosfonitrato de amonio como fuente de nitrógeno, porque puede provocar brotación floral en algunas varetas.

b) Forma de aplicación en la etapa de floración y fructificación

Los fertilizantes deben mezclarse uniformemente y depositarse entre 4 a 6 agujeros abiertos alrededor del 75 % del área de la copa del árbol a partir del tronco; es decir, no debe depositarse en los límites del área de goteo. Posteriormente a la aplicación de los fertilizantes se debe aplicar un riego fuerte, independientemente del contenido de humedad que se pudiera tener en el suelo.

Luego de la aplicación de los fertilizantes reiniciar los riegos a los 30 días, en intervalos de cortos hasta la cosecha; el intervalo de riego será de 15 a 20 días, debido a que la floración y fructificación son los periodos críticos que requieren abastecimiento de agua y su deficiencia en estas etapas puede ocasionar la caída de una gran cantidad de frutillos en primeros estados de desarrollo.

6.3.4 Fuentes de fertilizantes

Existen fuentes simples de los principales elementos, en el caso de nitrógeno están: el nitrato de amonio (33.5-00-00), el nitrato de sodio (16-00-00), el nitrato de potasio (13-00-46), el nitrato de calcio (14.5-00-00), el sulfato de amonio (21-00-00 + 23 de S), la urea (46-00-00), superfosfato simple (00-20-00 + 12 de S), superfosfato triple (00-45-00 + 2 de S), sulfato de potasio (00-00-60 + 18 de S), cloruro de potasio (00-00-60), 15-15-15, 12-24-12, 10-30-10, 18-05-15, entre otras fuentes.

Actualmente, se fabrican por las diferentes casas comerciales fertilizantes a los que se les agregan elementos menores y/o secundarios, como magnesio, boro, zinc y azufre, que pueden ser de mucha utilidad, dependiendo de las necesidades particulares de cada zona o finca. Para confeccionar un adecuado programa de fertilización, debe contarse con el

auxilio de análisis de la fertilidad del suelo, así como un análisis foliar, que deben ser realizados e interpretados por personal capacitado.

Los elementos menores como boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y hierro (Fe), pueden ser suministrados, además de las formulaciones al suelo, en una o más aplicaciones foliares por año según las necesidades, para obtener resultados satisfactorios. Algunas fuentes de estos elementos son: Sulfatos de magnesio, Óxido de Zinc, Ácido bórico y Nitrato de calcio, que puede ayudar a prevenir el daño interno de la fruta en la variedad Tommy Atkins.

6.3.5 Plan de fertilización para el cultivo de mango

La propuesta del plan de fertilización es un auxiliar al productor del cultivo de mango para alcanzar los mayores rendimientos de acuerdo a la edad de las plantaciones.

A más tardar en el mes de mayo, el productor debe realizar la primera fertilización luego de haber realizado las prácticas de podas (de formación, fitosanitaria o de despunte), rastreos y rehabilitación mecánica de sistema de riego. Además de la fertilización se deben aplicar entre una a dos aplicaciones foliares de nitrato de potasio o nitrato de amonio, para estimular la brotación vegetativa que se debe presentar a más tardar en el mes de junio.

Después de la brotación vegetativa de junio hasta la primera quincena de noviembre, se deberá inducir un periodo de latencia al árbol, para evitar los rebrotes en este periodo. Para alcanzar lo anterior se puede reducir la frecuencia de riego, e incluso, si las lluvias se presentan de manera regular, dejar a los arboles solo con las lluvias y no se debe hacer ninguna fertilización al suelo o foliar con nitrógeno, podas tardías ó laboreo mecánico del suelo.

Si se cuenta con disponibilidad de agua para riego, es recomendable realizar una aplicación de 6 cc por árbol de Paclobutrazol (PBZ) en el mes de julio, seguida inmediatamente después de un riego, reduciendo posteriormente su frecuencia como se señaló anteriormente.

Si después de la brotación vegetativa de junio: a). No se observó un rebrote vegetativo importante hasta la primera quincena de noviembre y se tiene la seguridad de que ha ese momento prevalecen brotes de 5 a 6 meses de edad, se puede proceder a realizar la práctica de inducción a floración.

La inducción a floración, se puede realizar en forma foliar o mediante la fertilización al suelo. Si el productor se decide realizar aspersiones foliares para inducir la floración, hacer de 2 a 3 aspersiones con nitrato de potasio al 4% o nitrato de amonio al 2%, a intervalos de 7 días cada una. Para lo anterior mezclar 4 kg de nitrato de potasio o 2 kg de nitrato de amonio por cada 100 litros de agua. Se sugiere hacer las aplicaciones con brisa suave y cubriendo de manera uniforme el árbol hasta punto de escurrimiento.

Al primer signo de floración, es decir cuando se manifiesten la mayoría de las espigas florales, realizar la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y elementos menores.

Si el productor decide realizar la inducción foliar al suelo y la edad de la plantación es menor de 5 años, aplicar 3 kg/árbol de nitrato de amonio o fosfonitrato de amonio; si la edad de la plantación es 6 a 8 años aplicar 4 kg/árbol de nitrato de amonio o fosfonitrato de amonio y si la edad es de 8 a 12 años aplicar para la inducción floral 5 kg/ha de nitrato de amonio o fosfonitrato de amonio. Las cantidades de nitrato de amonio o fosfonitrato de amonio que se va aplicar se deben mezclar con la fertilización complementaria con fósforo, potasio y elementos menores.

Los inductores flores se deben aplicar a partir de la segunda quincena de noviembre o principios de diciembre, donde existe mayor probabilidad de lograr las condiciones inductivas definidas por la edad del brote y/o la temperatura.

La cosecha se realizará cuando el fruto alcance la madurez fisiológica. El indicador de este estado de madurez es una mayor separación de las lenticelas, el fruto adquiere una forma redonda y los hombros del fruto se observan por encima de la base del pedúnculo. El grado de madurez al que debe cosecharse el producto está relacionado con el mercado destino.

En cualquier caso, es recomendable utilizar una red y recipientes de cosecha debidamente lavados y desinfectados y sin aristas interiores ni aberturas amplias con el fin de evitar daños al producto. Por otro lado, para llevar el producto al empaque es recomendable supervisar una carga y transporte cuidadosos.

A partir de marzo y hasta el mes de julio es recomendable realizar una aplicación mensual de Azufre humectable o algún otro acaricida para disminuir el crecimiento de las poblaciones del ácaro de las yemas y reducir la incidencia de la escoba de bruja en el siguiente ciclo de floración.

En el cuadro 16, se presenta la propuesta de fertilización para el cultivo de mango de la variedad Tommy Atkins en el valle de la Fragua, Zacapa, para una plantación de 417 árboles/ha.

Cuadro 16. Propuesta de fertilización para el cultivo de mango, de la variedad Tommy Atkins de acuerdo a la edad de la plantación, en el valle de La Fragua, Zacapa, 2014.

Edad de la plantación Años	Aplicar el 50% de fertilización en cada una de las aplicaciones		Aplicaciones de microelementos
	Primera fertilización marzo de cada año	Segundo fertilización noviembre de cada año	
2 a 3	Incorporar 16.26 kg/ha de N + 4.59 kg/ha de P₂O₅ + 13.76 kg/ha de K₂O a través de:		Realizar de 2 a 3 aspersiones con nitrato de potasio o nitrato de amonio al 4%, a intervalos de 7 días cada una. Para lo anterior mezclar 4 kg de nitrato de potasio o 2 kg de nitrato de amonio por cada 100 litros de agua. 6 cc por árbol de Paclobutrazol (PBZ) en el mes de julio. Los inductores flores se deben aplicar a partir de la segunda quincena de noviembre o principios de diciembre, donde existe mayor probabilidad de lograr las condiciones inductivas definidas por la edad del brote y/o la temperatura. Dentro de los fertilizantes foliares que se pueden aplicar los siguientes: Fetrilon Combi, que se aplica a una concentración máxima de 2 gr/litro de agua, productos quelatados y otros simples como: sulfato de magnesio, óxido de zinc y ácido bórico
	Aplicar 45.45 kg de 18-05-15 por aplicación.	Aplicar 45.45 kg de 18-05-15 por aplicación.	
4 a 5	Incorporar 104.25 kg/ha de N + 72.98 kg/ha de P₂O₅ + 175.14 kg/ha de K₂O a través de:		
	Aplicar 272.70 kg/ha de 07-12-07, 45.45 kg/ha de 07-12-07, 90.90 kg/ha de 00-20-00 y 86 kg/ha de 00-00-50.	Aplicar 272.70 kg/ha de 07-12-07, 45.45 kg/ha de 07-12-07, 90.90 kg/ha de 00-20-00 y 86 kg/ha de 00-00-50.	
6 a 7	Incorporar 208.50 kg/ha de N + 104.25 kg/ha de P₂O₅ + 250.20 kg/ha de K₂O a través de:		
	Aplicar 545 kg/ha de 18-05-15, 91 kg/ha de 07-12-07 y 32 kg/ha de 00-46-00	Aplicar 545 kg/ha de 18-05-15, 91 kg/ha de 07-12-07 y 32 kg/ha de 00-46-00	
8 a 9	Incorporar 417.00 kg/ha de N + 208.50 kg/ha de P₂O₅ + 500.40 kg/ha de K₂O a través de:		
	Aplicar 1,059 kg/ha de 18-05-15, 173 kg/ha de 10-30-10 y 127 kg/ha de 00-00-60	Aplicar 1,059 kg/ha de 18-05-15, 173 kg/ha de 10-30-10 y 127 kg/ha de 00-00-60	

Sigue			
Continúa			
Edad de la plantación Años	Aplicar el 50% de fertilización en cada una de las aplicaciones		Aplicaciones de microelementos
	Primera fertilización marzo de cada año	Segundo fertilización noviembre de cada año	
10 a 11	Incorporar 567.12 kg/ha de N + 204.33 kg/ha de P₂O₅ + 500.40 kg/ha de K₂O a través de:		Realizar de 2 a 3 aspersiones con nitrato de potasio o nitrato de amonio al 4%, a intervalos de 7 días cada una. Para lo anterior mezclar 4 kg de nitrato de potasio o 2 kg de nitrato de amonio por cada 100 litros de agua. 6 cc por árbol de Paclobutrazol (PBZ) en el mes de julio. Los inductores flores se deben aplicar a partir de la segunda quincena de noviembre o principios de diciembre, donde existe mayor probabilidad de lograr las condiciones inductivas definidas por la edad del brote y/o la temperatura. Dentro de los fertilizantes foliares que se pueden aplicar los siguientes: Fetrilon Combi, que se aplica a una concentración máxima de 2 gr/litro de agua, productos quelatados y otros simples como: sulfato de magnesio, óxido de zinc y ácido bórico
	Aplicar 682 kg/ha de 15-15-15, 394 kg/ha 46-00-00 y 247 kg/ha de 00-00-60	Aplicar 682 kg/ha de 15-15-15, 394 kg/ha 46-00-00 y 247 kg/ha de 00-00-60	
12 a 18	Incorporar 825.66 kg/ha de N + 412.83 kg/ha de P₂O₅ + 988.29 kg/ha de K₂O a través de:		
	Aplicar 1,376 kg/ha de 15-15-15, 449 kg/ha de 46-00-00 y 479 kg/ha de 00-00-60	Aplicar 1,376 kg/ha de 15-15-15, 449 kg/ha de 46-00-00 y 479 kg/ha de 00-00-60	
19 a 25	Incorporar 567.12 kg/ha de N + 283.56 kg/ha de P₂O₅ + 679.71 kg/ha de K₂O a través de:		
	Aplicar 945 kg/ha de 15-15-15, 308 kg/ha 46-00-00 y 332 kg/ha de 00-00-60	Aplicar 945 kg/ha de 15-15-15, 308 kg/ha 46-00-00 y 332 kg/ha de 00-00-60	
26 a 30	Incorporar 417.00 kg/ha de N + 208.50 kg/ha de P₂O₅ + 500.40 kg/ha de K₂O a través de:		
	Aplicar 975 kg/ha de 15-15-15, 227 kg/ha 46-00-00 y 243 kg/ha de 00-00-60	Aplicar 975 kg/ha de 15-15-15, 227 kg/ha 46-00-00 y 243 kg/ha de 00-00-60	

Fuente: Elaboración propia.

VII. CONCLUSIONES

Los suelos de las plantaciones de mango en sus diferentes edades presentan una textura arcillosa, con un pH en el rango de 6.70 a 8.70 y materia orgánica entre 1.93 a 2.37%.

El fósforo y el potasio se encontraron en el suelo en el rango adecuado. El calcio y magnesio presentaron en un nivel alto lo que limita la asimilación del hierro, magnesio, zinc y P. Se encontró deficiencia de boro, lo que ocasiona un crecimiento lento de los tejidos apicales de la planta; las raíces y los ápices mueren, las hojas jóvenes se marchitan; los tallos se vuelven frágiles, las plantas presentan defoliación, la formación de botones florales y fecundación de la planta son afectados y producen el aborto de los frutos.

El micronutriente azufre se presentó en niveles adecuados en las plantaciones de mango con 10 a 15 y 25 a 30 años de edad, el resto de plantaciones presentaron un nivel bajo, por lo que los árboles presentan bajo rendimiento y caída de las hojas. El hierro y magnesio presentaron niveles altos, lo que provoca un desbalance nutricional. El contenido de Zn en los suelos de las plantaciones entre 5 a 20 años de edad se encontró con nivel adecuado y en las plantaciones de entre 20 a 30 años de edad, se presentaron niveles altos, por lo que se debe aplicar zinc al suelo de forma soluble y asimilable por la planta. El aluminio se encontró en todas las plantaciones en el nivel adecuado.

La concentración de sales se encontró entre 6.18 a 18.32 Cmol (+)/L, por lo que los suelos requieren un aporte anual de materia orgánica, debido a que se encuentra en un rango bajo. Con relación al porcentaje de saturación de calcio, todos los suelos de las plantaciones evaluadas se encuentran en el rango adecuado. Para el magnesio, los resultados mostraron un nivel adecuado en las plantaciones de entre 10 a 30 años y las plantaciones de entre 5 a 10 años de edad un nivel alto. En lo referente a la relación Ca/K, Mg/K, Ca/Mg y (Ca+Mg/K) se encuentran en el nivel óptimo.

Todas las plantaciones de mango evaluadas presentaron un índice de fertilidad moderado. Lo que facilitó el diseño de un programa de fertilización para el cultivo en el que se establecen los promedios de extracción del NPK de acuerdo a los rendimientos y la edad de la plantación; recomendando épocas de fertilización con relación al desarrollo fenológico del cultivo, las fuentes para la obtención de los elementos NPK y microelementos; y el manejo del proceso de fertilización.

VIII. RECOMENDACIONES

Los programas de fertilización empleados en las fincas productoras de mango, en el valle de La Fragua, Zacapa deben ser reemplazados por la propuesta planteada en el presente estudio, lo que aumentará la eficacia y eficiencia de los fertilizantes químicos aplicados y se tendrá un incremento en el rendimiento del árbol de mango.

Continuar con la investigación sobre el manejo de la fertilidad en las plantaciones de mango, basándose en los resultados que se obtengan del análisis del suelo y foliar y del potencial productivo del árbol, que dará como resultado cuales son los elementos nutritivos y la cantidad de los mismos que se deben aplicar para obtener los mejores rendimientos.

IX. Bibliografía

- Aguilera Herrera, N. 1989. Tratado de edafología de México (en línea). México, UNAM. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Laboratorio de Investigación de Edafología. 400 p. Consultado 05 jun. 2014. Disponible en https://books.google.es/books/about/Tratado_de_edafolog%C3%ADa_de_M%C3%A9xico.html?id=zxJhAAAAMAAJ
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2004. Cultivo de mango (en línea). Guatemala. 24 p. Consultado 05 jun. 2014. Disponible en <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/2004-12/33/14/Cultivo%20de%20Mango.pdf>
- Ansorena Miner, J. 1995. El suelo en la agricultura y el medio ambiente: evaluación de la fertilidad del suelo (en línea). SUSTRAI (38-3): 34-37. Consultado 08 jun. 2014. Disponible en http://www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/38_34_38.pdf
- Asohofrucol (Asociación Hortifrutícola de Colombia); Corpoica (Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias). 2013. Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto Magdalena en el departamento del Tolima (en línea). Colombia. 112 p. Consultado 08 jun. 2014. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf
- Bernier V, R; Bortolameolli S, G. 2000. Seminario taller para productores, técnicas de diagnóstico de fertilidad del suelo: fertilización de praderas, cultivos y mejoramiento de praderas (en línea). Osorno, Chile, Centro Regional de Investigaciones Remehue INIA. 71 p. (Serie Actas no. 4). Consultado 12 jun. 2014. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25546.pdf>

- Bertsch, F. 2001. Problema de fertilidad en suelos de Costa Rica (en línea). *In* Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de los cultivos en Costa Rica: memoria. Meléndez, G; Molina, E (eds.). San José, Costa Rica, CIA; UCR, Laboratorio de suelos y foliares. 142 p. Consultado 18 jun. 2014. Disponible en <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilidad%20de%20Suelos.pdf>
- Bornemisza, E. 1982. Introducción a la química de suelos. San José, Costa Rica, Secretaria General de la Organización de los Estados Unidos Americanos y Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. p. 21-47.
- Buckman, H; Brady, C. 1996. The nature and properties of soils (en línea). Mariland, Estados Unidos de America, The Macmillan Company. 590 p. Consultado 22 jun. 2014. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition
- Castañeda, C. 1997. Impacto de los diferentes sistemas de producción en la biodiversidad de las regiones semiáridas de Guatemala (en línea). Guatemala, USAC-DIGI; Facultad de Agronomía; Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente. 72 p. Consultado 04 jul. 2014 Disponible en <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-1995-055.pdf>
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala) 2008. Guatemala y su biodiversidad: un enfoque histórico, cultural, biológico y económico (en línea). Guatemala, Oficina Técnica de Biodiversidad. 650 p. Consultado 22 jun. 2014. Disponible en http://www.chmguatemala.gob.gt/images/biodiversidad/catalogodeespecies/Libro%20Guatemala%20y%20su%20Biodiversidad_2008_2%20completo.pdf

- De La Cruz S, JR. 1975. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento (en línea). Guatemala. 28 p. Consultado 05 jul. 2014. Disponible en http://www.academia.edu/10497202/CLASIFICACION%20DE_ZONAS_DE_VIDA_DE_GUATEMALA
- Financiera Rural de Mexico 2010. Monografía del mango (en línea). México, Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial; Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial. p. 1-7. Consultado 28 jun. 2014. Disponible en <https://www.yumpu.com/es/document/view/5819247/monografia-del-mango-financiera-rural>
- Huerta Cantera, HE. 2010. Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquin, Queretaro, y su relación con el crecimiento bacteriano (en línea). Tesis Lic. Queretaro, Mexico, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. 61 p. Consultado 02 jul. 2014. Disponible en <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/tesisHilda1101.pdf>
- IGN (Instituto Geográfico Nacional Ing. Alfredo Obiols Gómez). 1982. Hoja cartográfica de Zacapa (en línea, sitio web). Guatemala. Consultado 12 jul. 2014. Disponible en <http://ign.gob.gt/geoportal/index.html>
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2011. Clasificación de tierras por capacidad de uso: aplicación de una metodología para tierras de la república de Guatemala (en línea). Guatemala. 96 p. Consultado 12 jul. 2014. Disponible en <http://www.inab.gob.gt/Documentos/Manuales/capacidad.pdf>
- INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala). 2015. República de Guatemala: encuesta nacional agropecuaria 2014 (en línea). Guatemala. 54 p. Consultado 15 jul. 2014. Disponible en <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/10/16/iQH6CPCSZUC1uOPe8fRZPen2qvS5DWsO.pdf>

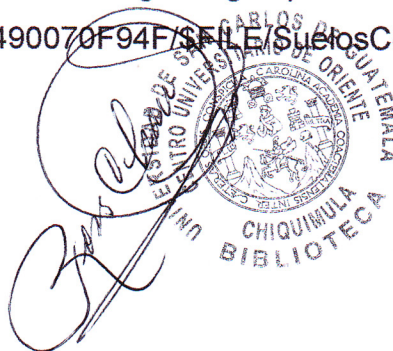
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2008. Areas aptas para el cultivo del mango en Guatemala (en línea). Guatemala. p. 1-15 Consultado 15 jul. 2014. Disponible en <http://www.zonu.com/fullsize/2011-11-24-15022/reas-aptas-para-el-cultivo-del-Mango-en-Guatemala.html>
- MINECO (Ministerio de Economía, Guatemala). 2008. El mango, promoción de intercambios comerciales de apoyo al sector de la micro y pequeña empresa en Guatemala. Guatemala. 4 p.
- Molina, E. 2011. Análisis de suelos y su interpretación (en línea). San José, Costa Rica, Aminogrow. 8 p. Consultado 17 jul. 2014. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Mora Montero, J; Gamboa Porras, J; Elizondo Murillo, R. 2002. Guía para el cultivo de mango (en línea). San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería; SUNII e INTA. 80 p. Consultado 22 jul. 2014. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-mango.pdf
- Peralta Antonio, N. 2013. Respuesta de tres cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) a la aplicación de fertilizantes orgánicos (en línea). Tesis Maestría. Mexico, Colegio de Postgraduados, Instituto de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. 148 p. Consultado 24 jul. 2014. Disponible en http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1880/Peralta_Antonio_N_MC_Fruticultura_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Pérez Cáceres, EL. 2011. Determinación de la fertilidad en suelos del occidente de Nicaragua (en línea). Tesis Lic. León, Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Agroecología Tropical. 65 p. Consultado 24 jul. 2014. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos95/determinacion-fertilidad-suelos-del-occidente-nicaragua/determinacion-fertilidad-suelos-del-occidente-nicaragua2.shtml>
- Quiroga, A; Bono, A. 2012. Manual de fertilidad y evaluación de suelos (en línea). La Pampa, Argentina, INTA. 162 p. Consultado 27 jul. 2014. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_pt_89_manual_de_fertilidad_1___1_.pdf
- Rodríguez Cedillo, M; Guerrero Berrios, M; Sandoval , R. 2002. Guía técnica del cultivo de mango (en línea). San Salvador, El Salvador, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 32 p. Consultado 27 jul. 2014. Disponible en <http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Mango.pdf>
- Rojas Palomino, A; Madero Morales, E; Ramírez Náder, LM; Zúñiga Escobar, O. 2009. Índice de potencial productivo del suelo aplicado a tres fincas ganaderas de ladera en el Valle del Cauca, Colombia (en línea). Acta agronómica de la Universidad Nacional de Colombia. doi: 10.15446/acag. Consultado 08 jun. 2014. Disponible en http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/10422/10897
- Sánchez V, J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas (conceptos básicos) (en línea). Guatemala, FERTITEC, S.A. 19 p. Consultado 29 jul. 2014. Disponible en <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>

Simmons S, C; Tarano T, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimientos de suelos de la república de Guatemala. Tirado Sulsona, P (trad.). Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1,000 p.

Tobías, HA; Salguero, M (trads. y comp.). Clasificación de tierras por capacidad de uso: metodología del USDA (Land capability classification) (en línea). Guatemala, FAUSAC. 37 p. Consultado 29 jul. 2014. Disponible en <https://es.scribd.com/document/52446183/Capuso-USDA-Completo>

Volke Sepúlveda, T; Velasco Trejo, JA; De la Rosa Pérez, DA. 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación (en línea). Mexico, INE SEMARNAT. 144 p. Consultado 30 jul. 2014. Disponible en [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B1E761B1E2F24A5C05257D490070F94F/\\$FILE/SuelosContaminadosPorMetalesYMetaloides.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B1E761B1E2F24A5C05257D490070F94F/$FILE/SuelosContaminadosPorMetalesYMetaloides.pdf)



ANEXOS



ANEXO 1.

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORORIENTE CARRERA DE AGRONOMIA

ESTUDIO DE TESIS

SITUACION ACTUAL Y PROPUESTA DE MANEJO DE LA FERTILIDAD DE LAS PLANTACIONES DE MANGO (*Mangifera indica* L. Var. Tommy Atkins), EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA, GUATEMALA

ENCUESTA

Datos del productor:

Nombres y apellidos _____ Edad: _____

Nivel de escolaridad: Básica _____ Diversificada _____ Universitaria _____

Datos de la unidad de producción

Nombre: _____ Municipio: _____

Superficie total (hectáreas): _____ Superficie de mango (hectáreas) _____

Cultivos anteriores y existentes _____

Asistencia técnica

Recibe asistencia: Si _____ No _____

Si recibe, Institución/organismo: _____

Frecuencia: cada semana __ cada mes __ cada tres meses __ cada seis meses __

Ha contribuido la Asistencia técnica en las mejoras de la producción: Si __ No __

Manejo agronómico

Número de árboles/ha: _____ Edad de la plantación: _____

Control de maleza: Si __ No __

Tipo de control de maleza: Manual _____ Mecánica _____ Química _____

Frecuencia: _____ días _____ semanas _____ meses _____

Fertilización:

Producto	Dosis/ha	Frecuencia de aplicación

Cosecha:

Año	Rendimiento Kg/ha	Rendimiento total kg
2009		
2010		
2011		
2012		
2013		

Comercialización:

Volumen comercializado: _____

Precio de venta: _____ Q/kg

Lugar de venta: _____

Observaciones:

ANEXO 2

Listado de productores de mango del departamento de Zacapa

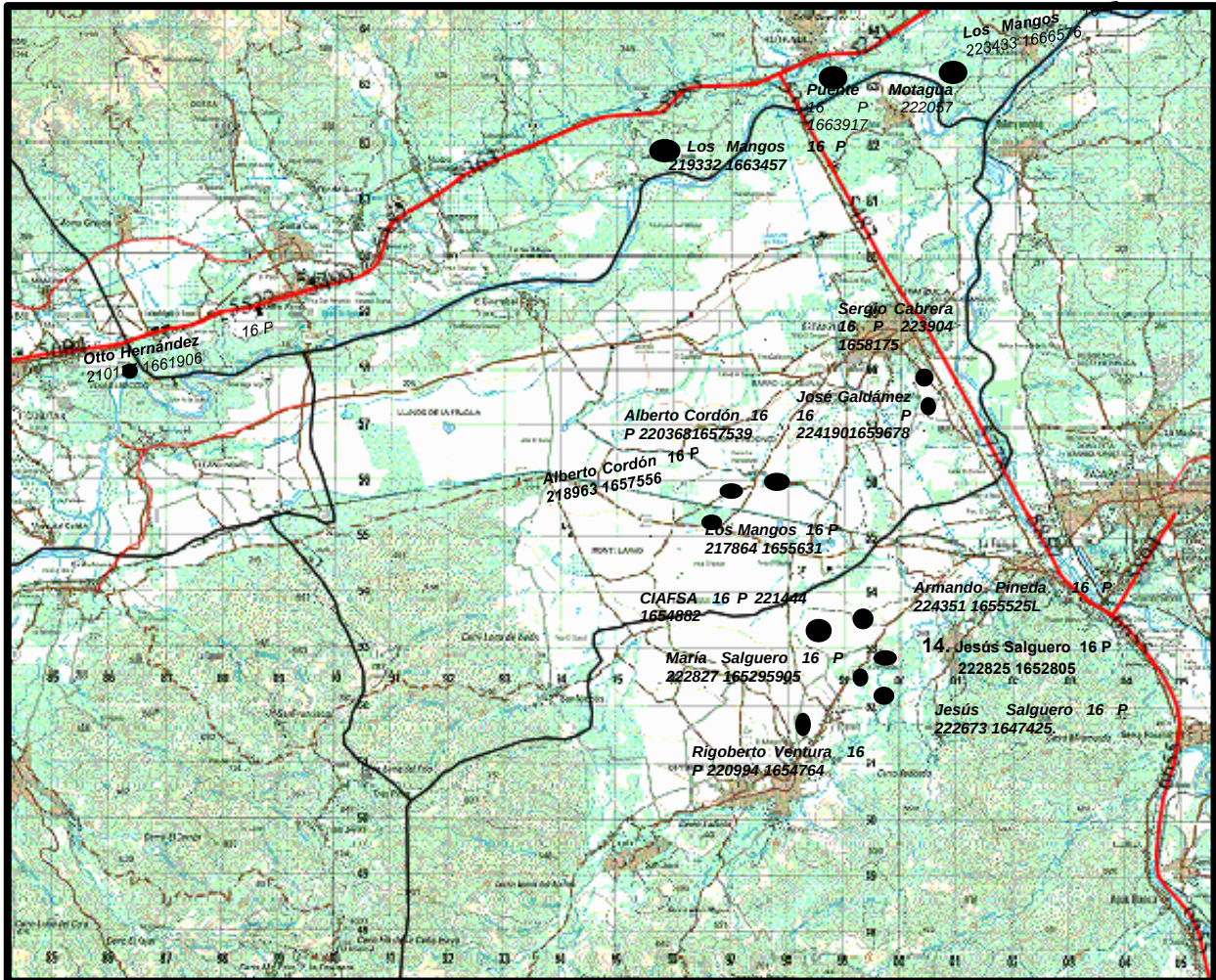
No.	Nombre del productor	No. de árboles	Hectáreas
1	Jorge Alberto Morales	170	1.09
2	Edin Castro Castañeda	600	3.85
3	Neftalí Castañeda	500	3.21
4	Carlos Guzmán	300	1.92
5	Juan Ramón Paz Aldana	150	0.96
6	Daniel Paz Franco	1000	6.41
7	Efraín Cabrera	1000	6.41
8	Nicolás Cabrera Córdón	200	1.28
9	Rene Vicente Castañeda	600	3.85
10	Héctor Rodolfo Castañeda	500	3.21
11	Eladio Antonio Arreaza	500	3.21
12	Victoriano Galdámez	200	1.28
13	Luis Alberto Córdón	70	0.45
14	Antonio Acevedo	200	1.28
15	Carlos Neftalí Aceituno	500	3.21
16	Alejandro Chali / Miguel Córdón	300	1.92
17	Jacinto Barrientos López	150	0.96
18	Daniel Humberto Paz	100	0.64
19	Los Mangos De Zacapa / Neco	1000	6.41
20	Enrique Córdón	300	1.92
21	Rigoberto Ventura	1000	6.41
22	Ferdy Flores/Gonzalo Orellana	500	3.21
23	Felipe Alfredo Méndez	1000	6.41
24	Los Mangos De Zacapa/Paceño	3000	19.23
25	Feliciano Pinto	200	1.28
26	José Vicente Paíz Hernández	600	3.85
27	Los Mangos De Zacapa	1000	6.41
28	Ferdy Flores / Villa Fontana	800	5.13
29	Alfredo Monroy	170	1.09
30	Los Mangos de Zacapa / Callejones	900	5.77
31	Edgar Ovidio Morales	1000	6.41
32	Ferdy Flores / La Esperanza	3000	19.23
33	Ferdy Flores / El Aguaje	3000	19.23
34	José Lorenzo Galdámez	300	1.92
35	Ana Victoria De León	700	4.49
36	Rolando Trujillo	200	1.28
37	Otto Leonel Hernández	1000	6.41
38	Los Mangos De Zacapa/Mariola	3200	20.51
39	Fredy Flores/Los Cocos	2000	12.82

No.	Nombre del productor	No. de árboles	Hectáreas
40	Los Mangos De Zacapa/Las Ilusiones	5000	32.05
41	Los Mangos De Zacapa/La Puntilla	1000	6.41
42	Ferdy Flores / Jumuzna	800	5.13
43	José Mauro Sosa	200	1.28
44	María Luisa Salguero	150	0.96
45	Sergio Yovany Rosales	1000	6.41
46	Armando Pineda	500	3.21
47	José Agustín Hernández	70	0.45
48	Lizandro Aldana	1600	10.26
49	Armando Duarte	1000	6.41
50	Rigoberto Córdón	700	4.49
51	Gustavo Orellana	2000	12.82
52	Orlando Navas	600	3.85
53	Oscar Oswaldo Oliva Vidal	2000	12.82
54	Humberto Trujillo	150	0.96
55	Enmerio Portillo	1000	6.41
56	Edvin Portillo	1500	9.62
57	Gustavo Vázquez	200	1.28
58	Luis Saavedra	300	1.92
59	Manuel Vásquez	500	3.21
60	Edvin Pinto	300	1.92
61	Manuel Cabrera	1000	6.41
62	Felipe Pinto	1000	6.41
63	Francisca Sosa	200	1.28
64	Rosendo Morales	300	1.92
65	Hugo Orellana Paz	2000	12.82
66	Luis Salvatierra	500	3.21
67	Fernando Antonio Navas	500	3.21
68	Edin Ramírez	15	0.10
69	Benjamín Morales Perdomo	200	1.28
70	Leonel Navas	500	3.21
71	Escuela De Agricultura	50	0.32
72	Arturo Gavidia	3500	22.44
73	Darwin Avalony	1000	6.41
74	Edvin Antonio Portillo	1500	9.62
75	Los Mangos de Zacapa Secc. 3b	1500	9.62
76	Felipe Augusto Castañeda Paz	328	2.10
77	Belisario Aldana Castañeda	547	3.50
78	Olga Mejía De Vargas	442	2.83
79	Gilda Raquel De Mendoza	328	2.10
80	Ovidio Guzmán Trujillo	3125	20.00
81	Isaías Estrada Vargas	343	2.20

No.	Nombre del productor	No. de árboles	Hectáreas
82	Oscar David Córdón T.	4687	30.00
83	María Luz Aldana Castañeda	330	2.11
84	Luis Emilio Córdón Linares	3750	24.00
85	Amalia Tobar Trujillo	442	2.80
86	Olga Beatriz Paz Córdón	547	3.50
87	David Enrique Ramírez Ramos	442	2.80
TOTAL		81556	552.59

ANEXO 3

Georreferenciación de las fincas de plantaciones de mango evaluadas en el valle de La Fragua. Zacapa, 2015.



IMÁGENES DE LAS FINCAS EVALUADAS



1. Finca Los Mangos
Rio Hondo, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 219332
1663457
Extension 6.41 hectáreas



2. Finca Los Mangos Rio Hondo,
Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 223433
16664576
Extension 9.62 hectáreas



3. Finca de Otto Hernández
Monte Grande, Rio Hondo, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 210137
1661906
Extension 5.00 hectáreas



4. Finca Puente Rio Motagua
Rio Hondo, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 222057
1663917
Extension 9.62 hectareas



5. Finca Alberto Cordón
 Estanzuela, Zacapa
 Coordenadas UTM 16 P 218963
 1657556
 Extension 0.45 hectáreas



6. Finca de Los Mangos
 Estanzuela, Zacapa
 Coordenadas UTM 16 P 217864
 1655631
 Extension 20.51 hectáreas



7. Finca de Alberto Cordón,
 Estanzuela, Zacapa
 Coordenadas UTM 16 P 220368
 1657539
 Extension 1.28 hectáreas



8. Finca Sergio Cabrera
 Estanzuela, Zacapa
 Coordenadas UTM 16 P 223904
 1658175
 Extension 6.41 hectáreas



9. Finca de Rigoberto Ventura
San Jorge, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 220994
1654764
Extension 3.00 hectáreas



10, Finca CIAFSA
San Jorge, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 221444
1654882
Extension 5.77 hectáreas



11. Finca de Maria Luisa Salguero
San Jorge, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 222827
1652959
Extension 0.96 hectáreas



12. Finca de Armando Pineda
Zacapa, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 224351
1655525

Extension 6.41 hectáreas



13. Finca de Jesús Salguero

San Jorge, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 222673
1647425

Extension 1.50 hectareas



Finca de Jesús Salguero

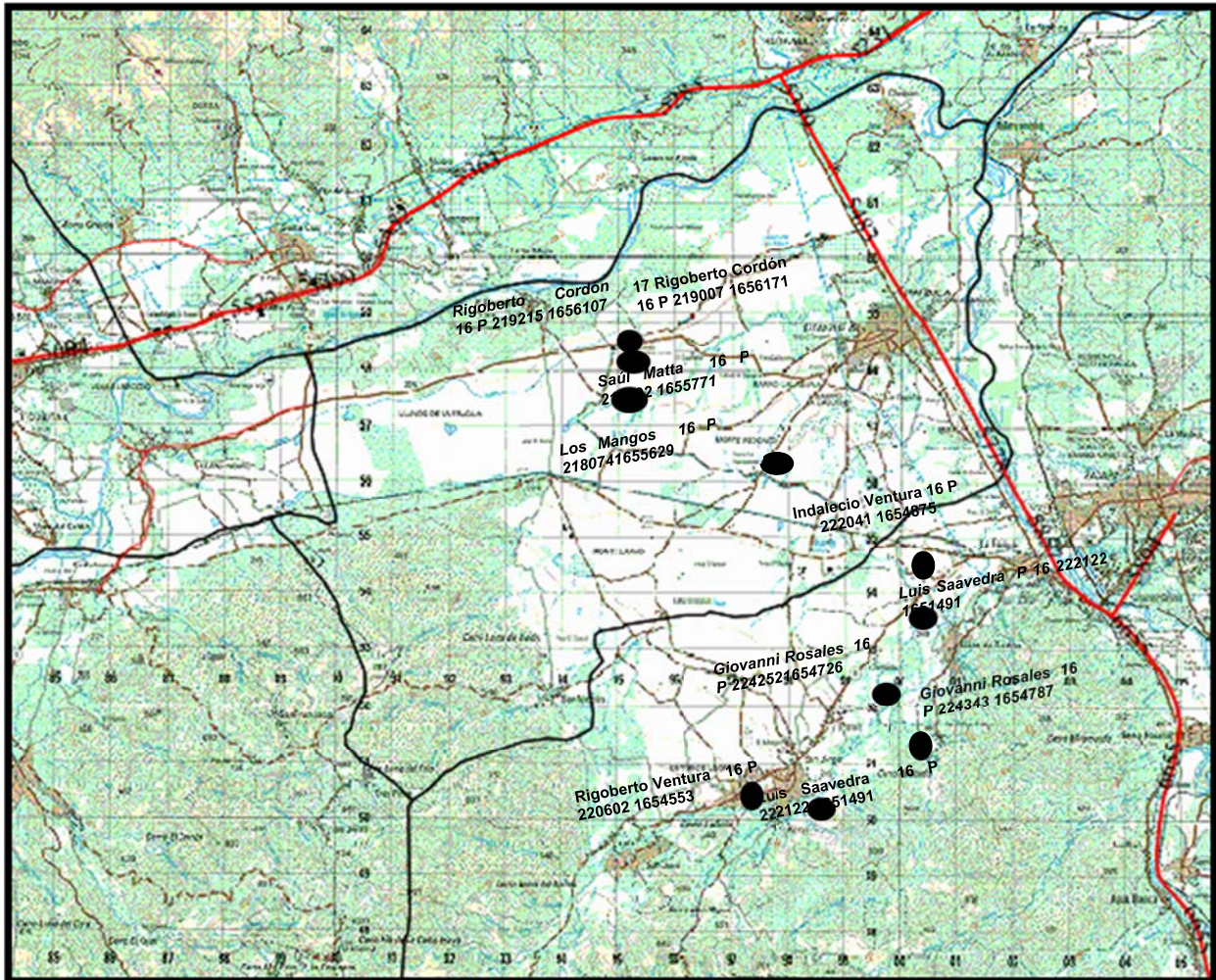
San Jorge, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 222825
1652805

Extension 1.50 hectareas

Continúa anexo 3

Georreferenciación de las fincas de plantaciones de mango evaluadas en el valle de La Fragua. Zacapa, 2015.



IMAGENES DE LAS FINCAS EVALUADAS



15. Finca de José Galdamez

Estanzuela, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 224190
1659678

Extension 1.92 hectáreas



16. Finca de Luis Saavedra

San Jorge, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 222122
1651491

Extension 1.90 hectáreas



17. Finca de Rigoberto Cordón

Estanzuela, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 219007
1656171

Extension 2.10 hectáreas



18. Finca de Rigoberto Cordón

Estanzuela, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 219215
1656107

Extension 4.49 hectáreas



19. Finca de Saúl Mata
Estanzuela, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 219092
1655771
Extension 3.50 hectáreas



20. Finca Los Mangos
Estanzuela, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 218074
1655629
Extension 32.05 hectáreas



21. Finca de Indalecio Ventura
San Jorge, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 222041
1654875
Extension 0.96 hectareas



22. Finca de Rigoberto Ventura
San Jorge, Zacapa
Coordenadas UTM 16 P 220602
1654553
Extension 3.41 hectáreas



23. Finca de Luis Saavedra

San Jorge, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 222122
1651491

Extension 3.41 hectáreas



Finca de Geovanny Rosales

Zacapa, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 224343
1654787

Extension 2.80 hectáreas



Finca de Geovanny Rosales

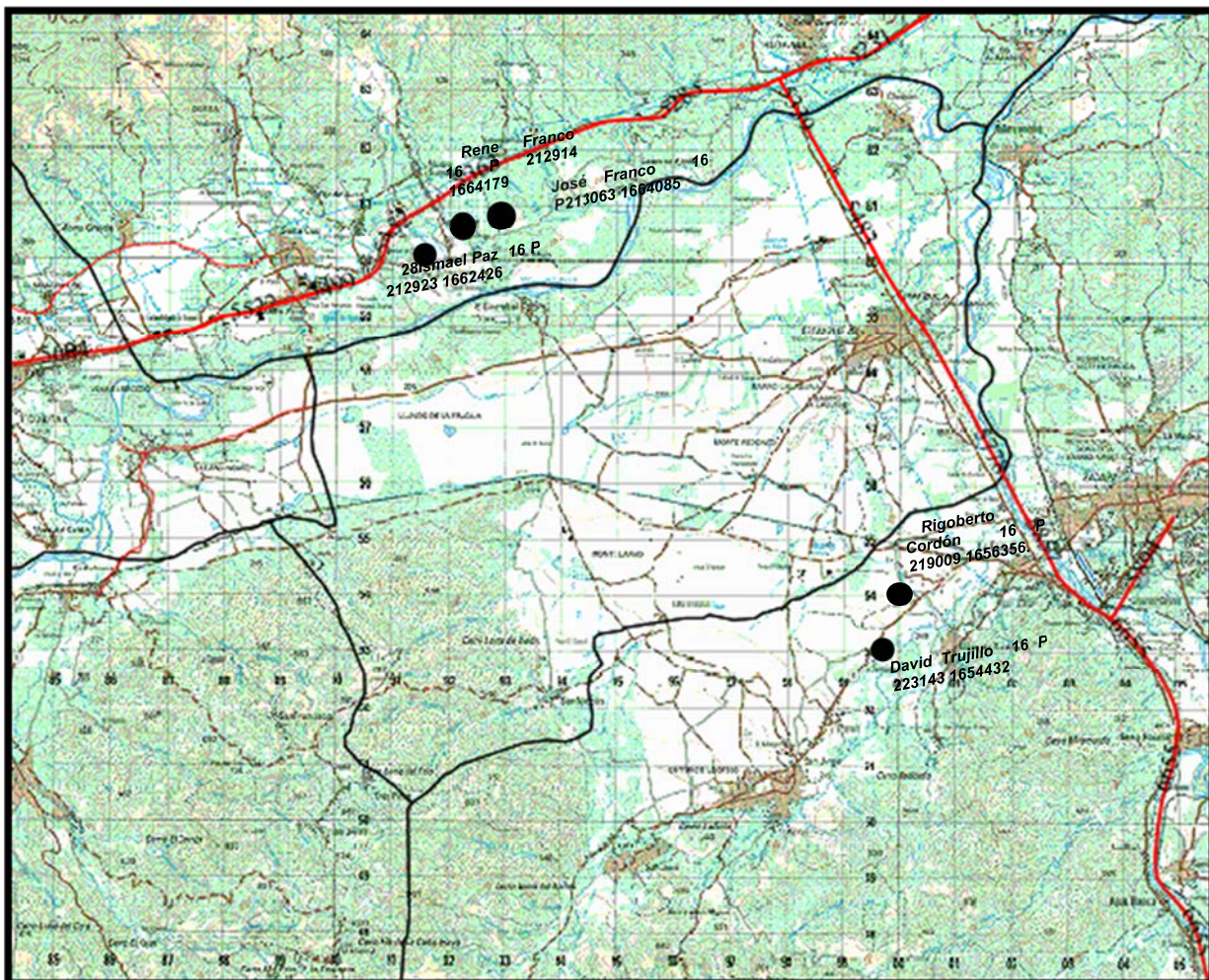
San Jorge, Zacapa

Coordenadas UTM 16 P 224252
1654726

Extension 1.50 hectáreas

Continúa anexo 3

Georreferenciación de bosques naturales evaluados en el valle de La Fragua, Zacapa, 2015.



IMAGENES DE LAS FINCAS DE BOSQUE NATURAL EVALUADAS



26. Finca de David Trujillo

Bosque Natural

Coordenada UTM 16 P 223143 1654432



27. Finca de Rigoberto Cordón

Bosque Natural

Coordenada UTM 16 P 219009 1656356



26. Finca de Ismael Paz

Bosque Natural

Coordenada UTM 16 P 212923 1662426



26. Finca de Rene Franco

Bosque Natural

Coordenada UTM 16 P 212914 1664179



26. Finca de David Trujillo

Bosque Natural

Coordenadas UTM 16 P 223143 1654432

Anexo 4

Textura del suelo de las fincas evaluadas

Bosque natural

Bosque natural	Porcentaje (%)			Textura
	Arcilla	Limo	Arena	
Finca 1	76.52	17.73	5.75	Arcillosa
Finca 2	68.58	24.02	7.4	Arcillosa
Finca 3	66.71	22.54	10.75	Arcillosa
Finca 4	76.08	20.7	3.22	Arcillosa
Finca 5	70.99	20.46	8.55	Arcillosa
Promedio	71.78	21.09	7.13	Arcillosa

Plantación de mango de 5 a 10 años de edad

Mango	Porcentaje (%)			Textura
	Arcilla	Limo	Arena	
Finca 1	71.37	22.69	5.95	Arcillosa
Finca 2	59.71	28.52	11.77	Arcillosa
Finca 3	66.15	27.28	6.57	Arcillosa
Finca 4	66.08	24.42	9.5	Arcillosa
Finca 5	62.77	26.86	10.37	Arcillosa
Promedio	65.22	25.95	8.83	Arcillosa

Plantación de mango de 10 a 15 años de edad

Mango	Porcentaje (%)			Textura
	Arcilla	Limo	Arena	
Finca 1	60.27	27.45	12.28	Arcillosa
Finca 2	57.51	26.39	16.1	Arcillosa
Finca 3	40.33	44.42	15.26	Arcillosa
Finca 4	68.81	25.4	5.78	Arcillosa
Finca 5	69.76	24.99	5.25	Arcillosa
Promedio	60.27	27.45	12.28	Arcillosa

Plantación de mango de 15 a 20 años de edad

Mango	Porcentaje (%)			Textura
	Arcilla	Limo	Arena	
Finca 1	70.4	22.38	7.22	Arcillosa
Finca 2	72.13	25.07	2.8	Arcillosa
Finca 3	50.06	38.92	11.02	Arcillosa
Finca 4	73.05	25.89	1.06	Arcillosa
Finca 5	72.59	22.27	5.14	Arcillosa
Promedio	67.65	26.91	5.45	Arcillosa

Plantación de mango de 20 a 25 años de edad

Mango	Porcentaje (%)			Textura
	Arcilla	Limo	Arena	
Finca 1	55.06	37.31	7.63	Arcillosa
Finca 2	55.62	35.47	8.92	Arcillosa
Finca 3	60.33	34.21	5.46	Arcillosa
Finca 4	65.61	26.67	7.73	Arcillosa
Finca 5	63.08	26.2	10.72	Arcillosa
Promedio	59.94	31.97	8.09	Arcillosa

Plantación de mango de 25 a 30 años de edad

Mango	Porcentaje (%)			Textura
	Arcilla	Limo	Arena	
Finca 1	51.56	35.8	12.63	Arcillosa
Finca 2	66.27	26.35	7.38	Arcillosa
Finca 3	59.17	28.69	12.15	Arcillosa
Finca 4	62.93	25.86	11.21	Arcillosa
Finca 5	62.73	26.53	10.74	Arcillosa
Promedio	60.53	28.65	10.82	Arcillosa

Anexo 5

Propiedades químicas del suelo del bosque natural

Bosque Natural	pH 5.0-7.5	Boro 1.0-5.0	Fósforo 15.0-30.0	Potasio 0.2-1.5	Calcio 4.0-20.0	Magnesio 1.0-10.0	Azufre 10-100	Aluminio 0.00-0.99	Cobre 0.1-2.5	A.L. 0.3-1.5	Hierro 2.5-16.0	Manganeso 1.0-12.0	Zinc 0.2-2.0	M.O. 3.0-6.0
Finca		mg/L	mg/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	mg/L	mg/L	%
1	7.90	1.10	23.33	0.52	10.38	1.57	22.51	0.01	0.85	0.03	22.46	7.57	1.02	5.82
2	8.10	0.38	19.21	0.29	9.59	1.60	14.52	0.01	2.05	0.03	95.53	12.78	0.81	3.95
3	8.10	0.38	19.21	0.29	9.59	1.60	14.62	0.01	2.09	0.03	95.53	12.78	0.81	3.95
4	7.90	1.10	23.33	0.52	10.38	1.57	22.51	0.01	0.85	0.03	22.46	7.57	1.02	5.82
5	6.80	0.59	39.78	0.72	5.71	2.16	5.53	0.02	1.81	0.04	63.60	20.60	5.44	3.18
Promedio	7.76	0.71	24.97	0.47	9.13	1.70	15.94	0.01	1.53	0.032	59.92	12.26	1.82	4.54

Finca	CICe	K	Ca	Mg	Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/k
	5.0-25.0	4.0-6.0	60.0-80.0	10.0-20.0	0.0-24.9	5.0-25.0	2.0-15.0	2.0-5.0	10.0-40.0
	Cmol(+)/L	Porcentaje de saturación en la CICe				Equilibrio de bases			
1	12.50	4.16	83.04	12.56	0.08	19.96	3.02	6.61	22.98
2	11.51	2.52	83.32	13.90	0.09	33.06	5.52	5.99	38.58
3	11.51	4.61	78.50	16.64	0.09	17.03	3.61	4.72	20.64
4	12.50	4.16	83.04	12.56	0.08	19.96	3.02	6.61	22.98
5	8.63	8.34	66.16	25.03	0.23	7.93	3.00	2.64	10.93
Promedio	11.33	4.76	78.81	16.14	0.11	19.59	3.63	5.32	23.22

Propiedades químicas del suelo de las plantaciones mango de 5 a 10 años de edad

Bosque Natural	pH 5.0-7.5	Boro 1.0-5.0	Fósforo 15.0-30.0	Potasio 0.2-1.5	Calcio 4.0-20.0	Magnesio 1.0-10.0	Azufre 10-100	Aluminio 0.00-0.99	Cobre 0.1-2.5	A.L. 0.3-1.5	Hierro 2.5-16.0	Manganeso 1.0-12.0	Zinc 0.2-2.0	M.O. 3.0-6.0
Finca		mg/L	mg/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	mg/L	mg/L	%
1	7.50	1.58	31.33	0.42	13.75	4.13	10.33	0.01	2.72	0.02	27.27	11.87	1.37	2.48
2	8.30	1.00	23.44	0.49	7.58	2.30	4.44	0.01	1.36	0.02	1.00	6.57	0.67	2.90
3	8.70	1.38	55.37	0.26	8.57	2.95	1.25	0.01	1.67	0.03	1.00	4.87	0.20	2.88
4	7.20	0.85	20.03	0.26	8.82	3.15	4.79	0.01	2.23	0.03	50.12	11.84	1.67	1.85
5	6.80	0.94	13.06	0.54	9.20	1.95	10.43	0.01	1.79	0.03	36.62	12.76	3.26	1.76
Promedio	7.70	1.15	28.65	0.39	9.58	2.90	6.25	0.01	1.95	0.026	23.20	9.58	1.43	2.37

Finca	CiCe	K	Ca	Mg	Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/k
	5.0-25.0	4.0-6.0	60.0-80.0	10.0-20.0	0.0-24.9	5.0-25.0	2.0-15.0	2.0-5.0	10.0-40.0
	Cmol(+)/L	Porcentaje de saturación en la CiCe				Equilibrio de bases			
1	18.32	2.29	75.05	22.54	0.05	32.77	9.84	3.33	42.62
2	10.39	4.72	72.95	22.14	0.10	15.46	4.69	3.29	20.15
3	11.31	2.20	72.57	24.98	0.08	32.99	11.35	2.91	44.34
4	12.26	2.12	71.94	25.69	0.08	33.93	12.12	2.80	46.05
5	11.72	4.61	78.50	16.64	0.09	17.03	3.61	4.72	20.64
Promedio	12.80	3.19	74.20	22.40	0.08	26.44	8.32	3.41	34.76

Propiedades químicas del suelo de las plantaciones mango de 10 a 15 años de edad

Bosque Natural	pH 5.0-7.5	Boro 1.0-5.0	Fósforo 15.0-30.0	Potasio 0.2-1.5	Calcio 4.0-20.0	Magnesio 1.0-10.0	Azufre 10-100	Aluminio 0.00-0.99	Cobre 0.1-2.5	A.L. 0.3-1.5	Hierro 2.5-16.0	Manganeso 1.0-12.0	Zinc 0.2-2.0	M.O. 3.0-6.0
Finca		mg/L	mg/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	mg/L	mg/L	%
1	7.80	1.02	17.04	0.33	9.89	3.03	31.75	0.01	1.30	0.02	19.35	27.51	0.87	2.16
2	7.80	1.17	19.27	0.41	10.27	1.48	14.67	0.01	0.86	0.03	49.31	8.90	0.85	0.99
3	7.80	0.44	57.59	0.25	7.59	1.68	3.13	0.01	1.18	0.02	27.13	18.06	1.48	2.24
4	7.80	0.65	64.08	0.54	8.37	2.10	1.43	0.01	1.29	0.02	23.24	13.64	1.17	2.94
5	7.60	0.76	37.52	0.48	8.43	2.33	4.78	0.01	1.48	0.03	27.52	24.96	1.06	2.37
Promedio	7.76	0.81	39.10	0.40	8.91	2.12	11.15	0.01	1.22	0.024	29.31	18.61	1.09	2.14

Finca	CiCe	K	Ca	Mg	Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/k
	5.0-25.0	4.0-6.0	60.0-80.0	10.0-20.0	0.0-24.9	5.0-25.0	2.0-15.0	2.0-5.0	10.0-40.0
	Cmol(+)/L	Porcentaje de saturación en la CiCe				Equilibrio de bases			
1	13.27	2.49	74.53	22.83	0.08	29.93	9.17	3.26	39.10
2	12.19	3.36	84.25	12.14	0.08	25.07	3.61	6.94	28.69
3	9.54	2.62	79.56	17.61	0.10	30.37	6.72	4.52	37.09
4	11.03	4.90	75.88	19.04	0.09	15.49	3.89	3.99	19.37
5	11.27	4.26	74.80	20.67	0.09	17.56	4.85	3.62	22.41
Promedio	11.46	3.53	77.80	18.46	0.09	23.68	5.65	4.47	29.33

Propiedades químicas del suelo de las plantaciones mango de 15 a 20 años de edad

Bosque Natural	pH 5.0-7.5	Boro 1.0-5.0	Fósforo 15.0-30.0	Potasio 0.2-1.5	Calcio 4.0-20.0	Magnesio 1.0-10.0	Azufre 10-100	Aluminio 0.00-0.99	Cobre 0.1-2.5	A.L. 0.3-1.5	Hierro 2.5-16.0	Manganeso 1.0-12.0	Zinc 0.2-2.0	M.O. 3.0-6.0
Finca		mg/L	mg/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	mg/L	mg/L	%
1	7.80	0.79	341.20	1.29	5.60	1.26	11.25	0.01	1.47	0.03	29.96	19.69	2.62	2.37
2	7.80	0.82	3.59	0.35	10.75	2.87	4.98	0.02	2.61	0.03	33.44	21.38	0.87	1.65
3	8.50	0.64	29.52	0.65	7.72	3.31	1.68	0.01	0.92	0.03	10.87	13.23	0.79	2.55
4	8.50	0.64	39.15	0.49	9.33	2.91	3.08	0.01	1.23	0.02	11.72	19.62	1.75	2.44
5	8.00	0.43	47.35	1.16	9.20	1.95	8.36	0.01	1.42	0.02	21.09	13.10	3.12	2.46
Promedio	8.12	0.66	92.16	0.79	8.52	2.46	5.87	0.01	1.53	0.03	21.42	17.40	1.83	2.29

Finca	CiCe	K	Ca	Mg	Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/k
	5.0-25.0	4.0-6.0	60.0-80.0	10.0-20.0	0.0-24.9	5.0-25.0	2.0-15.0	2.0-5.0	10.0-40.0
	Cmol(+)/L	Porcentaje de saturación en la CiCe				Equilibrio de bases			
1	11.27	4.26	74.80	20.67	0.09	17.56	4.85	3.62	22.41
2	14.00	2.50	76.79	20.50	0.14	30.72	8.20	3.75	38.92
3	11.71	5.55	65.93	28.27	0.09	11.88	5.09	2.33	16.97
4	12.75	3.84	73.18	22.82	0.08	19.06	5.94	3.21	25.00
5	12.33	9.41	74.61	15.82	0.08	7.93	1.68	4.72	9.61
Promedio	12.41	5.11	73.06	21.62	0.10	17.43	5.15	3.52	22.58

Propiedades químicas del suelo de las plantaciones mango de 20 a 25 años de edad

Bosque Natural	pH 5.0-7.5	Boro 1.0-5.0	Fósforo 15.0-30.0	Potasio 0.2-1.5	Calcio 4.0-20.0	Magnesio 1.0-10.0	Azufre 10-100	Aluminio 0.00-0.99	Cobre 0.1-2.5	A.L. 0.3-1.5	Hierro 2.5-16.0	Manganeso 1.0-12.0	Zinc 0.2-2.0	M.O. 3.0-6.0
Finca		mg/L	mg/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	mg/L	mg/L	%
1	7.20	1.91	13.25	0.56	8.71	2.55	28.29	0.01	1.72	0.02	23.67	28.67	7.93	2.57
2	6.50	0.70	61.77	0.39	4.64	1.13	2.26	0.01	3.54	0.02	58.41	34.16	2.53	2.07
3	6.90	0.82	61.41	0.65	10.49	2.51	7.05	0.01	3.07	0.03	33.88	23.21	1.58	1.94
4	8.20	0.63	37.96	0.86	9.33	2.65	3.29	0.01	3.34	0.02	28.84	28.07	4.71	2.46
5	8.20	0.68	29.90	0.20	6.63	1.66	1.49	0.01	0.92	0.02	17.39	17.89	0.98	2.59
Promedio	7.40	0.95	40.86	0.53	7.96	2.10	8.48	0.01	2.52	0.022	32.44	26.40	3.55	2.33

Finca	CICe	K	Ca	Mg	Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/k
	5.0-25.0	4.0-6.0	60.0-80.0	10.0-20.0	0.0-24.9	5.0-25.0	2.0-15.0	2.0-5.0	10.0-40.0
	Cmol(+)/L	Porcentaje de saturación en la CICe				Equilibrio de bases			
1	11.84	4.73	73.56	21.54	0.08	15.55	4.55	3.42	20.11
2	6.18	6.31	75.08	18.28	0.16	11.90	2.90	4.11	14.80
3	13.82	4.77	76.58	18.43	0.07	16.05	3.86	4.16	19.92
4	12.86	6.69	72.55	20.61	0.08	10.84	3.08	3.52	13.93
5	8.51	2.35	77.91	19.51	0.12	33.15	8.30	3.99	41.46
Promedio	10.64	4.97	75.14	19.67	0.10	17.50	4.54	3.84	22.04

Propiedades químicas del suelo de las plantaciones mango de 25 a 30 años de edad

Bosque Natural	pH 5.0-7.5	Boro 1.0-5.0	Fósforo 15.0-30.0	Potasio 0.2-1.5	Calcio 4.0-20.0	Magnesio 1.0-10.0	Azufre 10-100	Aluminio 0.00-0.99	Cobre 0.1-2.5	A.L. 0.3-1.5	Hierro 2.5-16.0	Manganeso 1.0-12.0	Zinc 0.2-2.0	M.O. 3.0-6.0
Finca		mg/L	mg/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	Cmol(+)/L	mg/L	mg/L	mg/L	%
1	7.80	0.72	24.95	0.28	4.71	1.87	24.88	0.01	1.01	0.02	28.14	16.75	1.68	2.16
2	7.80	1.17	19.27	0.41	10.27	1.48	14.67	0.01	0.86	0.03	49.31	8.90	0.86	0.99
3	6.80	0.94	13.06	0.54	9.20	1.95	10.43	0.01	1.79	0.03	36.62	12.76	3.26	1.76
4	7.20	1.13	15.07	0.68	10.92	2.87	13.95	0.01	2.61	0.03	39.77	23.68	5.23	2.37
5	7.80	0.79	34.12	1.29	5.60	1.26	11.25	0.01	1.47	0.03	29.96	19.69	2.62	2.37
Promedio	7.48	0.95	21.29	0.64	8.14	1.89	15.04	0.01	1.55	0.03	36.76	16.36	2.73	1.93

Finca	CICe	K	Ca	Mg	Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/k
	5.0-25.0	4.0-6.0	60.0-80.0	10.0-20.0	0.0-24.9	5.0-25.0	2.0-15.0	2.0-5.0	10.0-40.0
	Cmol(+)/L	Porcentaje de saturación en la CICe				Equilibrio de bases			
1	6.18	6.31	75.08	18.28	0.16	11.90	2.90	4.11	14.80
2	12.19	3.36	84.85	12.14	0.08	25.25	3.61	6.99	28.87
3	11.72	4.61	76.50	16.64	0.09	16.59	3.61	4.60	20.20
4	14.50	4.69	75.31	19.79	0.07	16.06	4.22	3.81	20.28
5	8.18	15.77	68.46	15.40	0.12	4.34	0.98	4.45	5.32
Promedio	10.55	6.95	76.04	16.45	0.10	14.83	3.06	4.79	17.89

Anexo 6

Índice de fertilidad del suelo del bosque natural

Finca	Materia orgánica %	pH	Fósforo (ppm)	Saturación Al %	CICA Meq/100 g	Bases totales Meq/100 g	Potasio Meq/100 g	Suma	Calificación
Bosque N. 1	2	3	3	2	2	2	2	16	Fertilidad alta
Bosque N. 2	2	3	3	2	2	2	1	15	Fertilidad moderada
Bosque N. 3	2	3	3	2	2	2	1	15	Fertilidad moderada
Bosque N. 4	2	3	3	2	2	2	2	16	Fertilidad alta
Bosque N. 5	2	3	3	2	1	1	2	14	Fertilidad moderada
Promedio	2	3	3	2	1.8	1.8	1.6	15.2	Fertilidad alta

Índice de fertilidad del suelo de la plantación de mango de 5 a 10 años de edad

Finca	Materia orgánica %	pH	Fósforo (ppm)	Saturación Al %	CICA Meq/100 g	Bases totales Meq/100 g	Potasio Meq/100 g	Suma	Calificación
Finca 1	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 2	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 3	1	3	3	2	2	2	1	14	Fertilidad moderada
Finca 4	1	3	3	2	2	2	1	14	Fertilidad moderada
Finca 5	1	3	2	2	2	2	2	14	Fertilidad moderada
Promedio	1	3	2.8	2	2	2	1.6	14.4	Fertilidad moderada

Índice de fertilidad del suelo de la plantación de mango de 10 a 15 años de edad

Finca	Materia orgánica %	pH	Fósforo (ppm)	Saturación Al %	CICA Meq/100 g	Bases totales Meq/100 g	Potasio Meq/100 g	Suma	Calificación
Finca 1	1	3	3	2	2	2	1	14	Fertilidad moderada
Finca 2	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 3	1	3	3	2	1	1	1	12	Fertilidad moderada
Finca 4	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 5	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Promedio	1	3	3	2	1.8	1.8	1.6	14.2	Fertilidad moderada

Índice de fertilidad del suelo de la plantación de mango de 15 a 20 años de edad

Finca	Materia orgánica %	pH	Fósforo (ppm)	Saturación Al %	CICA Meq/100 g	Bases totales Meq/100 g	Potasio Meq/100 g	Suma	Calificación
Finca 1	1	3	3	2	2	1	2	14	Fertilidad moderada
Finca 2	1	3	1	2	2	2	1	12	Fertilidad moderada
Finca 3	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 4	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 5	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Promedio	1	3	2.6	2	2	1.8	1.8	14.2	Fertilidad moderada

Índice de fertilidad del suelo de la plantación de mango de 20 a 25 años de edad

Finca	Materia orgánica %	pH	Fósforo (ppm)	Saturación Al %	CICA Meq/100 g	Bases totales Meq/100 g	Potasio Meq/100 g	Suma	Calificación
Finca 1	1	3	1	2	2	2	2	13	Fertilidad moderada
Finca 2	1	3	3	2	1	1	2	13	Fertilidad moderada
Finca 3	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 4	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 5	1	3	3	2	1	1	1	12	Fertilidad moderada
Promedio	1	3	2.6	2	1.6	1.6	1.8	13.6	Fertilidad moderada

Índice de fertilidad del suelo de la plantación de mango de 25 a 30 años de edad

Finca	Materia orgánica %	pH	Fósforo (ppm)	Saturación Al %	CICA Meq/100 g	Bases totales Meq/100 g	Potasio Meq/100 g	Suma	Calificación
Finca 1	1	3	3	2	1	1	1	12	Fertilidad moderada
Finca 2	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 3	1	3	2	2	2	2	2	14	Fertilidad moderada
Finca 4	1	3	3	2	2	2	2	15	Fertilidad moderada
Finca 5	1	3	3	2	1	1	2	13	Fertilidad moderada
Promedio	1	3	2.8	2	1.6	1.6	1.8	13.8	Fertilidad moderada

Lineamientos generales de manejo de la fertilidad del suelo en el área de estudio

Se entrevistó al personal de las fincas, para obtener la siguiente información relacionada con el uso actual de los fertilizantes para el proceso productivo del mango.

- Tamaño de la finca (hectáreas).
- Extensión en la producción de mango (hectáreas)
- Número de fertilizaciones/año
- Fertilizantes que aplican (fórmulas)
- Cantidad de fertilizantes por aplicación y en el año (kg/ha).
- Rendimientos de frutos de mango promedio de los últimos cinco años (kg/ha).
- Edad de la plantación de mango (años).

Esta información y la obtenida de los requerimientos de macronutrientes para el cultivo de mango, se emplearon para elaborar la propuesta del manejo de la fertilidad en las plantaciones de mango del valle de La Fragua.

Propiedades físicas del suelo

- Textura (distribución y tamaño de las partículas) determinó a través del Método Bouyucos.

Propiedades químicas del suelo

- pH potencial de iones Hidronio determinó a través del método del potenciómetro en agua. El cual consistió en preparar una suspensión de suelo seco a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $< 2\text{ mm}$, con agua en una proporción muestra: agua de 1:1, y en el sobrenadante se determinó el valor del pH en H_2O .

- Conductividad eléctrica determinó a través del Método del Conductivímetro. El cual consistió en preparar una muestra de suelo seco a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y < 2 mm de suelo, se extrajo con agua a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en una relación muestra: agua de 1:5 para disolver las sales. Con el extracto filtrado se midió la conductividad eléctrica (CE) corregida a 25°C .
- Materia orgánica determinó a través del método de Walkley y Black. Para lo cual se pesaron entre 0.2 y 2.0 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm, Se colocó la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml y se le adicionaron 5 ml de dicromato de potasio 1N y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado, se agitó y se dejó enfriar. Cuando se enfrió se diluyó con 50 ml de agua destilada y se le agregaron 5 ml de ácido fosfórico y 3 gotas de difenilamina. Se preparó un blanco, es decir, una mezcla de todos los reactivos mencionados pero sin suelo. Se tituló la mezcla inicial y el blanco con una solución de sulfato ferroso 1N, la titulación estuvo completa cuando se obtuvo un color verde. Se calculó el contenido de carbono orgánico con la siguiente ecuación:

$$\%C = \frac{V*(1-M/B)*0.003}{P_m}$$

En donde:

%C es el contenido de carbono orgánico en %

V es el volumen de dicromato de potasio empleado en la muestra y el blanco (5 ml).

M es el volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra.

B es el volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco.

P_m es el peso de la muestra de suelo.

Se transforma el contenido de carbono orgánico a contenido de materia orgánica, en porcentaje (%MO), mediante la relación: $\%MO = \%C * 1.724$

- Fósforo determinó a través del método de Olson. Esta se realizó a través de determinación de colorimétrica del fósforo extraído del suelo mediante una solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 0.5 M a pH 8.5.

- Microelementos (Fe, Mn, Zn y Cu) se determinaron a través del método Lindsay y Norvell, aplicando la solución extractante DPTA 0.005 M + TEA 0.01 M + CaCl_2 0.001 M a pH 7.3, ajustado con HCl. El procedimiento de extracción consistió en colocar en un Erlenmeyer de 125 ml, 10 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm. Se añadieron 20 ml de disolución extractante, se tapó el matraz y se agitó en un agitador horizontal con brazo de 8 cm (2 horas a 120 rpm). Posteriormente se filtró la suspensión por gravedad a través de un filtro de papel Whatman nº 42. Una vez obtenido el filtrado, se llevó a cabo la medida de la concentración de micronutrientes, mediante espectrofotometría de absorción atómica (EAA).