UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA EL MANEJO DE LA FERTILIDAD EN EL CULTIVO DE MELÓN *Cucumis melo* L., FINCA VALLE VERDE, MUNICIPIO DE SAN JORGE, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, GUATEMALA 2012.

HÉCTOR EDUARDO DONIS CHACÓN

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA EL MANEJO DE LA FERTILIDAD EN EL CULTIVO DE MELÓN *Cucumis melo* L., FINCA VALLE VERDE, MUNICIPIO DE SAN JORGE, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, GUATEMALA 2012.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

HÉCTOR EDUARDO DONIS CHACÓN

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2014

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. Edgar Arnoldo Casasola Chinchilla
Representante de Profesores:	Ph.D. Felipe Nery Agustín Hernández
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Alberto Genesio Orellana Roldán
Representante de Estudiantes:	Br. Heidy Jeanneth Martínez Cuestas
Representante de Estudiantes:	Br. Otoniel Sagastume Escobar
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

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

TERNA EVALUADORA

Ing. Agr. José Luis Ságüil Barrera
MSc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Ing. Agr. Elmer Barillas Klee

Guatemala, Agosto de 2014

Señores:
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala
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: **EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA EL MANEJO DE LA FERTILIDAD EN EL CULTIVO DE MELÓN *Cucumis melo* L., FINCA VALLE VERDE, MUNICIPIO DE SAN JORGE, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, GUATEMALA 2012,** como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en sistema de producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente;

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

T.P.A. Héctor Eduardo Donis Chacón
Carné: 200340136

REF-PTG- FSCL-04-2014
Chiquimula, mayo de 2014

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-, para asesorar al estudiante, Héctor Eduardo Donis Chacón, en el trabajo de investigación denominado **"EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA EL MANEJO DE LA FERTILIDAD EN EL CULTIVO DE MELÓN *Cucumis melo L.*, FINCA VALLE VERDE, MUNICIPIO DE SAN JORGE, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, GUATEMALA 2012",** tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi 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.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSc. Fredy Samuel Coronado López
Asesor Principal

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CHIQUIMULA
AGRONOMIA

cc. Archivo

CUNORI
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

D-TG-A-051/2014

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 **HÉCTOR EDUARDO DONIS CHACÓN** titulado **"EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA EL MANEJO DE LA FERTILIDAD EN EL CULTIVO DE MELÓN Cucumis melo L., FINCA VALLE VERDE, MUNICIPIO DE SAN JORGE, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, GUATEMALA 2012"**, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniero Agrónomo. 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 veintitrés de julio de dos mil catorce

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Oriente
Chiquimula
Dirección

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC

c.c. Archivo
NWGC/ars

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:	Por ser el creador de la vida y fuente de sabiduría que me brindo la fortaleza para alcanzar tan valioso triunfo y estar en todos los momentos de mi vida.
A MIS PADRES:	Saúl Donis y Elva Maritza Chacón, muchas gracias, porque con su amor, consejos, trabajo y esfuerzo he podido alcanzar tan preciado triunfo. LOS AMO
A MI ESPOSA:	Darlyn Arriaza, por buena esposa, amorosa y comprensiva, quien me ha apoyado en todo momento y es una forma de decirte que TE AMO.
A MI HIJO:	Héctor Andrés, por la alegría que proyecta en nuestro hogar.
A MIS HERMANOS:	Saúl Donis, Jack Donis y Judith Chacón, con mucho cariño y como ejemplo para alcanzar las metas propuestas.
A MIS SOBRINOS:	Saúl Eduardo, Valeria Sofía, Jackito, Elián y Sury, que sirva como ejemplo para alcanzar sus metas.
A MI CUÑADA:	Chiqui, por el cariño y apoyo incondicional.
A MIS ABUELOS:	Papá Héctor (Q.E.P.D) y Mamá Tina (Q.E.P.D), que Dios los guarde en su presencia. Papá Chilano y Mamá Carlota, por sus sabios consejos y apoyo incondicional.
A MIS TIOS Y TIAS:	Por afecto y cariño hacia mi persona.
A MIS PRIMOS Y PRIMAS:	Por los buenos momentos compartidos durante toda la vida.
A MIS CATEDRÁTICOS:	Que por su experiencia, son portadores y comunicadores del saber profesional.
A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:	Por su amistad y ayuda durante la etapa de estudiantes. Especialmente a Boris Esaú Cervantes Diaz (Q.E.P.D) y Edgar Fernando Franco Franco (Q.E.P.D).
A MIS ASESORES:	Ing. Fredy Coronado, Ing. Raúl Chacón e Ing. Luis Orellana, por el apoyo brindado incondicionalmente.
AL CUNORI-USAC:	Casa de estudios dadora del saber profesional.
A LAS EMPRESAS Agroexportadora Valle Verde y Soluciones Analíticas S.A	Por brindarme los recursos y los medios para la realización de la presente investigación.

INDICE GENERAL

	Contenido	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO CONCEPTUAL	2
2.1	Antecedentes	2
2.2	Justificación	4
2.3	Definición y Delimitación del problema	5
3.	MARCO TEÓRICO	6
3.1	Cultivo de melón (*Cucumis melo* L.)	6
3.1.1	Taxonomía del melón	7
3.1.2	Características botánicas del melón	7
3.1.3	Las variedades de melón	10
3.1.4	Requerimientos de clima y suelo	11
3.2	Nutrición de melón	12
3.2.1	Fertilización en melón	15
3.3	Fertilidad del suelo	18
3.4	Análisis de suelo y su interpretación	19
3.4.1	Textura	19
3.4.2	Potencial de Hidrógeno (pH)	19
3.4.3	Conductividad eléctrica (EC)	21
3.4.4	Materia orgánica (M.O.)	22
3.4.5	Relación C/N	23
3.4.6	Nitrógeno (N)	24
3.4.7	Fósforo (P)	25
3.4.8	Potasio (K)	25
3.4.9	Carbonatos totales	26
3.4.10	Caliza activa	27
3.4.11	Magnesio (Mg)	28
3.4.12	Sodio (Na)	29
3.4.13	Hierro (Fe)	30
3.4.14	Boro (B)	30
3.4.15	Otros microelementos	31
4.	MARCO REFERENCIAL	32
4.1	Ubicación del área de estudio	32
4.2	Características biofísicas del área de estudio	33
4.2.1	Zona de vida	33
4.2.2	Clima	33
4.3	Recursos naturales	33
4.3.1	Suelos	33
4.3.2	Topografía	34
4.3.3	Hidrología	34
4.3.4	Flora y fauna	34
5.	MARCO METODOLOGICO	36
5.1	Objetivos	36
5.1.1	Objetivo general	36
5.1.2	Objetivos específicos	36

Contenido **Página**

5.2	Descripción de la metodología	36
5.2.1	Determinación de la fertilidad en el suelo	36
5.2.2	Propuesta plan de manejo	37
5.3	Fase de gabinete inicial	37
5.4	Muestreo de suelo con fines de fertilidad	38
5.5	Análisis de laboratorio de la muestras de suelo	39
5.5.1	Determinación de las texturas de las áreas evaluadas	39
5.5.2	Análisis de laboratorio para las propiedades químicas	40
5.6	Variables respuesta	41
5.6.1	Propiedades físicas	41
5.6.2	Propiedades químicas	42
5.7	Análisis de la información	42
6.	ANALISIS DE RESULTADOS	43
6.1	Disponibilidad de nutrientes	43
6.1.1	Clase textural	43
6.1.2	Potencial de Hidrógeno (pH)	44
6.1.3	Conductividad Eléctrica (EC)	45
6.1.4	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	46
6.1.5	Porcentaje de saturación de cationes con respecto al CIC	47
6.1.6	Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)	50
6.1.7	Fosforo (P)	52
6.1.8	Azufre y elementos menores	53
6.1.9	Materia orgánica (M.O.)	55
6.1.10	Aluminio (Al)	56
6.1.11	Curva Fijación de P y Cantidad/Intensidad de K	57
6.1.12	Lineamientos generales para el manejo de la fertilidad de los suelos.	58
6.1.13	Directrices para manejo de la fertilidad de los suelos	58
6.1.14	Manejo de la fertilidad en suelos alcalinos y suelos ácidos en la finca Valle Verde	61
7.	CONCLUSIONES	64
8.	RECOMENDACIONES	65
9.	BIBLIOGRAFIAS	66
10.	ANEXOS	70

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1	Temperaturas críticas para melones y sandías en sus distintas fases de desarrollo.	11
2	Clasificación del pH de los suelos.	20
3	Recomendaciones para encalar de acuerdo al Ca^{2+} el extraído.	21
4	Valoración de la relación C/N.	24
5	Valoración del suelo en cuanto al contenido en carbonatos.	27
6	Valoración del contenido de calcio en el suelo.	28
7	Valoración del contenido de magnesio en el suelo.	29
8	Valoración del contenido de boro en el suelo.	30
9	Ubicación de las áreas de estudio en la finca Valle Verde, Zacapa.	33
10	Interpretación de los resultados de laboratorio para las propiedades químicas del análisis de fertilidad en el suelo.	41
11	Clases texturales de acuerdo al área de estudio de la finca Valle Verde, en el valle de La Fragua, periodo 2011-2012.	43
12	Valores de pH de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.	44
13	Valores de concentraciones de sales de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.	45
14	Valores de capacidad de intercambio catiónico de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.	46
15	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 CIC, para las muestras de los años 2011 y 2012.	48

16	Relación K/Mg obtenidos de los análisis de porcentaje de saturación de cationes con respecto al CIC, para las muestras de los años 2011 y 2012.	49
17	Relación Ca/Mg obtenidos de los análisis de porcentaje de saturación de cationes con respecto al CIC, para las muestras de los años 2011 y 2012.	49
18	Valores de potasio en los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.	51
19	Valores de disponibilidad de fósforo (mg/kg)) de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.	53
20	Valores de elementos menores obtenidos de los análisis de suelo, para las áreas muestreadas de los años 2011 y 2012, en la finca Valle Verde.	54
21	Valores de materia orgánica de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.	55
22	Valores de aluminio de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.	56
23	Promedio de fósforo fijado en cada una de las áreas productivas evaluadas en la finca Valle Verde, Zacapa.	57
24	Valores de cantidad/intensidad de potasio en cada una de las áreas productivas evaluadas, en la finca Valle Verde, Zacapa.	57

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1	Áreas productoras de melón para estudio de suelo con fines de fertilidad, en la finca Valle Verde, Zacapa.	32
2	Triángulo de texturas según clasificación del USDA.	40

RESUMEN

El presente estudio tiene como propósito fundamental determinar la fertilidad de los suelos de las áreas productoras de melón, de la finca Agroexportadora Valle Verde, ubicada en el departamento de Zacapa, Guatemala.

La metodología para el análisis de fertilidad en el suelo utiliza principalmente indicadores químicos analizados en laboratorio. Se tomaron en cuenta los resultados de muestreo de las seis áreas de estudio del año 2011 – 2012 Los resultados se analizaron comparando los rangos adecuados de cada parámetros analizados, para finalmente proponer lineamientos generales de manejo de la fertilidad.

Se identificó que los suelos del área de estudio presentan un pH básico que va de 6.06 a 6.99, los macro elementos (K, Ca y Mg), estos se encontraron en el rango adecuado a levemente superior, además presentaron fósforo en niveles adecuados, la materia orgánica se encontró en rango bajo (< 1.0% de MO) a medio bajo (1 a 2% de MO). Los porcentajes de saturación Ca y Mg, se encuentran en el rango adecuado y los porcentajes de saturación de K en las áreas 3 y 5 presentan niveles altos.

Por medio de la investigación se establece que las condiciones de producción intensiva del cultivo del melón influyen positivamente en los procesos físicos y químicos del suelo, en el período evaluado. La información generada contribuirá al desarrollo y uso adecuado de los suelos de la finca, ya que se identificaron lineamientos generales para el manejo de la fertilidad de los suelos y se determinó el Manejo de la fertilidad del suelo en suelos alcalinos y suelos ácidos en la finca Valle Verde.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de fertilidad de suelo tiene como objetivo generar recomendaciones para la aplicación de fertilizantes en los cultivos, basado en los análisis de los nutrientes disponibles o extractables para la producción agrícola. Entre sus ventajas se destaca ser un método rápido y de bajo costo, que le permite ser utilizado ampliamente por agricultores y empresas. Los análisis de suelo con fines de fertilidad del suelo, extracciones químicas y/o bioquímicas rápidas que estiman la disponibilidad de nutrientes (Sims 2000; Havlim, Beaton, Tisdale y Nelson 2005).

La cantidad de nutriente que se extrae es tan solo una proporción de la cantidad total del nutriente en el suelo. La cantidad de nutriente extraída tampoco es igual a la cantidad de nutriente absorbida por el cultivo, pero se relaciona estrechamente con esta. Por lo tanto, se puede decir que el análisis de suelo es solo un índice de disponibilidad de nutrientes para el cultivo (García y Ciampitti 2010).El análisis de suelo constituye la mejor práctica de manejo para el uso de fertilizantes químicos y/o orgánicos, con fines de producción como de protección ambiental.

En el presente estudio se determinó los niveles de fertilidad de los suelos de la finca Valle Verde, Zacapa, Guatemala, analizando el comportamiento de los nutrientes en dos años de muestreo 2011 y 2012. El objetivo principal de la investigación fue determinar el comportamiento de la fertilidad de los suelos principalmente evaluando indicadores químicos.

Entre los resultados más importantes se puede mencionar la influencia positiva del manejo de la fertilización en la finca sobre los niveles de los macro y micronutrientes, en el período evaluado. También resalta la baja fijación del fósforo por los suelos evaluados y la alta capacidad para intercambiar cationes en la mayoría del área, concluyéndose que son suelos con adecuada fertilidad y con alto potencial para la producción del cultivo de melón.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

Los suelos de estas zonas de clima árido y semiárido son variables en profundidad, textura, pH, conductividad eléctrica y fertilidad, siendo frecuente los suelos con perfil incipiente o poco desarrollado. Otra de las características de estas zonas es la baja disponibilidad de agua, cuantificada a base de la precipitación media anual, en relación con la evaporación de un área geográfica determinada. Cuando esta relación es menor a 0.65 se considera zona de clima árido y semiárido. Los factores que inciden en esta alta evaporación son la radiación solar incidente, la presión de vapor del aire, fluctuación de temperaturas diurna/ nocturna y la velocidad del viento. Los suelos acumulan sales solubles cuya distribución, composición y concentración depende de las características y flujo del agua en el perfil. En zonas con baja precipitación, la evaporación del agua deja en el suelo sales que, al no ser disueltas y redistribuidas, generan la salinización de los suelos. Los suelos de zonas áridas y semiáridas acumulan carbonato y la tasa de infiltración del horizonte cálcico depende del contenido de carbonato. La productividad de estos suelos depende de la capacidad de retención de agua, textura, profundidad y contenido de materia orgánica (Mazuela 2013).

La degradación del suelo es el resultado de uno o más procesos que ocasionan la pérdida total o parcial de la fertilidad en los suelos, afectando las propiedades físicas, químicas y biológicas. Es difícil efectuar una separación entre los distintos procesos de degradación que puede sufrir el suelo, debido a que están íntimamente relacionados y en permanente evolución en función principalmente de la utilización de la tierra por el hombre (Casas 2011).

Como procesos de degradación química, se indican las pérdidas de nutrientes, la acidificación, la salinización que natural o artificialmente afecta a los suelos y al agua doméstica y de riego, así como la contaminación producida por el uso excesivo de plaguicidas, herbicidas y en algunos casos, de fertilizantes. Íntimamente relacionados con los procesos anteriormente mencionados, la degradación biológica del suelo,

comprende la disminución del contenido de materia orgánica, y los cambios generalmente desfavorables que se producen en la microflora y fauna, que afectan negativamente la productividad del mismo (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 1986).

En las últimas cuatro décadas las tierras agrícolas del valle del Motagua, del departamento de Zacapa sufrieron una transformación de su actividad agrícola, caracterizada por un aumento de la producción, adopción de moderna tecnología, desarrollo de nuevas formas organizativas de producción y un acelerado proceso de agriculturización que solamente en la región destruyo el bosque espinoso. Este proceso de expansión de cultivos agrícolas realizando prácticas agrícolas convencionales, aceleró el proceso de pérdida de fertilidad y deterioro de los suelos.

El reemplazo del bosque espinoso por el cultivo de melón de mayor atractivo económico. Ello trajo como consecuencia una menor incorporación de rastrojos postcosecha y una alta tasa de extracción de nutrientes especialmente de nitrógeno, fósforo y micronutrientes. Si bien estos procesos se presentan en mayor o en menor grado en todo el valle del Motagua, mediante las rotaciones y/o fertilizaciones se pueden controlar adecuadamente en la medida que el daño provocado al suelo no sea irreparable. La intensa extracción de calcio por los cultivos ha generado la acidificación de los suelos. Se estima que en promedio los suelos han perdido entre un 20 y 30 por ciento del contenido original de calcio, con un descenso generalizado del pH.

Las tierras áridas y semiáridas constituyen un ambiente natural de baja productividad, donde la fertilidad de los suelos y el agua son los principales factores limitantes para la producción agrícola. Al superar los factores limitantes económica y técnicamente, las tierras pueden volverse productivas. Sin embargo, bajo sistemas de producción intensiva requieren de manejo cuidadoso, puesto que sus suelos son altamente propensos a la pérdida de la fertilización, salinización y alcalización.

2.2 Justificación

Las tierras semiáridas del valle del Motagua, del departamento de Zacapa, en los últimos años en las plantaciones del cultivo de melón viene experimentando una disminución de la fertilidad en el suelo agrícola, debido a la pérdida de nutrientes y de materia orgánica, lo que va provoca un aumento de la alcalinidad, salinidad, toxicidad y desertificación; disminución del valor nutritivo de las cosechas; disminución de la resistencia de las plantas a las enfermedades y plagas; y un aumento del nivel de elementos químicos tóxicos en el suelo. De mantener los productores esta situación se llegará a tener una agricultura no sostenible.

Para corregir lo anterior, es necesario conocer el grado de fertilidad de los suelos de las plantaciones de melón, a través de análisis de fertilidad en los suelos y de la aplicación de métodos de laboratorio.

Estos métodos proporcionan información sobre las características físicas y químicas del suelo. Lo anterior cuantifica cuánto de materia orgánica tiene, qué cantidad de nutrientes posee, como está el pH, el grado de salinidad (CE), la CIC, la textura, entre otros aspectos químicos.

Con la elaboración de esta investigación se determinó que las condiciones de producción intensiva del cultivo del melón influyen en los procesos físicos y químicos del suelo, degradando o aumentando la fertilidad del suelo. Debido a que al degradarse el suelo pierde fertilidad y para un buen uso agrícola hay que reponer los nutrientes con fertilizantes externos. Un suelo con buena salud responde con aumento en los rendimientos pero un suelo enfermo presentará bajos rendimientos.

2.3 Definición y delimitación del problema

La pérdida de fertilidad en los suelos en las cuencas hidrográficas y unidades de producción agropecuaria, es un problema complejo que impacta en lo económico, medioambiental y social.

En el caso del valle del Motagua, del departamento de Zacapa, la producción del cultivo del melón ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido a que las condiciones climáticas y edáficas son aptas para su producción, con el tiempo se ha manejado al suelo como un medio de anclaje para la planta, por lo cual han surgido dudas sobre el uso de la tierra con relación a la sostenibilidad y conservación del mismo.

En las áreas productores de melón no existe un estudio referencial que proporcione información técnica, integral y holística, que lleve a comprender las interacciones de las variables relacionadas al sistema suelo, con el fin de elaborar un plan de manejo del suelo en función de las condiciones de cada unidad homogénea de tierra.

En este último orden de ideas, es preciso indicar que la falta de un estudio del uso y manejo de la tierra, influye negativamente en la formulación, ejecución y desarrollo de un plan de manejo del recurso suelo, que armonice los diversos tipos de tierras con el aprovechamiento más racional posible, a fin de optimizar la producción sostenible y conservar al mismo tiempo, los ecosistemas frágiles y la herencia genética del suelo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Cultivo de melón (*Cucumis melo* L.)

El origen del melón es muy impreciso, algunos autores afirman que el melón es oriundo de Asia Central, mientras que otros sitúan su origen en el continente africano (Fersini 1996).

Se han encontrado indicios de este fruto en tumbas egipcias del 2.400 a.C. En la antigüedad fue descrito como la obra maestra de Apolo y alabado por ser una fruta tan beneficiosa como el sol. En el siglo III, los manuales de horticultura romanos daban instrucciones sobre su cultivo. En aquella época, se servía la fruta espolvoreada con almizcle para acentuar su delicado sabor. Una antigua creencia árabe dice que "el que sacie su estómago con melones se llenará de luz" (Consejo Estatal de Productores de Melón A. C. (COEMEL A.C. 2005).

Los melones aparecieron en Francia a finales del siglo XV y fueron consumidos en grandes cantidades por la corte donde se servían en forma de pirámides y se acompañaban de moscatel. Colón los introdujo en el continente americano. En aquella época su tamaño no era mayor al de una naranja, pero a lo largo de los siglos se han expandido tanto en tamaño como en tipos (COEMEL A.C. 2005).

Las variedades de melón se caracterizan por poseer frutos uniformes en cuanto a calidad y producción, alargados y con un peso comprendido entre 1.5 y 2.0 kilos. Su pulpa es blanca amarillenta, compacta, crujiente y muy dulce, aunque poco aromática. La corteza es de color verde y muy fina, en ocasiones reticulada. Las tres variedades albergan en su cavidad central centenares de semillas de color amarillo pálido. Su sabor es dulce y refrescante (COEMEL A.C. 2005).

3.1.1 Taxonomía del melón

Según Cronquist (1981), la clasificación botánica del melón es la siguiente:

Reino:	Vegetal
Sub-reino:	Embryobionta
División:	Tracheophyta
Sub-división:	Angiosperma o Magnoliophytina
Clase:	Dicotiledónea o Magnoliópsida
Sub-clase:	Dillenidae
Orden:	Violales
Familia:	Cucurbitaceae
Género:	*Cucumis*
Especie:	*C. melo*
Variedad:	Cantaloupe

3.1.2 Características botánicas del melón

Según Asgrow Seed Company (2002), las características botánicas del melón son las siguientes:

El sistema radicular del melón es abundante aunque superficial. La raíz principal es fuerte, pivotante y se ramifica en raíces secundarias y laterales abundantes. No forma raíces adventicias, lo que dificulta la regeneración de raíces dañadas, esta circunstancia recomienda no realizar trasplantes a raíz desnuda, siendo conveniente sembrar en macetas, en bandejas o en el sitio directamente.

El eje principal del tallo es un simpodio del que salen numerosas ramas principales y secundarias. Este tallo es rastrero, pero dispone de unos zarcillos que se desarrollan en las axilas de las hojas y le permiten trepar. El tutorado supone una operación laboriosa ya que no se trata solamente de ayudar a la planta a trepar, sino que también hay que podar las ramas laterales para asegurar un buen desarrollo del tallo principal.

Las flores del melón se clasifican en dos categorías según los tipos de flores. Monoicos cuando la planta desarrolla flores masculinas y femeninas y andromonoicos que poseen flores masculinas y hermafroditas. Las flores nacen en las axilas de las hojas, siendo las masculinas mucho más numerosas que las femeninas y las hermafroditas. La proporción entre el número de flores femeninas o hermafroditas y el número de flores masculinas depende de los cultivares, de la interacción temperatura-luz y de los efectos producidos por fitoreguladores. Los días largos, las temperaturas elevadas y las giberelinas, favorecen la aparición de flores masculinas, mientras que por su parte los días cortos, las temperaturas bajas y las auxinas favorecen la aparición de flores femeninas o hermafroditas.

El vigor de la planta no favorece la aparición de flores femeninas, de tal modo que cuanto mayor es el vigor más tardío será la aparición de las primeras flores femeninas. Por lo tanto la proporción entre flores femeninas y masculinas va aumentando desde el tallo principal hacia las ramas laterales y también aumenta desde la base hasta el ápice. La poda, al favorecer la ramificación de la planta, fuerza la aparición de flores femeninas y permite obtener una cosecha más temprana.

La polinización del melón es entomófila. Para los cultivares monoicos es imprescindible el transporte del polen de la flor masculina a la femenina y para el caso de los andromonoicos, aunque no haya incompatibilidad entre el polen y el ovario de las flores hermafroditas, se recomienda la polinización con abejas debido a que puede ocurrir que no coincida el momento de la dehiscencia de las anteras con la receptividad del estigma o incluso que no haya suficiente cantidad de polen.

Los sacos polínicos se abren con una temperatura de entre 18 a 20 ºC, lo que no supone ninguna dificultad para las condiciones de invernadero; no obstante, para el caso de las variedades más tempranas, cuando la polinización no sea posible, aun disponiendo de abejas, por falta de polen o por dificultades de liberación del mismo, se podría recurrir a la aplicación de auxina (4-CPA) o de citocinina (benciladenina) sobre las flores para mejorar la fructificación.

Esta es una operación laboriosa y cara, que no es aconsejable y lo conveniente es evitar un fructificación demasiado temprano en condiciones atmosféricas que aún no son favorables. Debido a que el crecimiento vegetativo en estas circunstancias es débil, la producción será poco importante y además quedará inhibida la fructificación posterior.

Una buena polinización es fundamental para conseguir uniformidad en la fecundación de los óvulos. Si esto no es así los frutos pueden crecer deformes por diferencias de crecimiento del pericarpio. Hay una elevada correlación entre el número de semillas por fruto y el peso del mismo. Por tanto la polinización es un factor primordial para aumentar el peso del fruto y la productividad.

La caída natural de los frutos es algo frecuente en el cultivo de melón. Puede producirse inmediatamente después de la antesis o más tarde cuando los frutos miden entre 3 y 5 cm de largo e incluso aunque haya suficiente semilla. El número de frutos que llega a madurar es de 3 a 4 para variedades de fruto de tamaño pequeño y 2 a 3 cuando el fruto es de gran tamaño. La caída de los frutos depende de:

- Competencia ente los mismos frutos.
- Competencia entre los frutos y los ápices vegetativos.
- La relación entre el número de hojas y el número de frutos.

Por lo tanto es necesario mantener un número mínimo de hojas para alimentar a cada fruto. En esta situación de competencia, los primeros frutos inhiben el cuajado y el crecimiento de los posteriores. Puede aparecer una segunda formación de frutos en la parte alta de la planta, después de haber recolectado los primeros. Para intentar contrarrestar este fenómeno hay que prestar mucha atención a la nutrición de la planta, a la destrucción de hojas por parásitos y al índice de área foliar. Hay que destacar que cuanto más expuestas a la luz estén las hojas, más grandes y numerosos serán los frutos.

El fruto crece entre la fructificación y el momento de la maduración (transcurren entre 30 y 50 días), de tal modo que la duración de este período va a depender del cultivar y del ambiente. El melón presenta un punto climatérico (incremento en el desprendimiento de CO2 en el momento de la maduración).

La aplicación de etileno acelera el proceso de la maduración, de tal modo que cuanto más precoz es el tratamiento más rápida es la maduración, aunque con el inconveniente de una menor calidad del fruto y asimismo un menor contenido en azúcares. Es difícil caracterizar el sabor y dulzor del fruto debido a que dependen de un gran número de productos químicos. De cualquier modo y en la mayoría de los casos hay una relación muy cercana entre el dulzor del fruto y su contenido en azúcares. Para cuantificar la calidad se recurre generalmente al valor Brix, que se utiliza para la evaluación del contenido de azúcares del zumo.

3.1.3 Las variedades de melón

Para COEMEL A.C. (2005), los principales criterios de elección de los tipos de melón son:

- Exigencias de los mercados de destino.
- Características de la variedad comercial: vigor de la planta, características del fruto, resistencias a enfermedades.
- Ciclos de cultivo y alternancia con otros cultivos.

Según COEMEL A.C. (2005) y Chavarría (2010), los tipos de melones más importantes son:

Cantaloupe: Presenta frutos precoces (85-95 días), esféricos, ligeramente aplastados, de pesos comprendidos entre 700 y 1200 gramos, de costillas poco marcadas, piel fina y pulpa de color naranja, dulce y de aroma característico.

Honey Dew: tiene una cáscara verde amarilla granulosa y pulpa naranja. Está adaptado a climas secos y cálidos, con la piel lisa o estriada, de madurez tardía y con una buena aptitud a la conservación.

3.1.4 Requerimientos de clima y suelo

El melón es una especie de climas cálidos y secos. No prosperan adecuadamente en climas húmedos con baja insolación, y se producen fallas en la maduración y calidad de los frutos. La humedad relativa óptima para el desarrollo de las plantas de melón es de 65% a 75%, para la floración, 60% a 70% y para la fructificación, 55% a 65% (Monardes, 2009).

Para Monardes (2009), el desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está influido por la temperatura y las horas de luz. Días largos y altas temperaturas favorecen la formación de flores masculinas y días cortos y temperaturas moderadas favorecen la formación de flores femeninas. Las temperaturas críticas para melones y sandías se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Temperaturas críticas para melones y sandías en sus distintas fases de desarrollo.

Helada		1 ºC
Detención del crecimiento vegetativo	aire	13 ºC a 15 ºC
	suelo	8 ºC a 10 ºC
Germinación	mínima	15 ºC
	óptima	22 ºC a 28 ºC
	máxima	39 ºC
Desarrollo	óptima	20 ºC a 23 ºC
Floración	óptima	25 ºC a 30 ºC
Maduración del fruto	óptima	25 ºC

Fuente: Monardes, 2009.

Según Monardes (2009), las plantas de melón no son especies muy exigentes en suelo, aunque los mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad se obtienen en suelos con altos contenidos de materia orgánica, profundos, aireados y bien drenados. Requieren un pH entre 6 a 7. Son plantas extremadamente sensibles a problemas de mal drenaje. Son moderadamente tolerantes a la presencia de sales

tanto en el suelo como en el agua de riego. Valores máximos aceptables son de 2.2 Ds/m en el suelo y 1.5 Ds/m en el agua de riego. Aunque cada incremento en una unidad sobre la conductividad del suelo dada supone una reducción del 7,5% de la producción. Es muy sensible a las carencias, tanto de micro elementos como de macro elementos.

3.2 Nutrición de melón

La fertilización racional es una aproximación razonada al establecimiento de normas de fertilización. Estas normas están fundamentadas en los principios de la nutrición de los cultivos y en la dinámica de los nutrientes en el suelo (Rodríguez *et al*. 2001 citado por Alvarado, 2009). La hipótesis central de ésta aproximación postula que con el conocimiento de los procesos relevantes del sistema clima-suelo-cultivo-fertilizante hace posible formular una recomendación de fertilización para cada cultivo en particular.

Para Alvarado (2009), la fertilización razonada tiene como objetivo principal establecer una estrategia de manejo integral de la fertilización que permita elevar y mantener el estado nutricional de los suelos en forma económica y así alcanzar una nutrición óptima de los cultivos sin afectar la sustentabilidad del sistema.

Para realizar una recomendación de fertilización según Alvarado (2009) y Cuesta y Villaneda (2012), deben realizarse los siguientes pasos:

- Diagnóstico de la disponibilidad de elementos nutricios que dispone el suelo para su utilización por las plantas. Para ello se recurre a un análisis de fertilidad de suelo, donde se incluyan micro elementos.

- Ajustar el suelo aplicando los elementos deficitarios, hasta alcanzar los niveles mínimos de cada elemento para mantener una producción mínima en equilibrio.

- Aplicar una cantidad de cada elemento en función de la extracción que hará el cultivo, de acuerdo con el rendimiento esperado, descontando los excedentes que presente el suelo por sobre el nivel crítico.
- Corregir los valores netos de acuerdo a la eficiencia de la aplicación de cada elemento y de la ley del fertilizante a usar.

Una muestra representativa de cada horizonte que presente el perfil del suelo que se va a cultivar se obtiene a partir de varias sub-muestras, variando el número de éstas, según el tamaño y la homogeneidad de la unidad de muestreo. Es común tomar de 20 a 25 sub-muestras por hectárea, para luego mezclarlas en una muestra compuesta. La unidad de suelo escogida debe ser lo más homogénea posible, en caso contrario deben tomarse muestras compuestas por separado. Además cada sub-muestra debe ser del mismo volumen, para conformar la muestra compuesta (Alvarado 2009; Laboratorios A-L de México 2011).

Un análisis de fertilidad de suelo, normalmente reporta la disponibilidad en el suelo de nitrógeno, fósforo y potasio, más otros antecedentes como pH, contenido de materia orgánica y conductividad eléctrica. Para obtener resultados analíticos de los demás elementos que intervienen en la nutrición vegetal, es necesario solicitarlos en forma específica (Alvarado 2009; Laboratorios A-L de México 2011).

Con el resultado del análisis de fertilidad de suelo se calcula cuanto se requiere aplicar para alcanzar el nivel crítico de cada elemento en el suelo. Con ello solo se estaría reponiendo al suelo la cantidad de elementos minerales para lograr su estado de fertilidad natural (Alvarado 2009; Laboratorios A-L de México 2011).

Resumiendo, las interacciones del sistema clima-suelo-cultivo-fertilizante pueden simplificarse en tres componentes para la formulación de una dosis: demanda del nutriente, suministro del nutriente y eficiencia de la fertilización (Alvarado 2009; Cuesta y Villaneda 2012).

De Acuerdo Alvarado (2009), fundamentalmente, las interrelaciones entre el clima y el cultivo están reflejadas en la demanda del nutriente, las interrelaciones entre el suelo y el cultivo en el suministro del nutriente y el efecto de manejo de los fertilizantes en las relaciones suelo-cultivo a través de la eficiencia de la fertilización. De esta forma, la formulación general para la estimación de la dosis de la fertilización razonada es la siguiente:

$$\text{Dosis de fertilización} = \frac{\text{Demanda del Nutriente} - \text{Suministro del nutriente}}{\text{Eficiencia de la fertilización}}$$

La demanda del nutriente por los cultivos corresponde a la cantidad de nutriente requerida para obtener el rendimiento alcanzable económico en un determinado agro ecosistema (sistema clima-cultivo-suelo). Por otra parte, el suministro del nutriente está dado por la cantidad del nutriente disponible en el suelo que es absorbida por el cultivo. Finalmente, la eficiencia de la fertilización es la fracción de la dosis del nutriente aplicado que es recuperada por el cultivo (Alvarado 2009).

Cuando se produce un déficit entre la demanda del nutriente de los cultivos y el suministro del nutriente del suelo, este déficit debe ser proporcionado por la dosis de fertilización. Sin embargo, no todo el fertilizante agregado es recuperado por el cultivo. Parte del fertilizante puede perderse más allá de la profundidad alcanzada por las raíces en el perfil de suelo, como gas hacia la atmósfera o bien quedar retenido en forma no disponible en el suelo. La tecnología de aplicación de los fertilizantes (fuente, forma y momento de aplicación) también afecta a la eficiencia de la fertilización, ya que modifica la intensidad de los procesos anteriormente señalados (Alvarado 2009; Laboratorios A-L de México 2011).

La estimación de las dosis con ésta formulación general se propone para cultivos en suelos y climas en condiciones que permitan un crecimiento y desarrollo normal de los cultivos, de forma que su rendimiento alcanzable no sea modificado por factores tales como compactación y/o mal drenaje de los suelos, erosión, acidez excesiva o salinidad de los suelos. Además, se deben considerar condiciones climáticas

modales del agro ecosistema y un manejo óptimo de las otras variables de producción. Esta formulación general es válida para todos los nutrientes (Alvarado 2009).

La precisión en la estimación de la dosis de fertilización está determinada por la calidad de los parámetros necesarios para calcular la demanda de nutrientes de los cultivos, el suministro de nutrientes del suelo y la eficiencia de la fertilización. Hay que señalar que no todos los parámetros involucrados son específicos. Para algunos parámetros se requieren antecedentes generales del manejo agronómico (rotación de cultivos, cultivo anterior, residuos de cosecha u otros) y otros parámetros, pertenecen a unidades de características similares (agro ecosistema, grupo de suelos, grupo de cultivos). Además, existen parámetros que son sensibles al manejo de los suelos (como por ejemplo la eficiencia de absorción de P en suelos compactados o en suelos inundados). La dosis estimada a través de la fertilización razonada solo permite una aproximación a la dosis real del cultivo, pero distingue con certeza entre dosis bajas, medias y altas de fertilización. Su fortaleza reside en su formulación, la cual considera los parámetros más relevantes del sistema clima-suelo-cultivo-fertilizante que determinan la dosis de fertilización (Alvarado 2009; Laboratorios A-L de México 2011).

3.2.1 Fertilización en melón

La fertilización debe realizarse de acuerdo a las necesidades nutricionales del cultivo, sea total o por etapas, evitando las pérdidas o sobre utilización de fertilizantes que puedan producir contaminación al producto y al medio ambiente. Se debe tomar en cuenta las recomendaciones de cantidad y tipo de fertilizantes, llevar un registro de aplicación, tipo de maquinaria usada, lugar de almacenamiento y tipos de fertilizantes usados (inorgánicos y orgánicos), además de contar con personal capacitado y equipos en buenas condiciones (Martin 2009).

Con respecto a la nutrición, en la planta de melón el nitrógeno abunda en todos los órganos; el fósforo también es abundante y se distribuye preferentemente en los

órganos encargados de la reproducción (debido a que es imprescindible en las primeras fases de elongación del tubo polínico) y en el sistema radicular; el potasio es abundante en los frutos y en los tejidos conductores del tallo y de las hojas; el calcio abunda en hojas, donde se acumula a nivel de la lámina media de las paredes celulares y juega un papel fundamental en las estructuras de sostén (Cadahia 2005).

Una nutrición deficiente en nitrógeno produce una reducción del 25% en el crecimiento total de la planta, con especial incidencia en el sistema radicular, aunque los demás elementos se encuentren en concentraciones óptimas. Así mismo, las cantidades de nitrógeno disponible influyen sobre la proporción parte aérea/raíz, de forma que aportes crecientes de nitrógeno de forma localizada, aumentan dicha relación, tanto por el aumento de la parte aérea, como por la disminución del volumen del suelo explorado. El tipo de sal utilizada como fuente nitrogenada también puede influir sobre el comportamiento de la planta, según su facilidad de asimilación (Cadahia, 2005; Martin 2009).

Durante la floración un exceso de nitrógeno se traduce en una reducción del 35% de las flores femeninas y casi del 50% de las flores hermafroditas. Una deficiencia en fósforo puede ocasionar la disminución del crecimiento de la parte aérea en un 40 a 45%, que se manifiesta tanto en la reducción del número de hojas como de la superficie foliar, y en un 30% para la raíz. Cuando concurren niveles deficientes de fósforo y excesivos de nitrógeno durante la floración y fecundación, se produce una reducción de hasta el 70% del potencial de floración y una disminución considerable del número de frutos fecundados. Una deficiencia severa de potasio durante la etapa de floración puede producir una reducción de hasta el 35% del número de flores hermafroditas (Cadahia 2005, Martin 2009).

La acción de los macronutrientes secundarios (potasio, calcio, magnesio y azufre) sobre el crecimiento es limitada, aunque a la acción que ejercen sobre la elongación celular puede producir, en el caso de deficiencias prolongadas, una reducción del crecimiento que puede llegar a originar necrosis foliares (Cadahia 2005).

En cuanto a los efectos de la nutrición sobre el desarrollo y maduración de los frutos, el potasio y el calcio ejercen un papel determinante en relación con la calidad y las cualidades organolépticas. Al momento de fertilizar, existe un margen muy amplio de fertilizante en el que no se aprecian diferencias sustanciales en el cultivo, pudiendo encontrar recetas muy variadas y contradictorias dentro de una misma zona, con el mismo tipo de suelo y la misma variedad. No obstante, para no cometer grandes errores, no se deben sobrepasar dosis de abono total superiores a 2 g/L, siendo común aportar 1g/L para aguas de conductividad próxima a 1mS.cm-1 (Cadahia 2005; Martin 2009).

Actualmente se emplean dos métodos para establecer las necesidades de fertilizante: en función de las extracciones del cultivo, sobre las que existe una amplia y variada bibliografía, y en base a una solución nutritiva ideal a la que se ajustarán los aportes previo análisis de agua. El otro método es el que se emplea en cultivos hidropónicos, y para poder llevarlo a cabo en suelo, requiere la colocación de sondas de succión para poder determinar la composición de la solución del suelo mediante análisis de macro y micronutrientes, CE y pH (Cadahia 2005).

Los fertilizantes de uso más extendido son los simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico, sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico y ácido nítrico), debido a su bajo coste y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva, aunque existen en el mercado fertilizantes complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los fertilizantes simples, a los equilibrios requeridos en las distintas fases de desarrollo del cultivo (Cadahia 2005).

El aporte de micro elementos, es vital para una nutrición adecuada, pudiendo encontrar en el mercado una amplia gama de sólidos y líquidos en forma mineral y en forma de quelatos, cuando es necesario favorecer su estabilidad en el medio de cultivo y su absorción por la planta. La planta de melón cultivada bajo condiciones deficientes de micronutrientes, no produce ningún melón comestible (Cadahia 2005).

3.3 Fertilidad del suelo

Según García y Ciampitti (2010) y Báscones (2013), la nutrición vegetal, básica para un óptimo desarrollo de los cultivos, depende de la capacidad del suelo para suministrar todos y cada uno de los elementos nutritivos, en la forma, cantidad y momento adecuados a las exigencias de los mismos.

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1999) y Báscones (2013), la situación del suelo en relación con esta capacidad de abastecer las necesidades de la planta en los diferentes elementos nutritivos es lo que se denomina fertilidad del suelo. En este sentido, los suelos de cultivo se pueden encuadrar dentro de alguno de estos grupos:

- **Suelos ricos**, en los que los cultivos no presentan una respuesta significativa ante el aporte de fertilizantes.

- **Suelos medios**, según las situaciones (clima, suelo y cultivos) presentan o no respuestas significativas al aporte de fertilizantes.

- **Suelos pobres**, en los que siempre hay una respuesta positiva de los cultivos a la fertilización.

Las determinaciones más frecuentes en los análisis de suelos son: textura, materia orgánica, pH, conductividad, sodio, calcio, magnesio, fósforo, potasio, nitrógeno, carbonatos, caliza activa, etc. (FAO 1999; Báscones 2013).

La primera dificultad relacionada con la estimación de la fertilidad mediante el procedimiento de analizar el suelo es la de obtener una muestra que sea representativa, debido a que el 85 % del error total del análisis de suelos se debe a la muestra. De aquí la importancia de la correcta toma de muestras (FAO 1999; Báscones 2013).

3.4 Análisis de suelo y su interpretación

3.4.1 Textura

Para Huerta (2010), la textura expresa las proporciones de los diversos tamaños de las partículas inorgánicas que contiene una muestra de tierra. Se llama fracción textural al conjunto de partículas cuyos tamaños están comprendidos dentro de un cierto intervalo

Desde el punto de vista edafológico interesa la tierra fina debido a que va a definir las propiedades físico-químicas del suelo. A su vez, en la macrofracción tierra fina se distinguen tres fracciones texturales que son: arcilla (partículas de menores de 0,002 mm), limo (partículas entre 0.002 a 0.05 mm) y arena (partículas de entre 0.05 a 2.0 mm), que según la clasificación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (Huerta 2010).

El método para la determinación de la textura de una muestra de suelo es el método del densímetro de Bouyoucos, que se basa en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas del suelo en función de su tamaño. Una vez determinados los correspondientes porcentajes de arena, limo y arcilla de una muestra de suelo, se determina la clase textural mediante el uso del triángulo textural. Este triángulo está dividido en diferentes recintos de diferentes texturas pero análogas propiedades físicas y químicas (Huerta 2010).

3.4.2 Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH expresa la concentración de iones hidrógeno (H+) presentes en la solución del suelo y se define como: pH = - log [H+]. El análisis de suelos determinan la acidez activa midiendo el pH de una suspensión suelo-agua (1/2.5) y la acidez potencial midiendo el pH sobre suspensiones de suelo con KCl 0.1 M (1/2.5) (Pérez, 2011). En el cuadro 2 se clasifican el pH del suelo.

Cuadro 2. Clasificación del pH de los suelos.

pH	Valoración
< de 5.5	Muy ácido
5.5 a 6.5	Ácido
6.5 a 7.5	Neutro
7.5 a 8.5	Alcalino
> de 8.5	Muy alcalino

Fuente: Báscones, 2013.

Para León, Caudillo, Méndez y Monroy (2013), la importancia del pH en las propiedades del suelo es:

- Regula las propiedades químicas del suelo. Determinando la disponibilidad del resto de cationes para las plantas e influyendo sobre la CIC, que es menor en suelos ácidos que en los básicos.
- Influye sobre las propiedades biológicas del suelo, tanto en plantas como en los microorganismos del suelo presentan un determinado intervalo de pH óptimo para su crecimiento, generalmente próximo a la neutralidad.

Los suelos ácidos y muy ácidos no son adecuados para el correcto desarrollo de los cultivos ya que provocan carencia de Ca para las plantas y microorganismos, así como un exceso de Al y Mn en la solución del suelo, es tóxico para la vegetación (Pérez 2011).

El control de la acidez exige neutralizar los H+ de la solución del suelo (corrección de la acidez activa) y desplazar hidrogeniones del complejo de cambio que deberán ser sustituidos por bases (corrección de la acidez potencial), originando con ello una subida del pH. Se emplean habitualmente compuestos cálcicos y magnésicos (carbonatos, óxidos e hidróxidos). Debido a que es más frecuente el uso de productos cálcicos, la operación destinada a corregir la acidez del suelo, se denomina encalado (Pérez 2011).

Según Báscones (2013), para determinar la necesidad o no de encalar un suelo agrícola, se deben seguir las recomendaciones siguientes, siendo el Ca^{2+} el extraído con una solución de acetato amónico 1 N a pH 7 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Recomendaciones para encalar de acuerdo al Ca^{2+} el extraído.

pH	Ca^{2+} (mg/kg suelo)	Estado cálcico	Necesidad de encalar
pH ≥ 6,5	Cualquiera	Satisfactorio	No necesita. Control cada 2 o 3 años
5,5 < pH ≤ 6,5	Ca^{2+}+ ≥ 2000	Satisfactorio	Encalado de conservación
	Ca^{2+} < 2000	No satisfactorio	Encalado de corrección
pH ≤ 5,5	Cualquiera	No satisfactorio	Encalado de corrección

Fuente: Báscones (2013).

3.4.3 Conductividad eléctrica (EC)

Huertas (2011), señala que un suelo salino es aquel que presenta una elevada concentración de sales en solución y que muestra las características siguientes:

- Elevada presión osmótica, por lo que disminuye la disponibilidad de agua para las plantas.
- Si las sales son de Na destruyen la estructura del suelo.
- Toxicidad al sobrepasar una concentración determinada (toxicidades específicas de Na, Cl, B).

Para Pérez (2011), el método de análisis de suelos para determinar CE es a través del extracto de saturación a 25 ºC (CEe). En este caso la valoración es la siguiente:

- Suelos *normales*: CEe ≤ 4 dS / m
- Suelos *salinos*: CEe > 4 dS / m

Los suelos salinos se corrigen según Pérez (2011), lavando el exceso de sales con un exceso de agua. Las necesidades de lavado (NL) serán:

$$NL = \frac{CE\ agua\ de\ riego}{CEe} * 100$$

Siendo CEe la CEmáx que se obtiene en función de los cultivos para que la producción no se vea afectada. Para facilitar el lavado de las sales, será necesario contar con buen drenaje (Pérez 2011).

3.4.4 Materia orgánica (M.O.)

La materia orgánica que aparece en el suelo natural está constituida por mezcla de microorganismos y restos vegetales y animales, en diferente grado de descomposición. En los suelos cultivados, puede haber además aportes de materias orgánicas de origen y características muy diversas. Como consecuencia de la actividad biológica que se desarrolla en el suelo, la materia orgánica fresca se descompone en dos procesos de biodegradación que se realizan simultáneamente y cuya resultante determinará el equilibrio húmico del suelo. En el primer proceso, de evolución rápida, la materia orgánica fresca se transforma en humus y en el segundo, de evolución lenta, el humus desaparece al convertirse en elementos minerales, CO2 y agua. El primer proceso se denomina humificación y el segundo, mineralización (Bornemisza 1982; Bernier 2000).

La materia orgánica según Bornemisza (1982), influye positivamente en todas las propiedades físicas del suelo, tales como:

- Incrementa la capacidad de retención del agua del suelo.
- Aumenta la estabilidad estructural.
- Aumenta la aireación.
- Aumenta la permeabilidad.
- Facilita el laboreo al disminuir la cohesión cuando están secos y los hace más ligeros y menos saturados cuando están húmedos, por lo que aumenta el tiempo de tempero.
- Los suelos son más oscuros, por lo que absorben más radiación y son más cálidos.

De acuerdo Bornemisza (1982), también la materia orgánica influye en las propiedades químicas como lo son:

- La mineralización de la materia orgánica libera al suelo gran cantidad de elementos esenciales.
- Regula el pH del suelo.
- Influye en la CIC, aumentándola y por lo tanto, aumentando la fertilidad química del suelo.
- Inmoviliza metales pesados.

La materia orgánica según Bornemisza (1982), influye en las propiedades biológicas como son:

- Favorece la germinación de las semillas.
- Favorece el estado sanitario de órganos subterráneos.
- Regula la actividad microbiana.
- Aporta reguladores del crecimiento vegetal.
- Activa la rizogénesis.

La determinación cuantitativa de la materia orgánica del suelo se realiza analizando el carbono orgánico oxidable por el método de Walkey y Black (Bernier 2000).

3.4.5 Relación C/N

Para caracterizar el estado más o menos avanzado de la evolución de la materia orgánica del suelo y, en consecuencia, de su nivel de humificación, se utiliza la relación C/N (carbono/nitrógeno). Esta relación es siempre elevada para las materias orgánicas frescas y desciende durante el proceso de humificación hasta estabilizarse en valores próximos a 10 (Perdomo y Barbazán 2012). En el cuadro 4 se presentan los criterios para valorar la relación C/N

Cuadro 4. Valoración de la relación C/N.

C/N	Valoración
≤ 8	Bajo
8 a 12	Medio
12 a 15	Alto
> 15	Muy alto

Fuente: Báscones (2013).

Según Báscones (2013), al presentarse una valoración de la relación C/N se recomienda:

- Si la relación C/N ≤ 8, se da una fuerte liberación de nitrógeno y consecuentemente habrá que reducir las unidades.
- Si la relación 8 < C/N ≤ 12, se da una liberación media de nitrógeno y las unidades recomendadas de N serán las normales.
- Si la relación C/N > 12, se da una muy baja liberación de nitrógeno y consecuentemente habrá que aumentar las unidades.

3.4.6 Nitrógeno (N)

El N incorporado al suelo se acumula fundamentalmente en forma orgánica. Las formas orgánicas no son asimilables directamente por las plantas, pero pueden llegar a serlo después de transformarse en nitrógeno mineral durante el proceso de mineralización de la materia orgánica (Perdomo y Barbazán 2012).

A su vez, el nitrógeno mineral del suelo se presenta en forma amoniacal ($N\text{-}NH4^{+}$) y nítrica ($N\text{-}NO3^{-}$). Los cultivos asimilan tanto las formas nítricas como las amoniacales, la superioridad de una u otra en la nutrición de la planta depende de la especie cultivada y de las condiciones del medio (Perdomo y Barbazán 2012).

El método para determinar el nitrógeno total en una muestra de suelo es el método Kjeldahl. El contenido de nitrógeno total proporcionado por los análisis tiene escaso interés para evaluar la fertilidad nitrogenada del suelo. Las cifras analíticas obtenidas proporcionan solamente una representación de la fertilidad potencial (caso del

nitrógeno total), de más o menos difícil activación, o de la fertilidad puntual (caso del nitrógeno nítrico) que, por su elevada variabilidad, tiene escasa significación cuando se desea garantizar la nutrición de los cultivos de forma sostenible. La cantidad de N que las plantas cultivadas necesitan para producir las cosechas es muy variable y entre otros factores, depende del rendimiento del cultivo. Se define como unidad fertilizante de nitrógeno a 1 kg de N (Perdomo y Barbazán 2012).

Debido a su alta movilidad y potencial contaminante, la cantidad total de nitrógeno a aportar con los fertilizantes minerales no puede aplicarse de una sola vez, siendo necesario fraccionarla en varias dosis procurando adaptarse, tanto como sea posible, a las necesidades de los cultivos. Habitualmente, la dosis de nitrógeno a aportar en presiembra representa entre el 20 a 50 % de las necesidades totales. La fertilización de cobertura estará constituido por el restante 80 al 50% que no se aportó en presiembra, hasta completar las necesidades totales (Perdomo y Barbazán 2012).

3.4.7 Fósforo (P)

El fósforo en el suelo se encuentra combinado formando parte de diferentes fosfatos minerales y orgánicos. Se combina, también, con ácidos orgánicos. En la solución del suelo se presentan diferentes especies iónicas del ácido fosfórico ($H2PO4^{-}$, $HPO4^{2-}$ y $PO4^{3-)}$, dependiendo la mayor o menor abundancia de unas u otras del pH (Molina 2011).

El método para la determinación del fósforo es el de Olsen. Se recomienda utilizar este método para el análisis de los suelos con pH ≥ 5,5, y pobres en materia orgánica. Para suelos francamente ácidos, con pH < 5,5 y, para los ricos en materia orgánica (MO ≥ 3 %), se recomienda el método de Bray (Molina 2011).

3.4.8 Potasio (K)

Las plantas absorben el potasio (K^{+}) por vía radicular a partir de la solución del suelo (1 unidad fertilizante de potasio es igual a 1 kg de K2O). Debido a su baja carga y

pequeño radio iónico, la absorción se efectúa con facilidad y pueden, incluso, absorberse cantidades de K superiores a las necesidades de la planta originando lo que se denomina consumo de lujo. Según éste, la planta puede absorber cantidades elevadas de potasio sin que se observen variaciones significativas del rendimiento, en relación con el obtenido para menores cantidades de potasio absorbido (Domínguez 1997).

El calcio y el magnesio presentan un claro efecto antagónico frente al potasio que puede dar lugar a situaciones de deficiencia potásica por excesos de calcio activo o de magnesio asimilable (Domínguez 1997).

Con el sodio pueden darse situaciones de sustitución. En casos de deficiencia potásica, la planta puede absorber sodio, pero esta sustitución sólo resulta efectiva en el aspecto físico químico de ambos cationes, pero no en los aspectos fisiológicos (Domínguez 1997).

El método para la determinación del potasio en suelos es por fotometría de llama previa extracción en una solución de acetato amónico 1N a pH 7 (Domínguez 1997).

3.4.9 Carbonatos totales

La determinación de los carbonatos de un suelo tiene interés por su valor diagnóstico de diversas propiedades del suelo: estructura, actividad biológica, bloqueo de nutrientes, etc. Sin embargo, el contenido total no da una idea exacta de la importancia que los carbonatos tienen en los procesos químicos del suelo. Por este motivo, en aquellos casos en que el análisis de carbonatos sea positivo y superior al rango de 8 a 10%, se deberá completar la información dada por el análisis de carbonatos totales con la referente a caliza activa (Bernier 2000).

Los suelos reciben el nombre de calizos cuando el contenido de carbonatos totales es superior al 20 %. El método para la determinación del contenido en carbonatos totales de una muestra de suelo es el método del calcímetro de Bernard

(Báscones 2013). La valoración del suelo en cuanto a su contenido en carbonatos se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Valoración del suelo en cuanto al contenido en carbonatos.

Valoración	% p/p
Muy bajo	≤ 5
Bajo	5 a 10
Medio	10 a 25
Alto	25 a 40
Muy alto	> 40

Fuente: Báscones (2013).

3.4.10 Caliza activa

La caliza activa se define como la fracción de carbonatos de tamaño inferior a 50 µm. Por su gran superficie relativa es fácilmente soluble en agua cargada de CO2, enriqueciendo la solución del suelo en iones bicarbonato, lo que parece estar asociado a problemas de clorosis férrica (Andrades 2012).

De acuerdo a Andrades (2012), el calcio es importante para el suelo desde un punto de vista físico debido a:

- Es necesario para una buena estructura (floculante del complejo arcillo-húmico)
- Aumenta la ligereza de los suelos pesados

Desde un punto de vista químico su importancia reside en:

- Es antagónico del H, por lo que los suelos ricos en Ca presentan un pH básico.
- Regula las posibilidades de solubilización del resto de los elementos del suelo.
- Permite el desarrollo de CIC más fuertes.

Para Andrades (2012), desde un punto de vista biológico el calcio es importante porque:

- Es necesario para la nutrición de plantas y microorganismos.
- Permite aumentar la velocidad de descomposición de la materia orgánica.
- Actúa sobre procesos de fijación de N2.

Es necesario controlar la presencia de Ca en el suelo, y si fuera preciso se realizarán enmiendas cálcicas para alcanzar los niveles adecuados. El método para la determinación del calcio en una muestra de suelo es su extracción con una solución de acetato amónico 1 N a pH 7 y posterior determinación por absorción atómica (Báscones 2013). La valoración de la fertilidad cálcica del suelo se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Valoración del contenido de calcio en el suelo.

Valoración	Contenido mg Ca/kg suelo
Muy bajo	≤ 700
Bajo	700 a 2000
Medio	2000 a 4000
Alto	4000 a 6000
Muy alto	> 6000

Fuente: Báscones (2013).

3.4.11 Magnesio (Mg)

El magnesio se encuentra en el suelo principalmente en forma mineral como silicatos, carbonatos, sulfatos y cloruros. La planta puede absorber el Mg^{2+} de la solución del suelo, por vía radicular, o el de las soluciones fertilizantes, a través de los estomas, por vía foliar (1 UF = 1 kg de MgO) (Porta 1986).

El antagonismo más frecuente es el del $Ca^{2+} \Leftrightarrow Mg^{2+}$. Valores elevados de la relación Ca/Mg pueden originar carencias magnésicas aunque el nivel de Mg^{2+} en el suelo sea aceptable. Para que esto no ocurra, la relación Ca/Mg debe mantenerse por debajo de 10 (Porta 1986).

Otro antagonismo importante es el que se produce con el potasio ($K^+ \Leftrightarrow Mg^{2+}$). Cuando la relación K/Mg es superior a 3, pueden producirse carencias de magnesio en numerosos cultivos (Porta 1986).

También se producen antagonismos entre Mg^{2+} y Na^+, presentándose problemas de absorción de Mg en suelos sódicos o en los cultivos regados con aguas salinas ricas en sodio; con nitrógeno amoniacal ($NH4^+$) e, incluso, con H^+, presentándose estados carenciales comprobados en suelos ácidos o en los cultivos fuertemente fertilizados con compuestos amoniacales (Porta 1986).

El método para la determinación del magnesio en una muestra de suelo es su extracción con una solución de acetato amónico 1 N a pH 7 y posterior determinación por absorción atómica. En el cuadro 7 se presenta la interpretación de la fertilidad magnésica del suelo (Porta 1986).

Cuadro 7. Valoración del contenido de magnesio en el suelo.

Valoración	Contenido mg Mg/kg suelo
Muy bajo	≤ 60
Bajo	60 a 80
Medio	80 a 100
Alto	100 a 120
Muy alto	> 120

Fuente: Báscones (2013).

3.4.12 Sodio (Na)

Se consideran suelos sódicos aquellos en los cuales el Na ocupa más del 15 % de la capacidad de cambio del suelo. Estos suelos tienen normalmente un pH elevado del orden de 8.5 o más (Fassbender y Boernemiza 1987).

La presencia de Na en proporciones elevadas frente al Ca y al Mg, provoca la dispersión de los coloides arcillosos y húmicos originando fuerte inestabilidad estructural. Además pueden aparecer problemas de fitotoxicidad (Fassbender y Boernemiza 1987).

El método para la determinación del sodio en una muestra de suelo es mediante fotometría de llama, previa extracción con una solución de acetato amónico 1 N a pH 7 (Fassbender y Boernemiza 1987).

3.4.13 Hierro (Fe)

Generalmente los suelos están bien provistos de hierro pero se producen en las plantas estados carenciales por inactivación del Fe^{2+}. Se trata en la mayoría de las ocasiones de carencias inducidas o secundarias, conocidas como clorosis por ser, precisamente, la falta de clorofila el síntoma manifiesto (Bernier 2000).

Debido a la fuerte influencia que el pH y el Ca^{2+} del suelo ejercen sobre la asimilabilidad del hierro, los análisis de suelo deben considerarse solamente como indicativos. Para una interpretación más consciente, debe acudirse siempre al estado nutricional del cultivo (Bernier 2000).

La forma de corregir las carencias es mediante la aplicación de quelatos al suelo, para absorción radicular, o en pulverización, para absorción foliar, a una dosis que varía entre 30 a 50 kg/ha en cultivos herbáceos y entre 50 a 500 g/árbol, según tamaño, en cultivos leñosos (Bernier 2000).

3.4.14 Boro (B)

En los suelos ácidos existe mayor cantidad de boro asimilable para las plantas, mientras que en los suelos con un alto contenido de caliza disminuye la disponibilidad del boro (Fassbender y Boernemiza 1987). En el cuadro 8 se presenta la valoración del boro en el suelo.

Cuadro 8. Valoración del contenido de boro en el suelo.

Valoración	Contenido en mg B/kg suelo
Pobre	≤ 0.5
Medio	0.5 a 1.0
Rico	> 1

Fuente: Báscones (2013).

Las necesidades de boro de los cultivos suelen cubrirse mediante aplicación, al suelo o a la planta, de compuestos borados o fertilizantes con boro. Las aportaciones al suelo se hacen normalmente con bórax a razón de 15 a 30 kg/ha. Para suelos de pH > 8 y cuando se desea mayor velocidad de actuación del boro porque se observan en el cultivo síntomas carenciales, se recomienda aplicar compuestos de boro mediante pulverizaciones foliares (Fassbender y Boernemiza 1987).

3.4.15 Otros microelementos

Manganeso: las carencias de manganeso pueden solucionarse mediante aportes de MnSO4 al suelo o a la planta. Al suelo se emplean 50 a 100 kg/ha en suelos neutros o débilmente ácidos y hasta 500 kg/ha en suelos fuertemente básicos. Son más eficaces y económicas las pulverizaciones foliares con soluciones de MnSO4 al 1%, aplicadas en primavera, con buena temperatura y alta humedad ambiente (Molina, 2011).

Zinc: las carencias se suelen tratar pulverizando con soluciones de ZnSO4 al 0.1 a 1.0% (Molina 2011).

Cobre: cuando se observen estados carenciales, pueden hacerse aplicaciones al suelo de sulfato de cobre (CuSO4•5H2O) u oxicloruro de cobre (CuCl2•3Cu (OH) 2) a razón de 10 a 30 kg/ha (Molina 2011).

Molibdeno: en la mayoría de los casos, las carencias desaparecen aumentando el pH con un encalado, aireando el suelo o mejorando el drenaje. Se puede aportar al suelo molibdato sódico o molibdato amónico a razón de 0.3 a 1.0 kg/ha, mezclándolos con otros abonos o con tierra para facilitar su distribución (Molina 2011).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se ubica en la finca Valle Verde, en el municipio de San Jorge, del departamento de Zacapa, que dista a una distancia de 160 Km. de la ciudad capital de Guatemala; y a 15 Km. de la cabecera departamental de Zacapa. Se encuentra localizado geográficamente en las coordenadas 14° 5 7' 43" Latitud Norte, y 89° 35' 15" Longitud Oeste del meridiano de Greenwich (Instituto Geográfico Nacional 1987).

La finca Valle Verde al momento del estudio se dividió en seis áreas, como se presenta en la figura 1 y cuadro 9.

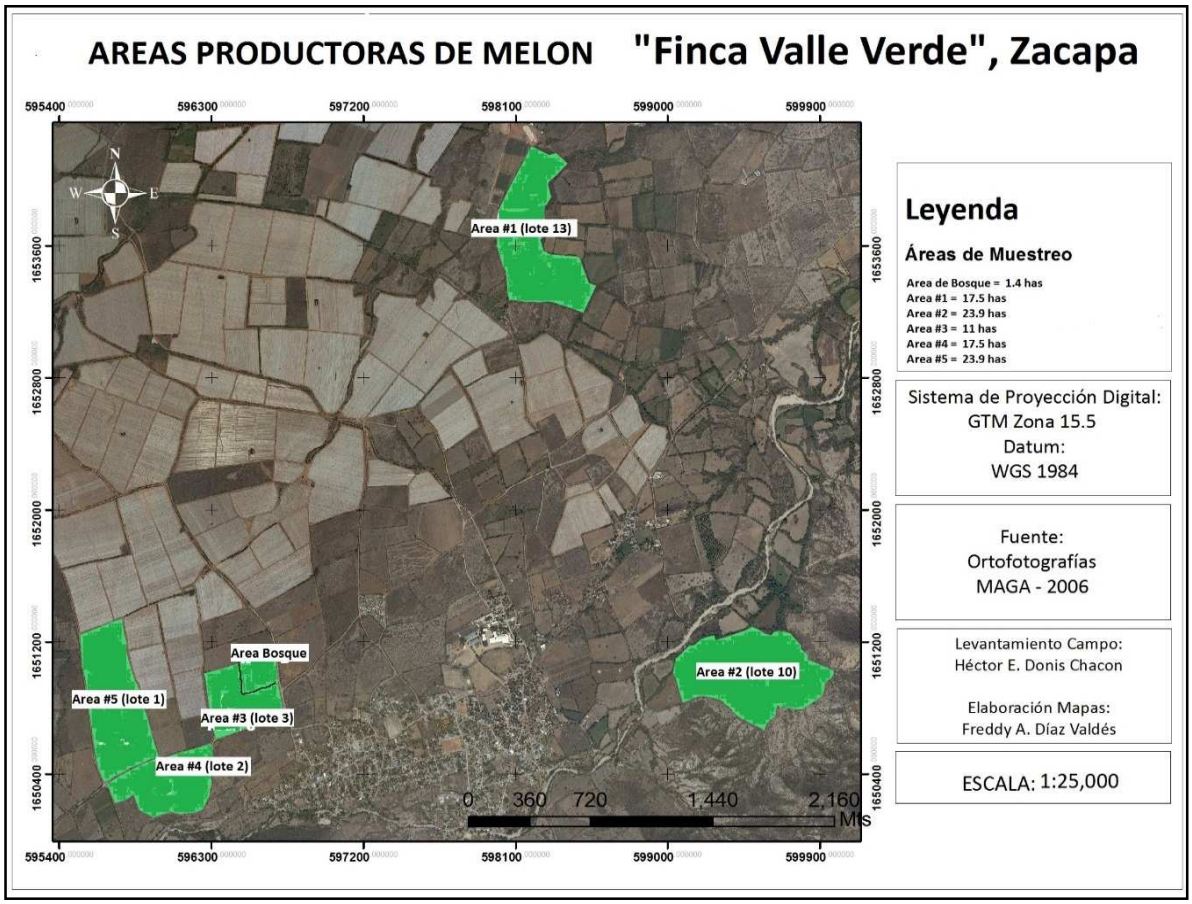


Figura 1. Áreas productoras de melón para estudio de suelo con fines de fertilidad, en la finca Valle Verde, Zacapa.

Cuadro 9. Ubicación de las áreas de estudio en la finca Valle Verde, Zacapa.

Área	Extensión (hectáreas)	Latitud Norte	Longitud Oeste
Área de bosque	1.40	14°55´ 55”	89°36´ 12”
Área producción 1	17.50	14°56´ 39”	89°36´ 39”
Área producción 2	23.90	14°55’ 42”	89°35´ 29”
Área producción 3	11.00	14°55´ 44”	89°36´ 19”
Área producción 4	17.50	14°55´ 55”	89°34´ 40”
Área producción 5	23.90	14°55´ 43”	89°36´ 56”

Elaboración Propia.

4.2 Características biofísicas del área de estudio

4.2.1 Zona de vida

Holdridge (1985), indica que la zona de vida en la cual se encuentra ubicado la finca melonera Agroexportadora Valle Verde está catalogada como Monte Espinoso Subtropical (me-S), en la cual, la vegetación está constituida mayormente por arbustos y plantas espinosas.

4.2.2 Clima

La finca Agroexportadora Valle Verde se encuentra a una altitud de 212 msnm, la temperatura oscila entre los 20.8 a 34.1 ℃, tenién dose un promedio anual de 28.1 ℃., la evaporación media mensual es de 7.3 mm/día, la velocidad del viento de 4.5 Kms/hr. La precipitación pluvial es de 768.5 mm anuales distribuidos en los meses de mayo a octubre. La humedad relativa media de 64%, teniéndose un promedio de 7.7 horas/día, la presión atmosférica media es de 989.1 milibares (INSIVUMEH 2010).

4.3 Recursos naturales

4.3.1 Suelos

Según Simmons, Tarano y Pinto (1959), los suelos de esta área son relativamente jóvenes y las diferencias existentes se basan principalmente en el material de origen

y en el drenaje. Dentro de los límites de la finca se logran identificar tres tipos de suelos, los de la serie Chicaj, Chirrum y Chiquimula. Todos ellos con subsuelos muy impermeables, tienen horizonte A bien arcilloso y un horizonte B con alto contenido de arcilla coloidal del grupo de las motmorrillonita. Particularmente estos suelos son muy impermeables y tienen baja aireación.

4.3.2 Topografía

La topografía del valle es plana en su mayoría, con pendientes que van desde 0 a 4% y moderadas de 16 a 32%; las mayores pendientes se ubican en los lugares donde existen corrientes efímeras de agua (Holdridge 1985).

4.3.3 Hidrología

Por ser una zona con precipitación pluvial baja, humedad relativa baja, alta evapotranspiración, cuenta para la irrigación del cultivo de melón, con reservorios para el almacenamiento de agua para riego.

La finca Valle Verde cuenta con 7 reservorios, con capacidad máxima de 5,000 m^3 y mínima de 2,000 m^3, que son abastecidos con agua por el canal proveniente del rio Grande de Zacapa y en temporada de invierno por la quebrada San Juan. Cada reservorio cuenta con una estación de bombeo para conducir el agua a los campos agrícolas y para las plantas a través del sistema de riego por goteo.

4.3.4. Flora y fauna

Según el plan de conservación de la región semiárida del valle del Motagua, estudio realizado por Fundación Defensores de la Naturaleza, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica y The Nature Conservancy (2009), la vegetación está conformada por árboles, arbustos espinosos y malezas.

Por las condiciones climáticas de la región han causado el desarrollo de comunidades vegetales cuyas hojas caen al inicio de la estación seca y brotan al inicio de la estación lluviosa (caducifolias), y con presencia de espinas (más del 50% de la composición vegetal). A esto último se debe el nombre de la zona de vida predominante: monte espinoso seco.

Hasta la fecha se reportan 215 especies vegetales de más de 50 familias, con cierta dominancia de plantas leguminosas (reunidas en 3 familias: aesalpinaceae, Mimosaceae y Fabaceae), Euphorbiacae, Cactaceae, Asteraceae, Bromeliaceae y Malvaceae. Además, la vegetación se caracteriza por árboles pequeños, cuya altura no supera 6 metros, y árboles emergentes dispersos hasta de 15 m.

Las especies arbóreas como yaje (*Leucaena diversiforlia*). Schlecht. (Benth), zarza blanca (*Mimosa platycarpa* Benth) y hierba mota pino (*Mimosa zacapana*), son las especies vegetales dominantes en la estructura de vegetación de la región.

La flora se caracteriza por la presencia de 11 especies endémicas, destacándose el cacto cabeza de viejo (*Cephalocereus maxonii*), la *Mimosa zacapana*, y la bromelia *Tillandsia xerographica*. Fundación Defensores de la Naturaleza, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica y The Nature Conservancy (2009), señalan que la familia con mayor número de especies endémicas es la Cactaceae, con 4 especies seguido por las familias Mimosaceae, Teofrastaceae y Bromeliaceae (1 especie). Asimismo, es notoria la presencia del manzanote (*Pereskia autumnalis*), una cactácea arborescente, que además de su belleza, aloja muchas epífitas.

En cuanto a la fauna existente, Fundación Defensores de la Naturaleza, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica y The Nature Conservancy (2009), las especies más comunes son los reptiles algunos mamíferos inferiores y también algunos géneros de aves.

5. MARCO METODOLOGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo general

Determinar la fertilidad de los suelos mediante indicadores físicos y químicos en las áreas productoras de melón, de la finca Agroexportadora Valle Verde, departamento de Zacapa.

5.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la fertilidad de los suelos cultivado con melón en la finca Valle Verde, Zacapa.

- Desarrollar lineamientos generales para el manejo de los suelos de acuerdo a la fertilidad de los suelos.

5.2 Descripción de la metodología

La metodología propuesta para realizar el análisis de fertilidad en el suelo, agrupa los indicadores de las propiedades físicas y químicas, los cuales se determinaron por medio de métodos analíticos (resultados de laboratorio) y análisis de datos, Anexo 1.

5.2.1 Determinación de la fertilidad en el suelo

La determinación de la fertilidad de las áreas de estudio, se realizó por medio de muestreos de suelo, para el análisis de las propiedades físicas y químicas, debido a que el análisis de suelo es una herramienta utilizada en el diagnóstico. Las diferentes muestras de suelo recolectadas por área productiva seleccionada se analizaron en el laboratorio agrícola denominada Soluciones Analíticas S.A.

Los pasos que se siguieron para el análisis fueron los siguientes:

1. Homogenizar las áreas seleccionadas.

2. Recolección de muestrea por área seleccionada.

3. Identificación de las muestras para su envió al laboratorio.

4. Envió al laboratorio agrícola de las muestras obtenidas.

5. Análisis de las muestras en el laboratorio agrícola.

6. Interpretación de los reportes del laboratorio.

5.2.2 Propuesta plan de manejo

La propuesta del plan de manejo de las áreas de estudio se realizó por medio de la interpretación de los resultados de las muestras de suelo de las áreas seleccionadas analizando, validando y complementando la información con ayuda del Ingeniero Agrónomo Raúl Chacón, Asesor Agrícola de Nutrición Vegetal de la empresa de fertilizantes NORDIC, quien posee más de 20 años de experiencia en estudios de suelos en áreas productoras de melón, en el departamento de Zacapa.

5.3 Fase de gabinete inicial

La mayor parte de preparación y procesamiento de los datos se llevó a cabo utilizando el software ArcGis 9.2 ArcInfo.

El primer paso del estudio consistió en delimitar las áreas de estudio de la finca melonera Valle Verde. Este procedimiento se llevó a cabo utilizando el Modelo Digital del terreno a escala 1:50000 generado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA); y aplicando las herramientas del programa ArcGIS 9.2.

5.4 Muestreo de suelo con fines de fertilidad

Las muestras en las plantaciones de melón se obtuvieron después de la cosecha. Las muestras se obtuvieron de las zonas homogéneas que presentaron características similares, en cuanto a color, textura, relieve, manejo del terreno, entre otros; lo que permitió obtener resultados de análisis químicos y físicos de laboratorio, coherentes con la producción obtenida en esa área y de esta forma permitió predecir y diagnosticar adecuadamente la fertilidad del suelo.

Con el auxilio de personal de la empresa Valle Verde y caminamientos en el campo se definieron las áreas homogéneas de cada área productiva evaluada, separando áreas con diferentes relieves, es decir las planas de las pendientes.

Se separaron los suelos oscuros de claros, así como las áreas con claras diferencias de textura (para ello se debió observar y sentir entre los dedos un poco de suelo húmedo para determinar si es arenoso (se siente áspero al tacto), arcilloso (se adhiere con facilidad a los dedos), limoso (sensación de jabón en los dedos) o franco (es el contraste de los anteriores). Además se separaron los suelos bien drenados de los mal drenados.

Antes de obtener las muestras se señalizaron los puntos a muestrear haciendo un trazo en zig-zag, que permitió cubrir toda el área de la plantación de melón para que el muestreo fuera representativo.

Una vez seleccionadas las áreas del muestreo, se obtuvieron muestras simples a una profundidad de 30 cm.

En el punto a muestrear 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.

Con la pala se cavó un agujero en forma de V del ancho de la pala y a una profundidad de 30 cm. Se tomó una porción de 3 cm de espesor de la pared del agujero y se depositó en un balde plástico limpio. Se repitió esta operación para cada uno de los puntos a muestrear en la cada una se las áreas seleccionadas.

Una vez recolectadas todas las muestras simples se mezclaron bien para obtener una muestra compuesta de un kilogramo. Se depositó la muestra compuesta en una doble bolsa plástica, colocando la identificación entre bolsa y bolsa y se selló de forma segura.

La etiqueta contenía la siguiente información: finca, lugar, cultivo, profundidad, propietarios y fecha de muestreo.

5.5 Análisis de laboratorio de la muestras de suelo

5.5.1 Determinación de las texturas de las áreas evaluadas

Se realizaron 10 muestreos simples en cada una de las áreas productivas seleccionadas, para ello se ubicaron los puntos de muestreos que presentaban similares condiciones, se recolectaron las muestras de suelo en recipiente plástico, donde se homogenizaron las muestras y se obtuvo una muestra compuesta para determinar la textura del suelo a través del método del triángulo de texturas (Bouyouccus), que define está por medio de los porcentaje de las partículas primarias (arena, arcilla y limo) (figura 2).

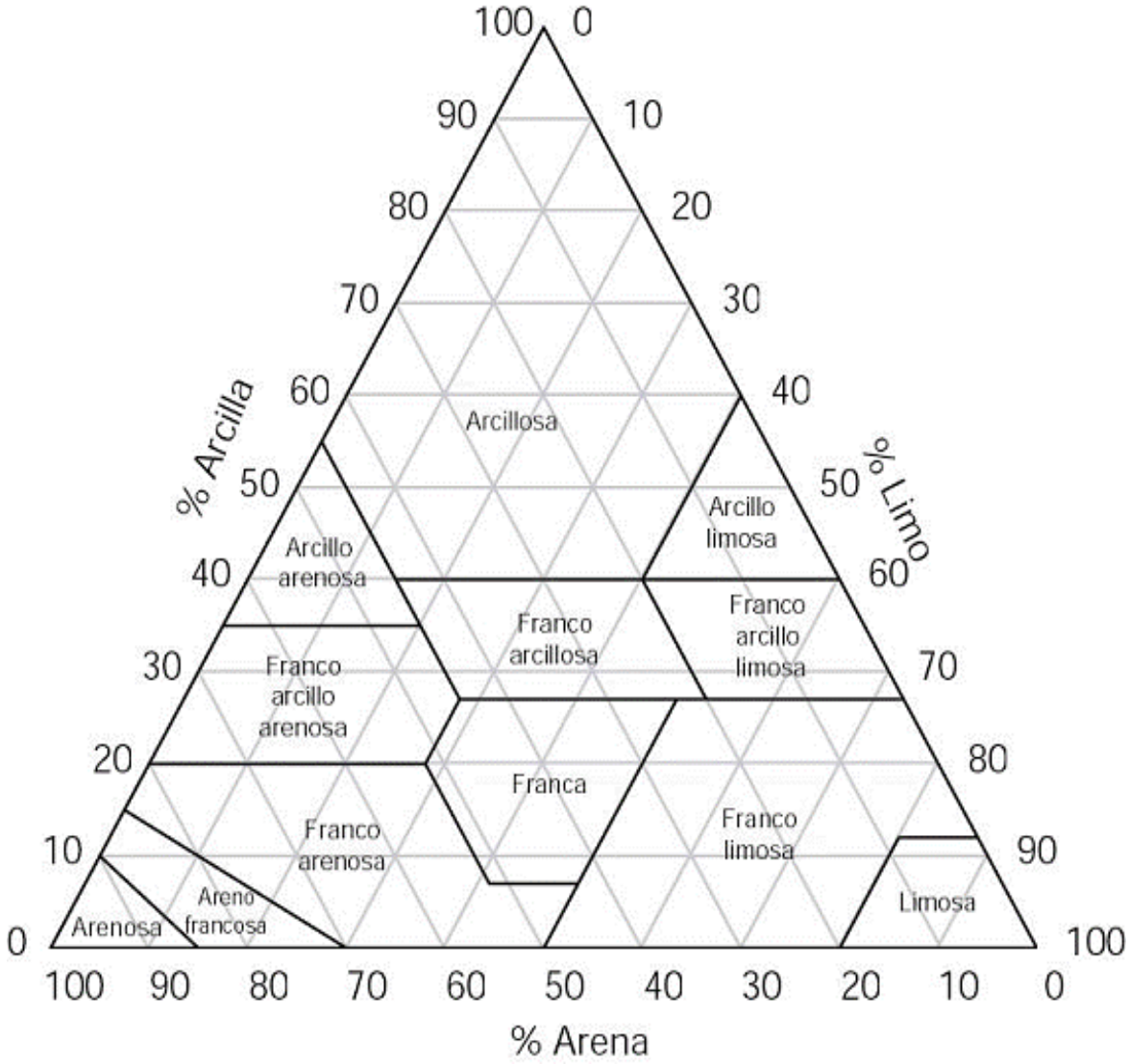


Figura 2. Triángulo de texturas según clasificación del USDA.

5.5.2 Análisis de laboratorio para las propiedades químicas

Esta fase se realizó en las instalaciones del Laboratorio Agrícola de Soluciones Analíticas S.A., empresa responsable de la realización de los análisis y de la formulación de los reportes respectivos. La interpretación de los resultados se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Interpretación de los resultados de laboratorio para las propiedades químicas del análisis de fertilidad en el suelo.

Macro elementos	***ppm***		
	Bajo	**Medio**	**Alto**
Ca	< 1000	1000 a 2000	> 2000
Mg	< 100	100 a 250	> 250
K	<150	150 a 300	> 300
Fósforo y elementos menores			
P	< 30	30 a 75	> 75
S	< 10	10 a 100	> 100
Cu	< 1	1 a 7	> 7
Fe	< 40	40 a 250	> 250
Mn	< 10	10 a 250	> 250
Zn	< 2	2 a 25	> 25
Materia orgánica	***%***		
Cálido	< 2.0	2.0 a 4.0	> 4

pH	
Valor	**Categoría**
< de 5.5	Extremadamente ácido
5.5 a 5.9	Moderadamente ácido
6.0 a 6.5	Adecuado
6.6 a 7.3	Neutro
7,4 a 8.0	Alcalino
> de 8.0	Muy alcalino

Conductividad eléctrica (Grado de salinidad**) dS/m***				
No salino	**Ligera salinidad**	**Moderado**	**Fuerte**	**Muy fuerte**
0 a 2	3 a 4	4 a 8	8 a 15	> de 15

Fuente: Soluciones Analíticas, 2014.

5.6 Variables respuesta

5.6.1 Propiedades físicas

- Textura (distribución y tamaño de las partículas)

  Esta variable se determinado a través del método del triángulo de texturas (Bouyucos), en base al porcentaje de sus partículas primarias.

5.6.2 Propiedades químicas

- pH potencial de iones H determinado a través del método del potenciómetro.

- Acidez intercambiable determinado a través del método de extracción con KCl y titulación con NaOH.

- Fósforo y potasio, para cuantificar estas variables se empleó espectrofotometría de emisión atómica. (ICP).

- Conductividad eléctrica, esta variable se determinado a través del método del conductivimetro.

- Microelementos determinados a través del método de extracción con DPTA a pH 7 determinaciones EAA.

- Acidez intercambiable determinado a través del método de extracción con KCl y titulación con NaOH.

- Materia orgánica determinado a través del método de Walkley y Black.

5.7 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.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 Disponibilidad de nutrientes

A continuación se analizan los resultados obtenidos de los análisis físicos químicos de las áreas evaluadas, Cuadros11-24, Anexo 2.

6.1.1 Clase textural

La finca Valle Verde presenta suelos con texturas medias. En las áreas de bosque y las áreas productoras de melón 1, 2 y 4 presentan clase textural tipo franco arenoso.

En las áreas productoras de melón 3 y 5 suelos francos arcillo arenoso. Las texturas medias presentan poca capacidad de retención de agua, elevada permeabilidad, buen drenaje y buena aireación (cuadro 11).

Cuadro 11. Clases texturales de acuerdo al área de estudio de la finca Valle Verde, en el valle de La Fragua, periodo 2011-2012.

PROPIEDADES FISICAS	AÑO 2011 – 2012					
	Área Bosque H-B	**Área 1** H-1	**Área 2** H-2	**Área 3** H-3	**Área 4** H-4	**Área 5** H-5
ARCILLA %	18	19	29	24	19	22
LIMO %	14	14	17	13	13	12
ARENA %	68	67	53	63	68	66
CLASE TEXTURAL	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARCILLO ARENOSO	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARCILLO ARENOSO

Elaboración Propia.

6.1.2 Potencial de Hidrógeno (pH)

La finca Valle Verde presenta suelos ligeramente ácidos a neutros, sabiendo que la mayor disponibilidad de macro y micro elementos para el cultivo de melón se encuentra entre un pH de 6 – 7. Para el año 2011 el pH de los suelos se encontraba en el rango de 5.71 a 7.70 y para el año 2012 entre 6.06 a 6.99 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Valores de pH de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.

Año	pH Rango Adecuado 6 – 7 (cultivo de melón)					
	Área Bosque H-B	Área 1 H-1	Área 2 H-2	Área 3 H-3	Área 4 H-4	Área 5 H-5
Año 2011	6.14	7.11	7.70	6.50	5.71	5.75
Año 2012	6.06	6.99	6.65	6.56	6.14	6.04

Elaboración Propia.

Las áreas 1, 2 y 3 en el muestreo inicial (2011) presentan suelos con pH neutro con tendencia a ligeramente alcalino. Estas mismas áreas monitoreadas en el 2012 reportan un pH con tendencia a ligeramente ácido. El ligero cambio hacia la acidez del suelo puede deberse a la aplicación de ácido fosfórico como fuente de fósforo, reflejándose en el aumento de la concentración de éste elemento en el suelo.

Las aplicaciones continuas de ácido fosfórico acidifican el suelo activando la disponibilidad de micro-elementos como manganeso, aluminio y hierro. También puede limitarse la absorción de zinc, debiendo considerar el uso de otras fuentes de fósforo cuya reacción no sea ácida en las áreas 1,2 y 3, ya que el ácido fosfórico se profundiza considerando las láminas de riego que se utilizan en el cultivo.

En el año 2011 las áreas 4 y 5 presentaron pH ligeramente ácido y en el segundo año de muestreo una tendencia hacia arriba por motivo de la mecanización agrícola por la utilización de implemento de volteo como el arado de disco.

6.1.3 Conductividad Eléctrica (EC)

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo. Los valores de concentración de sales para las muestras tomadas en el 2011 y 2012 no presentaron alta variabilidad, reflejando como resultados suelos no salinos para todos los casos de las tierras agrícolas dedicadas al cultivo de melón, lo cual concuerda con la vegetación y el clima, también influye en ello los porcentajes de materia orgánica lo cual interviene en la poca conductividad.

Cuadro 13. Valores de Conductividad Eléctrica en los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.

Año	Valores de Concentración de Sales (dS/m) Rango adecuado: 0.2 – 0.8					
	Área Bosque H-B	Área 1 H-1	Área 2 H-2	Área 3 H-3	Área 4 H-4	Área 5 H-5
Año 2011	0.13	0.63	0.5	0.25	0.17	0.19
Año 2012	0.14	0.63	0.44	0.58	0.23	0.28

Elaboración Propia.

La conductividad eléctrica o concentración de sales en las áreas 1 y 2 por ser áreas con poco manejo nutricional, mecanización agrícola y mayor concentración de manganeso (alto contenido de manganeso = mal drenaje = compactación) elemento que permite una mala aireación del suelo lo cual se refleja en los niveles altos de sales solubles reportadas. Excepto las áreas 3, 4, 5 que tienen más años o temporadas de producción (aplicaciones nutricionales, mecanización agrícola, etc.) lo que ha modificado la estructura del suelo permitiendo mayor lixiviación de sales.

En la temporada de producción 2012 el análisis reporta una EC modificada pero manteniéndose en un rango bajo, esto debido a la concentración en mg/kg de potasio siendo la fuente Cloruro de Potasio y contando con una CIC afectada por las arcillas del suelo ya que estas retienen nutrientes especialmente cationes como potasio.

6.1.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Los valores de CIC dependen de la textura del suelo y del contenido de materia orgánica. Los resultados del estudio mostraron valores de CIC entre el rango de 5.20 a 25.10 meq/100g para las muestras tomadas en el año 2011, las cuales se consideran de medias a altas.

Cuadro 14. Valores de capacidad de intercambio catiónico de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.

Año	Valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC en me/100g) Rango adecuado 5 a 15 meq/100 ml					
	Área Bosque H-B	Área 1 H-1	Área 2 H-2	Área 3 H-3	Área 4 H-4	Área 5 H-5
Año 2011	5.20	14.6	25.1	8.3	6.7	6.5
Año 2012	5.50	15.60	19.50	7.10	6.90	5.50

Elaboración Propia.

Los resultados de CIC para el año 2012 se encuentran en el rango de 5.50 a 19.50 meq/100g. De acuerdo a este parámetro se puede afirmar que la fertilidad natural de los suelos presente es de media a alta. Los suelos con los valores de CIC menos de 10 meq/100 g requieren un aporte de materia orgánica (cuadro 14).

Importante considerar que la CIC es modificada a ser alta o baja por la presencia de Calcio, Magnesio y Potasio y la disponibilidad de cualquiera de estos elementos.

La capacidad de intercambio catiónico del área 1 tuvo un cambio ligero posiblemente por la presencia en solución de magnesio, debido a que este elemento se aplica al suelo debido a la alta exigencia de los cultivos de melón y sandía.

En el área 2 se observa un CIC inicial alta pero en la temporada 2012 sufre un cambio a adecuado debido a la drástica baja concentración de potasio, excepto las

áreas 3, 4 y 5 los cuales mantienen una CIC estable en el suelo debido a que sus bases no sufren ningún cambio considerable. Por lo que se debe de analizar la dosis en el uso de este elemento (magnesio) en el programa nutricional de las áreas 3, 4 y 5 para evitar cambios en la CIC ya que este elemento cuenta con una alta solubilidad y movilidad en el suelo provocando cambios como los que refleja el área 1.

6.1.5 Porcentaje de saturación de cationes con respecto al CIC

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 CIC de las muestras evaluadas se interpretan de la siguiente manera: para el porcentaje de saturación de K, del año 2011, los valores muestran que las áreas de bosque (5.10%), área 2 (5.60%), área 3 (2.30%), área 4 (2.30%) y área 5 (5.10%) se encuentra en el rango adecuado; con relación al porcentaje de saturación de Ca y Mg, los resultados mostraron que todas las muestras se encuentran en el rango adecuado (cuadro 15).

En el año 2012, se puede observar en el cuadro 15, que los porcentajes de saturación de K en las áreas 1, 2 y 4 se encuentran en el rango adecuado, mientras que las restantes áreas presentan niveles altos, por lo que existirá poca probabilidad de respuesta a la aplicación de K y no se debe recomendar la aplicación de este elemento.

Con relación a los porcentajes de Ca y Mg, los resultados mostraron que todas las muestras se encuentran en el rango adecuado, por lo que será necesario aplicar estos elementos en cantidades adecuadas para satisfacer al menos la extracción del cultivo. La relación K/Mg debe estar comprendida entre 0.2 a 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, por lo que se deberá aplicar K suficiente para satisfacer al menos la extracción del cultivo.

En el cuadro 16 se puede observar los valores de la relación K/Mg, en los suelos de las áreas evaluadas para los años 2011 y 2012 en las plantaciones de melón de la finca Valle Verde.

La relación calcio/magnesio (Ca/Mg) debe estar comprendida entre 2 a 5. Un exceso de calcio (Ca) puede interferir la absorción del magnesio y del potasio. Si la relación Ca/Mg, es mayor de 10, es posible que se produzca una deficiencia de magnesio (cuadro 15).

Cuadro 15. 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 CIC, para las muestras de los años 2011 y 2012.

AÑO 2011	**Porcentaje de los niveles de calcio, magnesio y potasio**					
	Área Bosque H-B	**Área 1** H-1	**Área 2** H-2	**Área 3** H-3	**Área 4** H-4	**Área 5** H-5
Sat K	5.10	8.50	5.60	2.30	2.30	5.10
Sat Ca	80.20	69.70	74.90	79.50	81.00	80.20
Sat Mg	14.70	21.80	19.50	18.30	16.70	14.70
AÑO 2012	**Porcentaje de los niveles de calcio, magnesio y potasio**					
	Área Bosque H-B	**Área 1** H-1	**Área 2** H-2	**Área 3** H-3	**Área 4** H-4	**Área 5** H-5
Sat K	6.92	5.94	3.65	10.88	5.59	10.18
Sat Ca	66.79	65.91	72.97	65.57	73.35	66.66
Sat Mg	26.30	28.15	23.38	23.54	21.06	23.16

Elaboración Propia.

Cuadro 16. Relación K/Mg obtenidos de los análisis de porcentaje de saturación de cationes con respecto al CIC, para las muestras de los años 2011 y 2012.

AÑO 2011	Relación K/Mg					
	Área Bosque H-B	**Área 1** H-1	**Área 2** H-2	**Área 3** H-3	**Área 4** H-4	**Área 5** H-5
Sat K	5.10	8.50	5.60	2.30	2.30	5.10
Sat Mg	14.70	21.80	19.50	18.30	16.70	14.70
K/Mg	0.35	0.39	0.29	0.13	0.14	0.35
AÑO 2012	**Relación K/Mg**					
	Área Bosque H-B	**Área 1** H-1	**Área 2** H-2	**Área 3** H-3	**Área 4** H-4	**Área 5** H-5
Sat K	6.92	5.94	3.65	10.88	5.59	10.18
Sat Mg	26.30	28.15	23.38	23.54	21.06	23.16
K/Mg	0.26	0.21	0.16	0.46	0.27	0.44

Elaboración Propia.

Cuadro 17. Relación Ca/Mg obtenidos de los análisis de porcentaje de saturación de cationes con respecto al CIC, para las muestras de los años 2011 y 2012.

AÑO 2011	Porcentaje de los niveles de calcio, magnesio y potasio					
	Área Bosque H-B	**Área 1** H-1	**Área 2** H-2	**Área 3** H-3	**Área 4** H-4	**Área 5** H-5
Sat Ca	80.20	69.70	74.90	79.50	81.00	80.20
Sat Mg	14.70	21.80	19.50	18.30	16.70	14.70
Ca/Mg	5.46	3.20	3.84	4.34	4.85	5.46
AÑO 2012	**Porcentaje de los niveles de calcio, magnesio y potasio**					
	Área Bosque H-B	**Área 1** H-1	**Área 2** H-2	**Área 3** H-3	**Área 4** H-4	**Área 5** H-5
Sat Ca	66.79	65.91	72.97	65.57	73.35	66.66
Sat Mg	26.30	28.15	23.38	23.54	21.06	23.16
Ca/Mg	2.54	2.34	3.12	2.79	3.48	2.88

Elaboración Propia.

6.1.6 Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)

El potasio se encuentra en el suelo en forma de catión intercambiable, es decir, adsorbido a las arcillas y a la materia orgánica en sus bases de intercambio, pasando fácilmente a la solución del suelo por la acción de ácidos débiles.

En los reportes de resultados de los análisis de suelo se presenta los valores de potasio (K_2O) disponible en partes mg/kg y donde el rango adecuado se encuentra entre 150 a 300 mg/kg.

Como se pueden observar en la Cuadro 18 el contenido de K en el área de bosque para los años evaluados es menor al rango aceptado por lo que se considera un suelo medio.

En los suelos agrícolas estudiados y explotados con el cultivo de melón, se puede observar que en el estudio realizado en el 2011, las áreas 3, 4 y 5 mostraban valores de K menores al rango adecuado.

Por el contrario para el año 2012, se puede observar que el contenido de K se encontraba en el rango adecuado o levemente superior, lo que indica que los suelos ricos en este elemento, en otras palabras los suelos son altamente fértiles.

La fertilización potásica debe hacerse teniendo en cuenta el mantenimiento de un nivel de potasio activo.

Cuadro 18. Valores de potasio en los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.

Año 2011	Macro elementos (potasio, calcio y magnesio) en ppm					
	Área Bosque H-B	**Área 1 H-1**	**Área 2 H-2**	**Área 3 H-3**	**Área 4 H-4**	**Área 5 H-5**
Potasio (K) 150-300 mg/kg	105.0	487.0	545.0	73.9	61.4	95.1
Calcio (Ca) 1000 - 2000 mg/kg	840.0	2040.0	3760	1320	1090	1030
Magnesio (Mg) 100 - 200 mg/kg	92.2	382.0	588.0	182.0	135.0	128.0
Año 2012	**Macro elementos (potasio, calcio y magnesio) en ppm**					
	Área Bosque H-B	**Área 1 H-1**	**Área 2 H-2**	**Área 3 H-3**	**Área 4 H-4**	**Área 5 H-5**
Potasio (K) 150-300 mg/kg	147.0	362.0	278.0	302.0	150.0	217.0
Calcio (Ca) 1000 - 2000 mg/kg	728.0	2060.0	2850.0	933.0	1010.0	729.0
Magnesio (Mg) 100 - 200 mg/kg	172.0	528.0	548.0	201.0	174	152

Elaboración Propia.

Los suelos fértiles se distinguen por los altos contenidos de Ca y Mg, mientras que los suelos muy ácidos generalmente presentan deficiencias de Ca y Mg. De acuerdo a los reportes de análisis de suelo el rango adecuado de Ca es de 1000 a 2000 mg/kg. Según los resultados que se presentan en el cuadro 18, el área de bosque muestreada en los años 2011 y 2012 presentaron bajos contenidos de Ca, mientras las áreas agrícolas muestreadas en el año 2011 mostraron un rango adecuado y superior de Ca.

De acuerdo a la interpretación de los resultados que muestran un rango adecuado será necesario aplicar Ca suficiente para satisfacer al menos la extracción del cultivo; en los suelos donde el nivel de Ca resultó alto o muy alto, existirá poca probabilidad de respuesta a la aplicación de Ca y la dosis recomendada será cero kg de Ca.

De acuerdo a los reportes de análisis de suelo el rango adecuado de Mg es de 100 a 250 mg/kg. Los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Mg y entre más alto es contenido de este elemento mejor es la fertilidad del suelo. En los análisis químicos de los suelos de la finca Valle Verde realizados en el año 2011, se puede notar que los contenidos de Mg en los suelos evaluados fueron altos, por tanto, se consideran suelos muy fértiles. En el muestreo del año 2012, muestran un aumento de los contenidos de Mg en los campos evaluados (Cuadro 18).

La proliferación de la mayoría de microorganismos del suelo depende del contenido de Ca y Mg, que no podrán tener lugar ciertas actividades biológicas si el contenido de estos cationes disminuye. Además transforman la materia orgánica en humus y los compuestos nitrogenados en nitrógeno asimilable aumentando los procesos enzimáticos. El calcio y el magnesio son importantes en la relación con el fósforo. Al fijar el hierro y el aluminio se reduce la transformación de los fosfatos solubles en combinaciones no asimilables de hierro y aluminio. Por lo que se debe evitar incrementar el pH a valores mayores de 7 y con ello, eliminar la formación de fosfatos de calcio y magnesio no asimilables.

6.1.7 Fósforo (P)

La disponibilidad de fósforo en el suelo, corresponde a una pequeña fracción del fósforo total contenida en el suelo, reflejando parte del fósforo de la solución del suelo y de aquella que se encuentra en la fase sólida, susceptible de ser asimilada por las plantas.

El contenido de fósforo disponible en los suelos evaluados, fue mayor en las muestras tomadas en el año 2012 que en el 2011. Los suelos 4, 3 y 1 con 46.1, 39.4 y 39.2 mg/kg presentaron los mayores valores, los cuales se consideran adecuados para este elemento. El área de bosque no incrementó el contenido de fósforo (cuadro 19).

La máxima disponibilidad de fósforo se encuentra en el rango de pH de 6.5 a 7.5 (áreas de 1 a 5 para el año 2012). Las causas de estos resultados se relacionan a

que este rango presenta la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico del suelo. El pH hasta 6.5, presenta una reducción de la solubilidad de fosfatos de hierro y aluminio y aumenta la solubilidad de las formas ligadas al calcio.

Cuadro 19. Valores de disponibilidad de fósforo (mg/kg) de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.

Año	Fósforo 30 – 75 mg/kg					
	Área Bosque H-B	Área 1 H-1	Área 2 H-2	Área 3 H-3	Área 4 H-4	Área 5 H-5
Año 2011	<10	<10	16.3	12.2	16.2	17.4
Año 2012	<10.0	39.2	28.9	39.4	46.1	34.9

Elaboración Propia.

En suelos básicos (pH > 7) el fósforo se inactiva fácilmente en formas insolubles, por lo que suele encontrarse poco fósforo en forma activa. En este caso, tras realizar la fertilización con el paso del tiempo el fósforo se va inactivando. El cálculo de la fertilización fosfórica debe realizarse teniendo en cuenta el mantenimiento de un nivel de fósforo activo. Por lo tanto será mayor el aporte en suelos básicos, debido a que inactiva el fósforo y mucho menor en los ácidos (pH < 7).

6.1.8 Azufre y elementos menores

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.

El Cu presenta niveles dentro de rango adecuado (1 a 7 ppm) en los suelos evaluados en la finca Valle Verde, siendo estos francos arenosos y bajos en materia orgánica (cuadro 20).

Todos los suelos evaluados presentan contenidos adecuados de Fe y Mn, tanto en el año 2011 como en el 2012. 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 estimados más que reales, por lo que los resultados son más útiles para determinar riesgo de toxicidad que para evaluar deficiencias (cuadro 20).

El Zn es el elemento que resulta más confiable en el análisis utilizando la solución extractora de Olsen Modificado, siendo su nivel adecuado de entre 2 a 25 mg/kg. Es el micronutriente que con más frecuencia se presenta deficiente en suelos del país, las carencias se suelen tratar pulverizando con soluciones de ZnSO4 al 0,1-1 % (Cuadro 20).

Cuadro 20. Valores de elementos menores obtenidos de los análisis de suelo, para las áreas muestreadas de los años 2011 y 2012, en la finca Valle Verde.

AÑO 2011	**Elementos menores en ppm**						**Rango adecuado ppm**
	Área Bosque H-B	**Área 1 H-1**	**Área 2 H-2**	**Área 3 H-3**	**Área 4 H-4**	**Área 5 H-5**	
Azufre (S)	<5	15.9	24.8	19.0	13.7	10.9	10 a 100
Cobre (Cu)	2.2	3.3	2.4	2.8	2.5	3.5	1 a 7
Hierro (Fe)	69.6	67.9	106.0	86.0	100.0	155.0	40 a 250
Manganeso (Mn)	183.0	228.0	154.0	221.0	188.0	217.0	10 a 250
Zinc (Zn)	<0.5	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	2 a 25
AÑO 2012	**Elementos menores en ppm**						
	Área Bosque H-B	**Área 1 H-1**	**Área 2 H-2**	**Área 3 H-3**	**Área 4 H-4**	**Área 5 H-5**	**Rango adecuado ppm**
Azufre (S)	<5	12.2	6.9	9.5	<5	11.9	10 a 100
Cobre (Cu)	1.1	2.9	2.4	1.5	2.0	2.0	1 a 7
Hierro (Fe)	71.9	104.0	96.9	77.2	105	75.4	40 a 250
Manganeso (Mn)	125.0	184.0	188.0	160.0	149.0	151.0	10 a 250
Zinc (Zn)	0.8	1.7	1.6	1.8	1.6	1.6	2 a 25

Elaboración Propia.

6.1.9 Materia orgánica (M.O.)

La materia orgánica tiene una función nutricional en la que sirve como una fuente de N, P y S para el crecimiento de las plantas, afecta la actividad de la microflora y la micro fauna, y promueve una buena estructura del suelo, con lo cual mejora las labores de labranza, aireación y la retención de humedad.

El porcentaje de materia orgánica fue mayor en el año 2012 con relación al año 2011 en todos los suelos evaluados. Los mayores porcentajes se presentaron en las áreas siguientes: área 2 con 2.02%, con un incrementó de 0.54%; el área de bosque y área 1 con 1.95%, con un incremento de 1.11% y 0.03%; y el área 5 con 1.75%, con un incremento de 1.21% de materia orgánica. Los demás suelos evaluados un porcentaje de materia orgánica menor de 1.25% (figura 10). Los suelos de las áreas 3 y 4 presentaron los menores porcentajes de materia orgánica debido a que los pH de estos, están por debajo 6.0 para el año 2011, lo que provocó una baja descomposición de materia orgánica.

Cuadro 21. Valores de materia orgánica de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.

Año	Valores del Porcentaje de Materia Orgánica					
	Área Bosque H-B	Área 1 H-1	Área 2 H-2	Área 3 H-3	Área 4 H-4	Área 5 H-5
Año 2011	0.84	1.92	1.48	0.62	0.74	0.54
Año 2012	1.95	1.95	2.02	1.01	1.25	1.75

Elaboración Propia.

El contenido medio aproximado de materia orgánica en los suelos agrícolas oscila entre 1 a 5 % y para el presente estudio los contenidos de materia orgánica se consideran de bajo (< 1.0% de MO) a medio bajo (1 a 2% de MO), considerándolos como suelos muy mineralizados a mineralizados. 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.

En las plantaciones de melón las plantas son la principal fuente de materia orgánica, debido a que parte de las hojas, tallos, flores, frutos y el sistema radicular completo, se incorporan al suelo cuando el cultivo es cosechado. Estos residuos son frescos y poseen entre 60 a 90% de humedad.

Lo anterior indica que entre el 10 a 40% de materia seca se incorpora al suelo y su composición contiene: carbohidratos, grasas, aceites, lignina y proteínas, que son los principales constituyentes y ellos son fuentes de carbono, hidrógeno y oxígeno, así como también, en el caso de las proteínas, de nitrógeno, azufre, hierro, fósforo, los cuales pudieran ser aprovechables por las plantas una vez que los microorganismos descomponen estos compuestos

6.1.10 Aluminio (Al)

El aluminio intercambiable precipita cuando el pH es superior a 5.5. Cuando el pH está por debajo de ese valor, la solubilidad del Al se incrementa, al igual que el riesgo de causar toxicidad a las raíces. Un suelo con pH inferior a 5 se considera muy ácido, y el pH óptimo para la mayoría de los cultivos debería estar entre 6 y 7, aunque muchos cultivos de origen tropical pueden crecer bien con un pH de 5.5 a 6.

Cuadro 22. Valores de aluminio de los suelos estudiados en la finca Valle Verde, valle de La Fragua, Zacapa, años 2011 y 2012.

Año 2011	**Aluminio en mg/kg**					
	Área Bosque H-B	**Área 1 H-1**	**Área 2 H-2**	**Área 3 H-3**	**Área 4 H-4**	**Área 5 H-5**
Aluminio (Al)	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Año 2012	**Aluminio en mg/kg**					
	Área Bosque H-B	**Área 1** H-1	**Área 2** H-2	**Área 3** H-3	**Área 4** H-4	**Área 5** H-5
Aluminio (Al)	<8	<8	<8	<8	<8	<8

Elaboración Propia.

6.1.11 Curva Fijación de P y Cantidad/Intensidad de K

Las curvas de fijación de P realizadas en los suelos de las áreas productivas evaluadas, reportan que la fijación de este elemento es baja debido a que presenta porcentajes de 16, 14, 12, 14 y 13% de P_2O_5, que van hacer fijados por las arcillas del suelo (Cuadro 23).

Cuadro 23. Promedio de fósforo fijado en cada una de las áreas productivas evaluadas en la finca Valle Verde, Zacapa.

PROPIEDADES FISICAS	Área Bosque H-B	Área 1 H-1	Área 2 H-2	Área 3 H-3	Área 4 H-4	Área 5 H-5
Porcentaje de P	**16**	**16**	**14**	**12**	**14**	**13**

Elaboración Propia.

Ejemplo: el área productiva 1 presenta una fijación de fósforo de 16%. Si el requerimiento de fósforo del cultivo del melón es de 24.70 kg/ha, la curva indica que a este requerimiento se le debe adicionar 3.95 kg/ha, lo cual será fijados por las arcillas del suelo.

En las curvas de Cantidad/Intensidad de K de las áreas productivas evaluadas se interpreta que los suelos tienen moderada capacidad de retención, pero alta capacidad de realizar el intercambio de bases, los cuales la planta los absorberá con facilidad. Por lo tanto el programa nutricional debe de ser dosificado en cuanto a los tres elementos base para que exista un intercambio real y no una fijación en las arcillas (Cuadro 24).

Cuadro 24. Valores de cantidad/intensidad de potasio en cada una de las áreas productivas evaluadas, en la finca Valle Verde, Zacapa.

PROPIEDADES FISICAS	Área Bosque H-B	Área 1 H-1	Área 2 H-2	Área 3 H-3	Área 4 H-4	Área 5 H-5
Reservas de potasio	**-2.00**	**-2.33**	**-3.85**	**-3.15**	**-2.18**	**-2.31**
Disponibilidad de potasio	**0.0330**	**0.0330**	**0.0352**	**0.0348**	**0.0326**	**0.0327**
Capacidad potencial del suelo para suplir potasio	**61**	**71**	**109**	**90**	**67**	**71**

Elaboración Propia.

6.2 Lineamientos generales para el manejo de la fertilidad de los suelos

El manejo de la fertilidad del suelo debe de hacerse de manera sostenible, considerando no solo el aspecto económico, sino también el ambiental y social. Los análisis de suelos y plantas constituyen una herramienta importante para conocer las variaciones de los niveles de fertilidad del suelo y la reacción de cada uno de los elementos. Caso palpable el pH que muestra un cambio drástico que de seguir de esa manera todos los nutrientes se verían afectados en su disponibilidad.

6.2.1 Directrices para manejo de la fertilidad de los suelos

1. Es importante considerar en un programa nutricional al realizar el monitoreo de suelo, con el conocimiento del abanico de los cambios texturales o limitantes (piedra, grava, arena gruesa, pie de arado, etc.) que se puedan encontrar en 100 o más metros cuadrados por lo que se recomienda que cada punto sea geo referenciado, para que en la 2da, 3ra o más monitoreos en la misma área, estos puntos sean localizados para que el reporte en cuanto a texturas no encontremos variaciones que hagan cambiar las recomendaciones especialmente en este cultivo que sus exigencias nutricionales son mayores y por ser un cultivo de ciclo corto de producción.

2. Para diseñar un programa nutricional es muy importante considerar el manejo de los factores que influyen en la eficiencia de la fertilización:

   - Errores de muestreo.
   - Errores en el análisis de las muestras.
   - Errores en el diseño del programa de enmiendas y fertilización.
   - Errores en la aplicación de enmiendas.
   - Errores en la aplicación de los fertilizantes.
   - Recolección de muestras muy cerca o muy lejos.
   - Recolección de muestras muy profundas o muy superficiales.
   - Distribución no uniforme.

- Dosis equivocadas.
- Falta o exceso de lluvias.
- Plagas y/o enfermedades en la raíz.
- Presencia de malezas.

Debido a todas estas fuentes de error se debe de verificar la correcta absorción de nutrientes por la planta, esto se debe realizar por medio del análisis foliar. Dependiendo de los resultados obtenidos se tomará la decisión de continuar con el programa diseñado o se modifica el mismo.

3. Es necesario e importante el monitoreo pre y post-fruto a nivel foliar, los niveles de calcio para determinar si la cantidad presente en suelo está haciendo absorbida y si la cantidad aplicada en el programa nutricional, es suficiente para contrarrestar las aplicaciones de potasio continuas para evitar así deficiencias del mismo, debido a que es un elemento importante en la vida de anaquel del fruto.

4. Al momento de la toma de la muestra es importante considerar que en el área de muestreo no tenga residuos de fertilizantes, debido a que estos se reflejaran en el contenido del CIC especialmente calcio, magnesio y potasio.

5. Para corregir la deficiencia de magnesio en el cultivo de melón, se recomiendan aplicaciones foliares (magnisal) para complementar la aplicación al suelo debido a que este elemento es absorbido con facilidad atreves del tejido.

6. Considerando las curvas de Cantidad/Intensidad del K en las áreas de producción evaluadas, se recomienda utilizar fuentes altas en sales como el cloruro de potasio para que la reserva en el suelo no se vea afectada en las siguientes temporadas de producción. El potasio es necesario alternarlo con otras fuentes como el nitrato y sulfato de potasio, programadas de manera de tener más presencia de cloruros que de nitratos.

7. Las mejoras de los suelos productivos de la finca Valle Verde se pueden lograr teniendo un plan de manejo de rotación de cultivos, tomando en cuenta aquellos que proporcionan una mayor masa vegetativa como lo es el sorgo alternado con leguminosas, para aprovechar la fijación de nitrógeno y la mejora del porcentaje de materia orgánica permitiéndonos mejorar la estructura, aumentar la CIC y con ello, evitar la acumulación de sales.

8. Los cultivos que se alternen al cultivo primario (melón) deben de ir acompañados de un programa de mecanización agrícola (utilizando subsolador), que permita la incorporación de la M.O. en el suelo, esto evitará la compactación y así el pie de arado (con esto se evitara la acumulación de elementos tóxicos para el cultivo tales como el sodio). Se recomienda hacer esta actividad al final de cada cosecha.

9. Se recomienda que al final de cada temporada se levante la cobertura de plástico y realizar la práctica del subsolador, con el propósito de que las primeras lluvias antes del emplasticado se lixivien todas las sales acumuladas.

10. Programar 2 análisis a nivel foliar**.** La recolección de las muestras foliares se debe realizar en la etapa de crecimiento, de pre y post fructificación, muestreando la 5ta hoja de la punta hacia dentro. El 1er muestreo foliar se debe realizar entre los 25 a 26 días después de la siembra (cuando se levante el agribon) y el 2do muestreo entre los 38 a 40 días después del trasplante.

6.2.2 Manejo de la fertilidad en suelos alcalinos y suelos ácidos en la finca Valle Verde.

a) Escenario adecuado para la disponibilidad de los nutrientes en suelos alcalinos (Anexo 6).

El pH alcalino = 7.80, los nutrientes están limitados en su disponibilidad para que la planta los pueda absorber, los únicos elementos con mejor disponibilidad en suelos alcalinos es el calcio y el magnesio, por lo que si existen aplicaciones de fosforo es recomendable hacerlo localizado o en banda para evitar la formación de fosfatos de calcio.

En el cultivo del melón es importante que el sulfato de amonio se aplique antes de colocar el plástico o en el riego pre siembra, para que los amonios logren acidificar o nivelar el pH.

Recomendación criterio agronómico, aplicar: **S**ulfato de Amonio (NH4) en riego pre siembra. NH4 = N1 H4 = desplaza bases (K, Ca, Mg) (Anexo 3, 4).

La aplicación Sulfato de Amonio, es una recomendación agronómica que permite condicionar la alcalinidad y no provocar la alteración de la conductividad eléctrica, que repercute en la toxicidad de las plantas por las sales.

Es importante que en el programa de aplicaciones nitrogenadas, se agregue el sulfato de amonio en forma alternada, con el objetivo de que el suelo mantenga un pH controlado. Al fin de la cosecha se debe monitorear los contenidos de suelo para conocer el comportamiento de pH.

La razón de alternar, es debido a la situación del que el pH del suelo no es estable, porque en finca no cuentan con agua de calidad, debido a que las aguas de riego son alcalinas. Alternar Sulfato de Amonio (NH4) con nitrógeno (Anexo 5).

Es importante al momento de tener un reporte de análisis de suelos, que este indique la alcalinidad, es necesario conocer si el suelo tiene presencia de sodio porque este afecta el pH del suelo en forma directa.

El manejo de suelo alcalino con sodio se debe realizar de la siguiente forma:

- Riegos profundos (aguas óptimas para riego)
- Drenaje
- Aplicación de Sulfato de Calcio.

b. Escenario adecuado para la disponibilidad de los nutrientes en suelos ácidos con Aluminio (Anexo 7).

El pH ácido (4.98), los macronutrientes están limitados en la disponibilidad para que la planta los pueda absorber, los únicos elementos con mejor disponibilidad en suelos ácidos son los micronutrientes, de tal grado que pueden llegar hacer tóxicos como el Manganeso, Hierro, Cobre y Aluminio.

Es por esta razón, que en estos suelos es importante mejorar las condiciones del pH para que los elementos tóxicos dejen de serlo y esto es a través de aplicaciones de enmiendas agrícolas basadas en la concentración de acidez intercambiable y del mismo pH.

Para seleccionar el material de encalado a utilizar, se debe tomar en cuenta la saturación de magnesio. Si es mayor de 20% se hace con cal agrícola (carbonato de calcio). Si es igual o menor a 20% se hace con cal dolomítica (carbonato de calcio y magnesio).

La aplicación de la enmienda agrícola se calcula al operar los mili equivalentes y la recomendación es: Para calcular la dosis se emplea la siguiente fórmula: TM/ha = 2 * meq Al/100 g de suelo, es decir que por cada mili equivalente de aluminio en 100 gramos de suelo se debe aplicar dos toneladas de cal agrícola o

cal dolomítica/ha. 90 ppm de aluminio equivalen a 1 meq Al/100 g de suelo. Cuando se tiene conocimiento de acidez a profundidades mayores a los 15 cm se recomienda utilizar yeso (sulfato de calcio), esto debido a que los carbonatos no tienen capacidad de mucho movimiento en el perfil del suelo mientras que el sulfato sí lo puede hacer. La dosis a aplicar es de TM/ha = 1.75 * meq Al/100 g de suelo.

En casos de acidez muy severa (40% de saturación de aluminio o mayor) se puede aplicar una mezcla de cal agrícola o cal dolomítica con yeso para combinar la durabilidad de uno con la rapidez y profundización del otro. La proporción de la mezcla dependerá del balance de cationes y de la rapidez y profundización que se desee.

Recomendación criterio agronómico, aplicar: 780 kg/ha/año de **c**al dolomítica o 975 kg/ha/año de sulfato de calcio (Anexo 5).

7. CONCLUSIONES

La fertilidad general de los suelos de la finca Valle Verde se considera adecuada, debido a que posee una Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) promedio de 11 meq/100 ml, son suelos no salinos con pH básico que va de 6.06 a 6.99, y niveles adecuados de macro nutrientes.

Debido a las aplicaciones de ácido fosfórico como fuente de fosforo en el programa de fertilización utilizando 35 litros/manzana, este elemento se modifica de un rango bajo a un rango adecuado en el periodo de un año de muestreo de las áreas en estudio.

El programa nutricional utilizado actualmente para el cultivo de melón en la finca Valle Verde ejerce una influencia positiva en los niveles de fósforo, potasio, calcio, magnesio y los micronutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn) en el período evaluado.

El contenido de materia orgánica en las áreas evaluadas se encontraron de bajo (< 1.0% de MO) a medio bajo (1 a 2% de MO) debido principalmente a las condiciones climáticas y edáficas predominantes en el área de estudio.

En la curva de fijación de fósforo presentó un 12 a 16% de fijación considerándose baja. La curva de cantidad intensidad de potasio tiene moderada capacidad de retención pero alta capacidad de realizar intercambio de bases (61 a 109), considerándose suelos con alto potencial de fertilidad.

8. RECOMENDACIONES

Para maximizar los rendimientos en el cultivo de melón, además del análisis químico del suelo, se debe conocer características físicas del suelo como la capacidad de retención de humedad, infiltración básica y la densidad aparente.

El programa de fertilización empleado en la finca Valle Verde debe buscar la eficacia y eficiencia de los fertilizantes a aplicarse para evitar el consumo de lujo por parte del cultivo y la contaminación de mantos freáticos.

Suelos con Capacidad de intercambio catiónico menores de 10 meq/100 g requieren un aporte anual de materia orgánica, hasta alcanzar un nivel mínimo de 2 a 2.5%, que representa un suelo mineral orgánico.

Los elementos K, Ca y Mg se encontraron en el rango adecuado a levemente superior, debiendo esperar baja respuesta por parte del cultivo a la aplicación de elementos en niveles altos. Sin embargo los elementos que están en el rango adecuado deben aplicarse en cantidades suficientes para satisfacer al menos la extracción del cultivo de melón.

Las curvas de fijación de fosforo señalan que las áreas productivas de melón evaluadas presentaron baja capacidad de fijación, por lo que se debe considerar al momento de formular el programa nutricional para el cultivo, en donde no se debe olvidar adicionar el porcentaje de fijación de fosforo para que las arcillas puedan retener este elemento.

Las curvas de Cantidad/Intensidad de K de las áreas productivas de melón evaluadas señalan que los suelos tienen moderada capacidad de retención, pero alta capacidad de intercambio entre las bases, por lo que el programa nutricional debe de ser dosificado en cuanto a potasio, calcio y magnesio, con el fin de obtener un equilibrio de estos elementos para el aprovechamiento del cultivo.

9. BIBLIOGRAFIA

1 Alvarado, P. 2009. Nutrición y fertilización de melón y sandía. Santiago de Chile, CL, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 22 p.

2 Andrades, M. 2012. Prácticas de edafología y climatología. España, Universidad de La Rioja. 72 p.

3 Ansorena, J. 1995. Fertilidad del suelo: acidez y complejo de cambio. Costa Rica, Laboratorio Agrario, Departamento de Agricultura y Espacios Naturales. 5 p.

4 Asgrow Seed Company, US. 2002. Informe sobre manejo de melón tipo cantaloupe. Miami, US. p 1-13.

5 Báscones, E. 2013. Análisis de suelo y consejos de abonado. Valladolid, ES, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica y Agrícola. 54 p.

6 Bernier, R. 2000. Seminario taller para productores: técnicas de diagnóstico de fertilidad del suelo, fertilización de praderas, cultivos y mejoramiento de praderas. Osorno, CL, INIA; Centro Regional de Investigaciones Remehue; Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 117 p. (Serie Actas no. 4.)

7 Bornemisza, E. 1982. Introducción a la química de suelos. San José, CR, OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. p. 21-47. (Monografía no. 25).

8 Cadahia, C. 2005. Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Madrid, ES, Mundi-prensa. 681 p.

9 Casas, R. 2013. Los procesos de degradación y la conservación de suelos en la república Argentina. Revista Comunicaciones no. 4: 1 - 14.

10 Chavarría, L. 2010. Melón: ficha no. 30/UE. Costa Rica, DESCA. 14 p.

11 COEMEL A.C. (Consejo Estatal de Productores de Melón A. C., MX). 2005. Cultivo de melón (en línea). Colima, MX. Consultado 4 feb. 2014. Disponible en http://www.coemelcolima.com.mx/nueva/cultivo.htm

12 Cronquist. A. 1981. Introducción a la botánica. Estados Unidos, Columbia University Press. 53 p.

13 Cuesta Muñoz, PA; Villaneda Vivas, E. 2005. El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera (en línea). *In* Manual Técnico Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos. Comp. Ed. PA Cuesta Muñoz. Bogotá, CO, CORPOICA. p 1 – 12. Consultado 14 abr. 2012. Disponible en www.corpoica.org.com/ sitioweb/archivos/publicaciones/produccinyutilización.pdf.

14 Domínguez, V. 1997. Tratado de fertilización. 3 ed. Madrid, ES, Mundi Prensa. 613 p.

15 FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Roma, IT, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. 30 p.

16 Fassbender, H; Boernemiza, E. 1987. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, CR, IICA. 420 p.

17 Fersini, A. 1996. Horticultura práctica. México, Editorial Diana. 527 p.

18 Fundación Defensores de la Naturaleza, GT; Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, GT; The Nature Conservancy, GT. 2009. Sistematización de experiencias de manejo de forestal y del fuego en los bosques de pino-encino de Centroamérica. Guatemala, The Nature Conservancy/Fundación Defensores de la Naturaleza. 97 p.

19 García, F; Ciampitti, I. 2010. Enfoques alternativos para el diagnóstico de fertilidad de suelos el enfoque tradicional (en línea). *In* Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (22, 2010, Rosario, AR). Argentina. Informaciones agronómicas no. 3. p. 18-25. Consultado 14 abr. 2014. Disponible en www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/DBC9C7B7CC49307D0325791F006EEBA0/$file/17.pdf

20 Havlim, J.; Beaton, J.; Tisdale, S; Nelson, W. 2005. Soil fertility and fertilizers. 7 ed. New Jersey, US, Pearson Education Inc. Upper Saddle River. 515 p.

21 Holdridge, L. 1985. Ecología basada en las zonas de vida. San José, CR, IICA. 107 p.

22 Huerta, H. 2010. Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Querétaro, y su relación con el crecimiento bacteriano. Tesis Lic. Biología. Campus Juriquilla. Querétaro, MX, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. 61 p.

23 IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1987. Hoja cartográfica del departamento de Zacapa. Guatemala. Escala 1:50,000.

24 INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala). 2012. Registros meteorológicos de la estación La Fragua, Zacapa. Guatemala.

25 INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). 1986. Documento básico para el programa de riego y drenaje. Mendoza, AR, Estación Agropecuaria Mendoza. 10 p.

26 Laboratorios A-L de México. 2011. Generalidades e interpretación y ejemplo del análisis de fertilidad del suelo. México, El Análisis de fertilidad de suelo. 7 p.

26 León, R.; Caudillo, R.; Méndez, O; Monroy, R. 2013. pH y sus efectos. Costa Rica, Casa Abierto al Tiempo. 23 p.

28 Martin, A. 2009. Manejo sustentable del cultivo de cucurbitáceas: manual de cultivo de sandía (*Citrullus lanatus)* y melón (*Cucumis melo* L.). Santiago de Chile, CL, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 62 p.

29 Mazuela, P. 2013. Agricultura en zonas áridas y semiáridas. Revista de Agricultura en Zonas Áridas 31: 3 - 4.

30 Molina, E. 2011. Análisis de suelos y su interpretación. San José, CR, Universidad De Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. 8 p.

31 Monardes, H. 2009. Requerimientos de clima y suelo: manual de cultivo del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus)* y melón (*Cucumis melo* L.). Santiago de Chile, CL, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 51 p.

32 Perdomo, C; Barbazán, M. 2012. Nitrógeno: área de suelos y aguas. Montevideo, UR, Universidad de La República, Facultad de Agronomía. 74 p.

33 Pérez, E. 2011. Determinación de la fertilidad en suelos del occidente de Nicaragua. Tesis Ing. Agroecología Tropical. León, NI, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Agroecología Tropical. 65 p.

34 Porta, J. 1986. Técnicas y experimentos en edafología. Barcelona, ES, Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Cataluña. 86 p.

35 Simmons, C; Tarano, J; Pinto, J. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1,000 p.

36 Sims, J. 2000. Evaluación de la fertilidad del suelo. *In* Handbook of Soil Science. Ed. por EM. Sumner. Boca Raton, Florida, US, CRC Press. p. 153.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
BIBLIOTECA
Lic. Zoot. Edgardo Guillén R.
CUNORI CHIQUIMULA

10. ANEXOS

Anexo 1. Metodología para determinar los indicadores físicos - químicos

a. Muestreo de suelo.

La Muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (submuestra) tomada en forma representativa de un terreno considerado homogéneo. El muestreo se realizó tomando una muestra representativa (1 kg) por cada parte distinta del terreno (una sección o lote con condiciones homogéneas), compuesta por 15-20 submuestras de 100-200 gr cada una, tomadas a una profundidad de 0-30 6 de 30-60 cm, en puntos libres de broza, malezas, piedras u otros, evitando también las áreas donde se hayan hecho enmiendas (fertilización, encalado u otro) recientemente.

Se realizó un recorrido en zig-zag, dentro del área a muestreo, tomando submuestras de cada vértice donde se cambie la dirección del recorrido. En cada punto donde se recolecto la submuestra, se removió las plantas u hojarasca en un área de unos 40X40 cm y procedió a muestrear de la siguiente forma:

Para áreas en campo definitivo se utilizaron dos métodos:

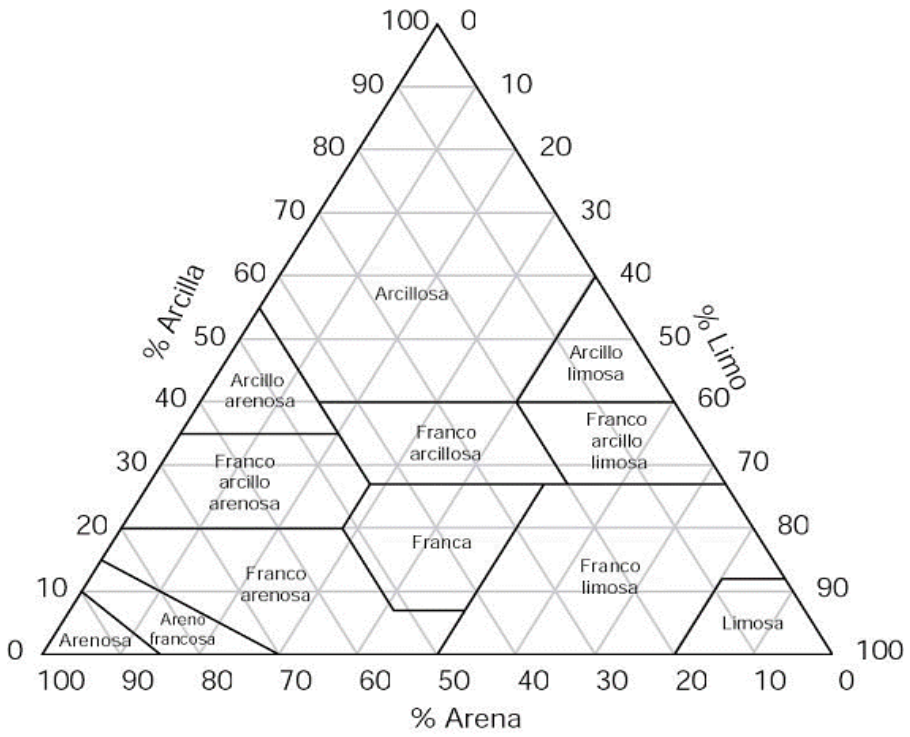
- Con barreno: se insertó en el suelo tantas veces como sea necesario hasta reunir de 100-200 gr de suelo. Se repitió el procedimiento en cada punto de muestreo.

- Con pala: se hizo un agujero en forma de V y se eliminó la hojarasca el suelo; luego se tomó un perfil completo de una de las paredes del agujero, hasta reunir 100-200 gr de suelo. Se repitió este proceso en los siguientes puntos de muestreos.

2. Determinación del parámetro Textura.

Se realizó un primer muestreo llevado a cabo en cada sección de la finca. Para ello, se ubicó el punto de muestreo para recolectar una muestra de suelo y determinar la textura del suelo, por el método del triángulo de texturas (Bouyouccus) en base al porcentaje de sus partículas primarias. El proceso de la determinación de la textura consiste en lo siguiente: a 40 g de suelos se les agrega una solución (Calgon al 5%) y se dejan agitar por 16 horas en un agitador reciprocante, para dispersar el suelo.

Luego esta solución de suelo es homogenizada con un agitador centrifugo de suelos y transferido cuantitativamente a una probeta (1000 ml) en la cual se agrega agua hasta el volumen de 1000 ml, se homogeniza nuevamente y se toman lecturas de densidad con un hidrómetro a los 40 segundos y una segunda lectura a las 6 horas. Los valores de lectura son ingresados a la base de datos para el cálculo correspondiente.



Triángulo de texturas (Bouyouccus)

3. Metodologías utilizadas para análisis de suelos.

Parámetros	Metodología
pH, NO3, concentración de sales	Extracción con agua, relación suelo de 1:2. Determinación potenciométrica para pH y NO3 conductimétrica para CS.
Materia Orgánica	Oxidación con K2Cr2O7 (dicromato de potasio) y determinación por volumetría redox (Walkley-Black)
K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn	Extracción con HOAc 0.2N, NH4NO3 0.25N, NH4F 0.015N, HNO3 0.013N y EDTA 0.001M (Mehlich III), relación 1:10 y determinación por espectrofotometría de emisión atómica (ICP)
P	Extracción con HOAc 0.2N, NH4NO3 0.25N, NH4F 0.015N, HNO3 0.013N y EDTA 0.001M (Mehlich III), relación 1:10 y determinación por espectrofotometría visible.
Na	Extracción con HOAc 0.2N, NH4NO3 0.25N, NH4F 0.015N, HNO3 0.013N y EDTA 0.001M (Mehlich III), relación 1:10 y determinación por espectrofotometría de emisión atómica, absorción atómica.
Al	Extracción con JCL 1M, relación 1:10 y determinación por volumetría de neutralización.
S	Extracción con HOAc 0.2N, NH4NO3 0.25N, NH4F 0.015N, HNO3 0.013N y EDTA 0.001M (Mehlich III), relación 1:10 y determinación turdimétrica (por espectrofotometría visible).
B	Extracción con Ca3(PO4)2 0.01035M (fosfato de calcio), relación 1:10 y determinación por absorción en espectrofotométria visible, método de azometina.
Metodología con base en:	
- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 1995.195th. ed	
- Isaac. R y W. Johnson. 1984. Methodology for tha Analysis of Soil, Plant, Feed, Water and Fertilizer Samples. Georgia Soil Testing and Plan Analysis Laboratory. U.S.A.	

Fuente: Soluciones Analíticas, S.A.

Anexo .: Tabla de datos reportados de los análisis de suelo 2011 – 2012

Agro exportadora "Valle Verde"

DATOS			DATOS 2011	DATOS 2012	DATOS 2011	DATOS 2012	DATOS 2011	DATOS 2012	DATOS 2011	DATOS 2012	DATOS 2011	DATOS 2012	DATOS 2011	DATOS 2012
			Área Bosque	**Área Bosque**	**Área # 1**	**Área # 1**	**Área # 2**	**Área # 2**	**Área # 3**	**Área # 3**	**Área # 4**	**Área # 4**	**Área # 5**	**Área # 5**
			H-B	H-B	H-1	H-1	H-2	H-2	H-3	H-3	H-4	H-4	H-5	H-5
PROPIEDADES FISICAS	TEXTURA	ARCILLA %	18	20	19	16	39	19	24	27	19	25	22	20
		LIMO %	14	7	14	26	17	21	13	5	13	5	12	7
		ARENA %	68	73	67	57	43	60	63	68	68	71	66	3
		TIPO DE SUELO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO
			ARENOSO	ARENOSO	ARENOSO	ARENOSO	ARENOSO	ARENOSO	ARENO	ARENO	ARENOSO	ARENO	ARENO	ARENOSO
									ARCILLOSO	ARCILLOSO		ARCILLOSO	ARCILLOSO	
PROPIEDADES QUIMCAS	pH	5.5 – 7.2	6.14	6.06	7.11	6.99	7.7	6.65	6.5	6.56	5.71	6.14	5.75	6.04
	EC	0.2 – 0.8	0.13	0.14	0.63	0.63	0.5	0.44	0.25	0.58	0.17	0.23	0.19	0.28
	CIC	5 – 15 meq/100ml	5.2	5.5	14.6	15.6	25.1	19.5	8.3	7.1	6.7	6.9	6.5	5.5
	SAT K	4 – 6 %	5.1	6.92	8.5	5.94	5.6	3.65	2.3	10.8	2.3	5.59	5.10	10.18
	SAT Ca	60 – 80 %	80.2	66.79	69.7	65.91	74.9	72.97	79.5	65.5	81	73.35	80.2	66.66
	SAT Mg	10 – 20 %	14.7	23.6	21.8	28.15	19.5	23.38	18.3	34.5	16.7	21.06	14.7	23.16
	NITRATOS	25 – 250 ppm	34.6	5	165.8	5.8	45.6	28.9	49.5	5	70.4	<5	37.9	5.2
	FOSFORO	30 – 75 ppm	<10	<10	<10	39.2	16.3	27.8	12.2	39.4	16.2	46.1	17.4	34.9
	POTASIO	150 – 300 ppm	105	147	487	362	545	278	73.9	302	61.4	150	95.1	217
	CALCIO	1000-2000 ppm	840	728	2040	2060	3760	2850	1320	933	1090	1010	1030	729
	MAGNESIO	100 – 250 ppm	922	172	382	528	588	548	182	201	135	174	128	152
	AZUFRE	10 – 100 ppm	<5	<5	15.9	12.2	24.8	6.9	19	9.5	13.7	<5	10.9	11.9
	COBRE	1 – 7 ppm	2.2	1.1	3.3	2.9	2.4	2.4	2.8	1.5	2.5	2	3.5	2
	HIERRO	40 – 250 ppm	69.6	71.9	67.9	104	106	96.9	86	77.2	100	105	155	75.4
	MANGANESO	10 – 250 ppm	183	125	228	184	154	188	221	160	188	149	217	151
	ZINC	2 – 25 ppm	<5	0.8	1.4	1.7	1.3	1.6	1.2	1.8	1.3	1.6	1.3	2.6
	ALUMINIO	<100 ppm	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
PROPIEDADES BIOLOGICAS	M.O.	20 – 40 ppm	0.84	1.95	1.92	1.95	1.48	2.02	0.67	1.01	0.74	1.25	0.54	1.75
	NEMATODOS	----------	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CURVAS	FIJACION DE FOSFORO %		16		14		13		12		14		13	
	CANTIDAD /INTENSIDAD DE POTASIO	RESERVA	-2		-2.33		-3.85		-3.15		-2.18		-2.31	
		DISPONIBILIDAD	0.03		0.03		0.02		0.03		0.03		0.03	
		SUPLIR	61		71		109		90		67		71	
TOTAL DE AREA			0		24.97 mz		34.12 mz		15.69 mz		24.97 mz		34.12 mz	

Elaboración Propia.

Anexo 3. Uso de Fertilizante según pH del suelo

Formulas	Suelos Ácidos			Suelos Alcalinos		
	N	P	K	N	P	K
Sulfato de Amonio (21-0-0)	**No**			Si		
Nitrato de Calcio	Si			Si		
Nitrato de Amonio	Si			Si		
UREA	Si			**No**		
Fosfato mono amonio (MAP) 10-50-0		Si			Si	
Fosfato Di Amonio (DAP) 18-46-0		Si			Si	
Triple Super Fosfato (TSP) 0-46-0		Si			Si	
Roca Fosfórica (0-30-0)		Si			**No**	
Muriato de Potasio (MOP) 0-0-60			Si			Si
Sulfato de Potasio (SOP) 0-0-50			Si			Si
Nitrato de Potasio			Si			Si

Fuente: Soluciones Analíticas, S.A.

Anexo 4. Programa de Fertilización por Área.

	Fertilización por Área					
Área	**Nitrato de Amonio**	**Nitrato de Amonio**	**Muriato de Potasio**	**Calcio**	**Fosforo**	**Frecuencia**
Bosque						**Inicio (etapa de siembra y crecimiento):** cada 15 días. **Producción (cuaje y cosecha):** cada 5-6 días.
1	200 libras/manzana	300 libras/manzana	200 libras/manzana	150 libras/manzana	35 litros/manzana	
2	200 libras/manzana	300 libras/manzana	200 libras/manzana	150 libras/manzana	35 litros/manzana	
3	200 libras/manzana	300 libras/manzana	200 libras/manzana	150 libras/manzana	35 litros/manzana	
4	200 libras/manzana	300 libras/manzana	200 libras/manzana	150 libras/manzana	35 litros/manzana	
5	200 libras/manzana	300 libras/manzana	200 libras/manzana	150 libras/manzana	35 litros/manzana	

Elaboración Propia.

En todas las áreas independientemente de los años de producción se utiliza el mismo programa de fertilización utilizando productos solubles aplicados por fertiriego como lo indica el cuadro del programa de fertilización por área.

La frecuencia de aplicación depende de la etapa del cultivo: siembra y crecimiento cada 15 días, cuaje y cosecha cada 5-6 días.

Anexo 5. Manejo del Riego

<table>
<tr><th></th><th colspan="4">RIEGO</th></tr>
<tr><th>AREA</th><th>QUEBRADA SAN JUAN</th><th>RIO GRANDE</th><th>CANTIDAD</th><th>FRECUENCIA</th></tr>
<tr><td>Bosque</td><td></td><td></td><td rowspan="6">Inicio (etapa siembra y crecimiento):
4 milímetros diarios.

Producción (cuaje y cosecha):
6 milímetros diarios.</td><td rowspan="6">Inicio (etapa siembra y crecimiento): cada 15 días.

Producción (cuaje y cosecha): cada 5-6 días</td></tr>
<tr><td>1</td><td rowspan="3">X</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>2</td></tr>
<tr><td>3</td></tr>
<tr><td>4</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">X</td></tr>
<tr><td>5</td></tr>
</table>

Elaboración Propia.

Riego: el riego se realiza por goteo en todos los campos de producción, el agua es recolectada en reservorios provenientes de la “Quebrada San Juan” y “Río Grande”.

Anexo 6. Informe del análisis de suelo alcalino

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente	: HECTOR DONIS (09105)		
Persona Responsable	: HECTOR DONIS	Número de orden	: 72748
Finca	: AGROEXPORTADORA "VALLE VERDE" (19702)	Código de muestra	: 11.08.01.01.18
Localización	: Zacapa, ZACAPA	Fecha de ingreso	: 01/08/2011
Referencia Cliente :	: AREA # 5 (H-5-2)	Fecha del informe	: 02/09/2011
Cultivo	: MELON PREFRUTO -Cucumis melo (160)	Asesor	: RECEPCION/AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS		RANGO ADECUADO
pH	7.80	5.50 _ 7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.53 dS/m	0.2 _ 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	1.52 %	2.0 _ 4.0
C.I.C.e	14.2 meq/100 ml	5.0 _ 15.0
Saturación K	4.7 %	4% _ 6%
Saturación Ca	67.1 %	60% _ 80%
Saturación Mg	28.2 %	10% _ 20%
Saturación Al+H	0.0 %	< 20%

ELEMENTO		CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
			BAJO	ADECUADO	ALTO		
Nitrato	$N\text{-}NO_3$	92.2	XXXXXXXXXXXX			25 - 250	
Fósforo	P	< 10.0	X			30 - 75	130 P_2O_5
Potasio	K	257.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXX			150 - 300	100 K_2O
Calcio	Ca	1900.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1000 -2000	
Magnesio	Mg	479.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			100 - 250	
Azufre	S	16.5	XXXXXXXXXX			10 - 100	40 S
Cobre	Cu	2.5	XXXXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro	Fe	81.1	XXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso	Mn	205.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXX			10 - 250	
Zinc	Zn	0.9	XXXX			2 - 25	6 Zn
Aluminio	Al	< 8.0	X			< 100	

* Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz

Anexo 7. Informe del análisis de suelo ácido con presencia de aluminio

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente	: HECTOR DONIS (09105)		
Persona Responsable	: HECTOR DONIS	Número de orden	: 72748
Finca	: AGROEXPORTADORA "VALLE VERDE" (19702)	Código de muestra	: 11.08.01.01.02
Localización	: Zacapa, ZACAPA	Fecha de ingreso	: 01/08/2011
Referencia Cliente :	: AREA # 1 (H-1-1)	Fecha del informe	: 02/09/2011
Cultivo	: MELON PREFRUTO -Cucumis melo (160)	Asesor	: RECEPCION/AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS		RANGO ADECUADO
pH	4.98	5.50 _ 7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.21 dS/m	0.2 _ 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	1.04%	2.0 _ 4.0
C.I.C.e	6.6 meq/100 ml	5.0 _ 15.0
Saturación K	3.1%	4% _ 6%
Saturación Ca	59.1%	60% _ 80%
Saturación Mg	9.9%	10% _ 20%
Saturación Al+H	28.0%	< 20%

ELEMENTO		CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
			BAJO	ADECUADO	ALTO		
Nitrato	$N\text{-}NO_3$	123.9	XXXXXXXXXXXXXX			25 - 250	
Fósforo	P	32.0	XXXXXXXXXX			30 - 75	65 P_2O_5
Potasio	K	78.4	XXXXX			150 - 300	160 K_2O
Calcio	Ca	775.0	XXXXXXX			1000 -2000	
Magnesio	Mg	77.7	XXXXXXX			100 - 250	
Azufre	S	14.9	XXXXXXXXXX			10 - 100	40 S
Cobre	Cu	3.0	XXXXXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro	Fe	114.0	XXXXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso	Mn	187.0	XXXXXXXXXXXXXXXXX			10 - 250	
Zinc	Zn	1.6	XXXXXXXX			2 - 25	2 Zn
Aluminio	Al	165.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			< 100	

* Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz