

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



CARACTERIZACIÓN DE LA FERTILIDAD QUÍMICA DE SUELOS CULTIVADOS
CON TABACO *Nicotiana tabacum* L. DURANTE 5, 10, 15, 20 AÑOS, EN LA
ALDEA SAN VICENTE, MUNICIPIO DE CABAÑAS, ZACAPA, GUATEMALA,
2015.

JOSÉ ARMANDO FRANCO HERNÁNDEZ

CHIQUIMULA, GUATEMALA, MAYO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

**CARACTERIZACIÓN DE LA FERTILIDAD QUÍMICA DE SUELOS CULTIVADOS
CON TABACO *Nicotiana tabacum* L. DURANTE 5, 10, 15, 20 AÑOS, EN LA
ALDEA SAN VICENTE, MUNICIPIO DE CABAÑAS, ZACAPA, GUATEMALA,
2015.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

JOSÉ ARMANDO FRANCO HERNÁNDEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, MAYO DE 2017

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



RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

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

AUTORIDADES ACADÉMICAS

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

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

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

TERNA EVALUADORA

MSc. José Ramiro García Álvarez
MSc. Marlon Leonel Bueso Campos
Ing. Agr. Servio Darío Villela Morataya

Chiquimula, mayo de 2017

Señores:

Miembros del Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas, por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

CARACTERIZACIÓN DE LA FERTILIDAD QUÍMICA DE SUELOS CULTIVADOS CON TABACO *Nicotiana tabacum* L. DURANTE 5, 10, 15, 20 AÑOS, EN LA ALDEA SAN VICENTE, MUNICIPIO DE CABAÑAS, ZACAPA, GUATEMALA, 2015.

El cual presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,



JOSE ARMANDO FRANCO HERNÁNDEZ

Carné: 200340185



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



REF-PTG-FSCL-02-2017

Chiquimula, abril de 2017

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación –PTG–, para asesorar al estudiante, José Armando Franco Hernández, en el trabajo de investigación denominado “CARACTERIZACIÓN DE LA FERTILIDAD QUÍMICA DE SUELOS CULTIVADOS CON TABACO *Nicotiana tabacum* L. DURANTE 5, 10, 15, 20 AÑOS, EN LA ALDEA SAN VICENTE, MUNICIPIO DE CABAÑAS, ZACAPA, GUATEMALA, 2015”, 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”



Ing. Agr. Fredy Samuel Coronado López

Asesor Principal

cc. Archivo

D-TG-A-030/2017

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **JOSÉ ARMANDO FRANCO HERNÁNDEZ** titulado “**CARACTERIZACIÓN DE LA FERTILIDAD QUÍMICA DE SUELOS CULTIVADOS CON TABACO “*Nicotiana tabacum* L. DURANTE 5,10, 15, 20 AÑOS, EN LA ALDEA SAN VICENTE, MUNICIPIO DE CABAÑAS, ZACAPA, GUATEMALA.**”, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **Ingeniero Agrónomo**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a quince de mayo de dos mil diecisiete.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Por darme tanto en esta vida, por mi familia y por brindarme fortaleza para alcanzar tan valioso triunfo y estar en todos los momentos de mi vida.
- A MIS PADRES: Armando Franco y Silvia Hanette, muchas gracias, porque con su amor y consejos he logrado alcanzar las metas que me he propuesto en la vida. LOS AMO
- A MIS HERMANAS: Daysi Franco, Sindi Franco, Karla Franco y Cleidi Franco, por su apoyo y su amor Gracias hermanas
- A MIS HIJOS: Paulo José Franco y Camilla Izabella Franco, los amo hijos son la luz de mi vida
- A MI ESPOSA: Karla Cristina Morales, Gracias por su paciencia y su comprensión la quiero mucho
- A MIS SOBRINOS: Andrés de la Cruz y Diego Franco, los amo mucho
- A MIS ABUELITOS: Roberto Franco, Ismael Hernández, Izabel Franco y Marta Chacón
- A MIS PRIMOS Y PRIMAS: Por estar siempre conmigo, pero en especial a mi primo Walter Roberto Franco y Franco (Q. E. P. D). Te quiero mucho primo
- A MIS TIOS Y TIAS: Por sus consejos y cariño que me han brindado
- A MIS AMIGOS: Por los buenos momentos que he vivido junto a ustedes, en especial José Miguel Carmona (Q. E. P. D)
- A MIS CATEDRÁTICOS: Que por su experiencia, son portadores y comunicadores del saber profesional.
- A MIS ASESORES: Ing. Agr. Fredy Coronado y Ing. Agr. Armando Franco por el apoyo y consejos brindados.
- AL CUNORI -USAC: Por la oportunidad de formar parte de la gran familia de esta casa de estudio, es un Honor ser egresado del CUNORI-USAC

ÍNDICE GENERAL

	Contenido	Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	MARCO CONCEPTUAL	2
2.1	Antecedentes	2
2.2	Justificación	5
2.3	Definición y delimitación del problema	6
3	MARCO TEÓRICO	7
3.1	Propiedades químicas del suelo	7
3.1.1	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	7
3.1.2	pH del suelo	8
3.1.3	Conductividad eléctrica	9
3.1.4	Materia orgánica	10
3.1.5	Nitrógeno	10
3.1.6	Fósforo	11
3.1.7	Potasio	11
3.1.8	Carbonatos totales	12
3.1.9	Importancia del calcio Ca	12
3.1.10	Magnesio	13
3.1.11	Sodio	14
3.1.12	Hierro	15
3.1.13	Boro	15
3.2	Requerimientos edáficos del cultivo de tabaco	16
4	MARCO REFERENCIAL	20
4.1	Características del área de estudio	20
4.1.1	Ubicación del área de estudio	20
4.2	Características biofísicas del área de estudio	20
4.2.1	Extensión	20
4.2.2	Clima	20
4.3	Recursos naturales	21

	Contenido	Página
4.3.1	Suelo	21
4.3.2	Topografía	21
4.3.3	Hidrología	22
4.4	Investigaciones realizadas en Guatemala, relacionadas con el tema fertilidad del suelo	22
4.4.1	Evaluación de la disponibilidad de nutrientes para el manejo de la fertilidad en el cultivo de melón (<i>Cucumis melo L</i>), finca valle verde, municipio de San Jorge, Departamento de Zacapa, Guatemala 2012	22
4.4.2	Determinación la capacidad de uso y clasificación taxonómica de los suelos de la finca “El Cascajal” del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala 2009	23
5	MARCO METODOLOGICO	24
5.1	Objetivos	24
5.1.1	Objetivo general	24
5.1.2	Objetivos específicos	24
5.2	Descripción general de la metodología	24
5.2.1	Caracterización general de la fertilidad química de los suelos	24
5.2.2	Análisis de las relaciones, fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco y años de uso.	27
5.2.3	Lineamientos generales de manejo de la fertilidad del suelo	31
6	RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
6.1	Caracterización general de la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco en el área en estudio	33
6.2	Tendencias de la fertilidad de los suelos cultivados con tabaco en relación con los años de uso	35
6.2.1	Índice de fertilidad de los suelos cultivados con tabaco con base al índice de fertilidad	41

	Contenido	Página
6.2.2	Ubicación general de los campos con distintos índices de fertilidad	43
6.3	Lineamientos generales del manejo del cultivo de tabaco por agricultores de San Vicente, Cabañas; Zacapa	44
7	CONCLUSIONES	45
8	RECOMENDACIONES	46
9	BIBLIOGRAFÍAS	47
10	ANEXOS	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1.	pH en los suelos agrícolas	8
2.	Clasificación de los suelos según su salinidad	9
3.	Porcentaje de materia orgánica en los suelos agrícolas	10
4.	Valoración del suelo en cuanto al contenido en carbonatos	12
5.	Valoración del contenido de Calcio en el suelo	13
6.	Valoración del contenido de Magnesio en el suelo	14
7.	Valoración del contenido de Boro en el suelo	15
8.	Categorías de las parcelas en estudio en relación con los años de uso	25
9.	Caracterización general de la fertilidad química de suelos cultivados con tabaco en San Vicente, Cabañas, Zacapa, 2015	32
10.	Resultados promedios de la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco	35
11.	Resultados de los siete elementos principales propuestos por Rojas Palomino, A; para determinar la fertilidad de un suelo, en los 21 campos en estudio	41
12.	Índice de fertilidad de los 21 campos en estudio	42
13.	Lineamientos o recomendaciones basados en resultados obtenidos de los análisis de suelo	44

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Contenido	Página
1.	pH (Potencial de Hidrogeno)	38
2.	P (Fosforo)	38
3.	M.O. (Materia Orgánica)	39
4.	K (Potasio)	39
5.	BST (Bases totales)	40
6.	CICe (Capacidad de intercambio catiónico efectiva)	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
7.	Mapa basado en el índice de fertilidad de los campos en estudio	43

RESUMEN

El presente estudio tiene como propósito caracterizar la fertilidad química de los suelos, cultivados con tabaco durante 0, 5, 10, y 20 años de la aldea de San Vicente, del municipio de Cabañas, del departamento de Zacapa, Guatemala.

Para dicho estudio se utilizó la metodología analítica (Análisis de laboratorio), se tomaron en cuenta cada uno de los indicadores de la fertilidad química de los suelos. Obtenidos los resultados de los análisis de suelos se procedió a analizar las cantidades de cada parámetro involucrado en la fertilidad química de los suelos bajo estudio, para así seguir con el siguiente paso en la caracterización de la fertilidad química de los suelos; dichos resultados al analizarlos dieron como respuestas que 2 de los 9 elementos principales en la fertilidad química se encuentran altos (pH, P), 5 de los 9 elementos se encuentran adecuados u óptimos para el cultivo de tabaco (K, BST, Ca, CICE y % de saturación Al), y los 2 restantes se encuentran bajos (% MO, Al) según los rangos proporcionados por el laboratorio especializado de análisis de suelos Analab.

Los resultados de los análisis de suelo caracterizan en forma específica las cantidades presentes de cada elemento involucrado en la fertilidad química de los suelos bajo estudio; utilizando los resultados de los análisis de laboratorio y por medio del modelo indicador de la fertilidad química de los suelos propuesto por Rojas palomino et al. 2009 se llevó a la conclusión que 3 de los 21 campos bajo estudio poseen un nivel de fertilidad alta y 18 de los 21 campos bajo estudio poseen un nivel de fertilidad moderado.

Se tomaron en cuenta 7 de los principales parámetros de la fertilidad química de los suelos para conocer las relaciones y tendencias de las variables años de uso y parámetros de la fertilidad química de los suelos y dio como resultado que el pH, K, CICE, BST poseen una relación negativa con los años de uso, sin embargo, en algunos casos como en el pH que se encuentra alto vendría a beneficiar la fertilidad química de un suelo, la tendencia de dichos elementos podría ser seguir disminuir con los años de uso por el cultivo, los elementos P y Mo poseen una

relación positiva con los años de uso y una tendencia a aumentar con los años de uso.

Con el conocimiento previo que nos proporcionaron los resultados de los análisis de suelo se procedió a establecer o a proponer lineamientos generales acerca del manejo de la fertilidad química de los suelos bajo estudio los cuales son los siguientes: incorporar materia orgánica, reducir las cantidades de fósforo y realizar pequeños cambios en los programas nutricionales para no acabar con las reservas de nutrientes presentes en los suelos.

1. INTRODUCCIÓN

La fertilidad del suelo es un aspecto fundamental en la producción agrícola. Actualmente existe una fuerte tendencia por la utilización racional del suelo y la fertilización. La fertilidad de un suelo es la capacidad de proporcionar a la planta el agua, aire y los nutrientes y sostén necesario para un buen desarrollo. La fertilidad del suelo se puede describir desde los aspectos químicos, físicos y biológicos.

La fertilidad química se refiere a la capacidad que tiene el suelo de proveer nutrientes esenciales a los cultivos. En este sentido, se evalúa la disponibilidad de nutrientes en el suelo a través de análisis de suelos y/o plantas a través de un proceso de diagnóstico y posteriormente se definen estrategias de fertilización.

El Nor- Oriente del país, especialmente Zacapa y sus municipios ha tomado un gran auge a nivel internacional por la exportación de productos agrícolas, entre ellos Tabaco, Melón, Oca por mencionar algunos. Con la presente investigación se caracterizó la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco en un rango de 5 a 20 años, porque es necesario conocer la situación de la fertilidad de los suelos cultivados con tabaco en el departamento de Zacapa, para proponer lineamientos generales que permitan su manejo sostenible.

Con la investigación se generó una base de datos que proporcione información comparativa de la fertilidad de los suelos cultivados con tabaco en edades 5,10,15,20 años en la región de San Vicente, municipio de cabañas, Zacapa, con la finalidad de proponer lineamientos generales para el manejo eficiente del recurso suelo.

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 (Donis Chacón, HE. 2012).

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 (Donis Chacón, HE. 2012).

Los cambios sometidos al Bosque Monte Espinoso Sub Tropical y la sucesión de especies nativas ha venido a romper el ecosistema del área, repercutiendo en la flora y la fauna de la región; por otro lado viéndolo desde punto de vista en lo económico ha incentivado la economía de la región fomentando las fuentes de empleo.

El clima de la Zacapa le proporciona las condiciones apropiadas al cultivo de tabaco es por ello el crecimiento y demanda desmedida de tierras para los mono cultivos. La extracción de nutrientes que ejerce los monocultivos a las tierras semiáridas de la región es muy alta reduciendo al mínimo el banco de nutrientes acumulados. Por años los agricultores tradicionales han cultivado las tierras de la región, las técnicas utilizadas por dichos agricultores son de labranza mínima por ende sus cosechas son

bajas; las técnicas de labranza modernas utilizadas por las transnacionales le permiten explotar al máximo el recurso suelo y sus componentes. Sea creído que los suelos de Zacapa son utilizados nada más de anclaje pero sin una base científica no podemos confirmar las especulaciones creadas acerca del tema es necesario estudiar afondo con bases fundamentadas (Realizar análisis de laboratorio a terrenos sometidos al uso constante por los agricultores de San Vicente, Cabañas; Zacapa).

El término degradación comprende un gran número de temas (Erosión, Fertilidad, Salinización, Acidificación por mencionar algunos). 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.

Las tierras cultivadas intensivamente sufren cambios drásticos y perjudiciales en su composición química por ejemplo en su pH; estos cambios se deben al uso de fertilizantes a base de sales viniendo a repercutir en el contenido de nutrientes minerales en el suelo (pH altos) pero los pH altos no solo se deben a la incorporación de fertilizantes a base de sales o mejor dichos fertilizantes de reacción alcalina, el principal problema de los pH altos de la región oriente del país (Zacapa) se debe a la poca precipitación pluvial de la zona.

La poca precipitación pluvial evita que las sales sean lavadas de la superficie del suelo y se precipiten a lo profundo del sub-suelo; en algunos casos extremos encontramos suelos que en su superficie las sales han formado una costra blanca permeable, a este tipo de suelo se recomienda inundarlo con agua baja en sales para que las misma se precipiten a lo profundo del sub-suelo.

Las diferentes empresas dedicadas a la agricultura al percatarse de la alcalinización de los suelos han tomado medidas en el manejo y conservación de suelo utilizando a su favor enmiendas de yeso (Yeso agrícola) incorporado al suelo al utilizar con dichas enmiendas se logran neutralizar el pH a siendo disponibles los nutrientes necesarios para las plantas. Los suelos alcalinizados por las contantes fertilizaciones

son un problema en la región sin un manejo eficiente y eficaz el problema alcanzara niveles de grandes dimensiones es necesario un manejo consiente de nuestro recurso suelo (MIC); otro característica que podemos encontrar en las tierras de Zacapa es el bajo contenido de materia orgánica y esto se debe al clima y al ecosistema de región que se encuentra clasificado como monte espinoso seco (Escasa vegetación).

La erosión es la degradación y el transporte del suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. Entre estos agentes está la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización y es uno de los principales factores del ciclo-geográfico. Puede ser incrementada por actividades humanas. La erosión produce el relieve de los valles, gargantas, cañones, cavernas y mesas.

El uso constante al que son sometidas las tierras cultivadas por los agricultores de tabaco, repercute en la composición química, física y biológica del suelo; los problemas que podemos enfrentar por el uso intensivo de los suelo sin un manejo adecuado, consiente e integrado del cultivo son: por la parte física son erosión, de tipo eólica, hídrica y mecánica; algunos de los problemas que se pueden presentar por la parte química son: alcalinización y acidificación; por otro lado los cambios en la biología que se pueden presentar son: al momento de incorporar biosidas al suelo podríamos estar eliminando la vida microbiana en el suelo agentes benéficos necesarios para la descomposición de algunos nutrientes que luego pueden ser utilizados por las plantas.

2.2 Justificación

Para una adecuada producción de cultivos como el tabaco, se necesitan utilizar suelos con buenas características físicas, químicas y biológicas que permitan mantener la productividad de los sistemas, mejorando la rentabilidad del cultivo y los beneficios para los productores.

A nivel mundial los seres humanos están tomando conciencia sobre la importancia de conservar la fertilidad de los suelos, los agricultores actualmente utilizan sistemas o prácticas agrícolas poco invasivos y nocivos para el medio ambiente, entre prácticas agrícolas poco nocivas para el recurso suelo aplicadas por los agricultores de tabaco de San Vicente, Cabañas; Zacapa, está la de incorporación de abonos orgánicos provenientes de sub productos del café; dicha práctica tiene como función la incorporación de materia orgánica a los suelos e incrementar su fertilidad. Una evaluación acerca de la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco nos permitirá obtener información necesaria para optimizar los sistemas de producción agrícola.

Se desconoce actualmente la situación de la fertilidad de los suelos cultivados con tabaco durante períodos de 5 a 20 años, lo que permitiría tener bases para una gestión del recurso suelo. La producción agrícola puede modificar de manera positiva o negativa la fertilidad del suelo; sin embargo, no se tienen estudios técnicos sobre este tema.

Es indispensable realizar la presente investigación para planificar de mejor manera el manejo de la fertilidad del suelo, realizando actividades como la elaboración de programas de fertilización, adición de materia orgánica y enmiendas de suelo. El análisis detallado de la fertilidad química de los suelos permitirá conservar y mejorar la fertilidad productiva de los suelos dedicados durante varios años al cultivo del tabaco, en la región Nor-Oriental del país; específicamente en el departamento de San Vicente, Cabañas, Zacapa.

2.3 Definición y delimitación del problema

Los pobladores de la aldea San Vicente, municipio de Cabañas, Zacapa, se han dedicado a la siembra del cultivo de tabaco, fomentando el uso intensivo de los suelos cultivables de la región.

El área semiárida de la región Nor- Oriental, en donde se ubica la plantación de cultivos extensivos e intensivos de exportación, está enmarcada geográficamente dentro del corredor seco de Guatemala. En esta área es donde se encuentra los suelos que son vulnerables a la degradación; ya que, son suelos poco profundos de (10 a 15 cm.), de textura franco arenoso, poco fértiles.

En las áreas productoras de tabaco en Zacapa, no existe un estudio referencial que proporcione información que mida el impacto, sobre la fertilidad química de los suelos; en las tierras cultivadas con tabaco en los rangos de 5, 10, 15, 20 años.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Propiedades químicas del suelo

En el proceso de formación de los suelos, algunas partículas minerales y orgánicas se dividen en otras más pequeñas, hasta el punto que no es posible percibir las a simple vista. A estas partículas más pequeñas se les llama coloides y son las responsables principales de la actividad química de los suelos (Cardona Barrientos y García 1990).

Cada coloide posee una carga negativa (-) por lo que puede atraer y retener partículas cargadas positivamente (+). Cuando un elemento químico está cargado eléctricamente se denomina ion. Si la carga es positiva (+) el ion recibe el nombre de catión; si es negativa, anión (Cardona Barrientos y García 1990).

Una propiedad física química o biológica del suelo es aquélla que caracteriza al suelo; por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado el interperismo (desintegración por agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo (Huerta Cantera 2010).

- a. Propiedades físicas.
- b. Propiedades químicas.
- c. Propiedades biológicas (Do Prado Wilder y Da Viega 1993).

A continuación se describen las propiedades químicas del suelo más relevantes.

3.1.1 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas. Éstas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores.

La capacidad de intercambio generalmente se expresa en términos de miligramos equivalentes de hidrógeno por 100 g de coloide, cuya denominación abreviada es mili equivalente por 100 gramos o meq/100 g. Por definición, se convierte en el peso de un elemento que desplaza un peso atómico de hidrógeno (EDUCARM *s.f.*).

Un peso o equivalente es igual al peso atómico dividido entre la valencia: En el laboratorio la CIC se mide en términos de la suma de las concentraciones en partes por millón (ppm) de los cationes desplazados, estos valores son convertidos a meq/100 g de la forma siguiente: $\text{meq/100 g} = \text{ppm del catión} / (\text{peso equivalente} \times 10)$ (EDUCARM *s.f.*).

3.1.2 pH del suelo

El pH (potencial de hidrógeno) es la medida del grado de acidez o alcalinidad de un suelo. Un pH de 7.0 indica neutralidad, pero a medida que este valor disminuye el suelo se vuelve más ácido, de manera que, un pH de 6.0 es diez veces más ácido que un pH de 7. Se expresa como pH, que es el logaritmo cambiado de signo, de la concentración de protocolos en una disolución determinada, el valor de pH varía entre 0 y 14 (EDUCARM *s.f.*).

Cuadro 1. pH en los suelos agrícolas.

Valor	Categoría.
< 4,5	Extremadamente ácido.
4,5 - 5,5	Fuertemente ácido.
5,6 – 6	Medianamente ácido.
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido.
6,6 – 7,3	Neutro.
7,4 – 7,8	Medianamente básico.
7,9 – 8,4	Básico.
8,5 – 9	Ligeramente alcalino.
9,1 – 10	Alcalino.
>10	Fuertemente alcalino.

(EDUCARM *s.f.*).

El pH ejerce una gran influencia en la asimilación de elementos nutritivos. El intervalo de pH comprendido entre 6 y 7 es el más adecuado para la asimilación de nutrientes por parte de las plantas. Los micros organismos del suelo proliferan con valores de pH medios y altos. Su actividad se reduce con pH inferior a 5.5. Cada especie vegetal tiene un intervalo de pH idóneo (EDUCARM *s.f.*).

3.1.3 Conductividad eléctrica

Es la medida de la cantidad de corriente que pasa a través de la solución del suelo. La conductividad eléctrica de una solución es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en esa solución. Por tanto, el contenido de salino de una solución se conoce midiendo la conductividad eléctrica de la solución, mediante la fórmula: $ST = 0,64 \cdot CE$.

CE= Conductividad eléctrica.

Se expresa en : deciSiemens/ metro (ds/m).

Milimhos / centímetro (mmho / cm).

1 dS/m = 1 mmho/cm.

ST = Contenido total de sales.

Se expresa en: Gramos / litro de disolución (g/L).

Cuadro 2. Clasificación de los suelos según su salinidad.

Tipo de suelo	Conductividad eléctrica
Suelo normal	< 2 dS / m
Suelo salino	>2 dS / m
Salinidad ligera	2 – 4 dS / m
Salinidad mediana	4 – 8 dS / m
Salinidad fuerte	8 – 16 dS / m
Salinidad extrema	>16 dS / M

(EDUCARM *s.f.*).

3.1.4 Materia orgánica

La materia orgánica del suelo está constituida por aquellas sustancias de origen animal o vegetal que se acumulan en el suelo o se incorporan a él. Las sustancias de origen animal están formadas por restos de animales y sus deyecciones las cuales se transforman rápidamente en el suelo sin dejar productos duraderos. Las sustancias origen vegetal proceden de los residuos de plantas superiores (raíces y partes aéreas) y de los cuerpos sin vida de la micro flora del suelo (bacterias, hongos y algas) (EDUCARM *s.f.*).

Cuadro 3. Porcentajes de materia orgánica en los suelos agrícolas.

Materia Orgánica	%		
	Cálido	< 2.0	2.0 a 4.0

(EDUCARM *s.f.*).

3.1.5 Nitrógeno

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 ($N-NH_4^+$) y nítrica ($N-NO_3^-$). 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).

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 pre siembra 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 pre siembra, hasta completar las necesidades totales (Perdomo y Barbazán, 2012).

3.1.6 Fósforo

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 (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} y PO_4^{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 $\text{pH} \geq 5,5$ y pobres en materia orgánica. Para suelos francamente ácidos, con $\text{pH} < 5,5$ y para los ricos en materia orgánica ($\text{MO} \geq 3 \%$), se recomienda el método de Bray (Molina, 2011).

3.1.7 Potasio

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 K_2O). 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.

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).

3.1.8 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 4. 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.

3.1.9 Importancia del calcio

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 5.

Cuadro 5. 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.

3.1.10 Magnesio

El magnesio se encuentra en el suelo principalmente en forma mineral como silicatos, carbonatos, sulfatos y cloruros. La planta puede absorber el Mg²⁺ 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) (Donis Chacón, HE. 2012).

El antagonismo más frecuente es el del $\text{Ca}^{2+} \Leftrightarrow \text{Mg}^{2+}$. 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 (Donis Chacón, HE 2012).

Otro antagonismo importante es el que se produce con el potasio ($\text{K}^+ \Leftrightarrow \text{Mg}^{2+}$). Cuando la relación K/Mg es superior a 3, pueden producirse carencias de magnesio en numerosos cultivos (Donis, Chacón, HE. 2012).

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 (NH_4^+), incluso con H^+ , presentándose estados carenciales comprobados en suelos ácidos o en los cultivos fuertemente fertilizados con compuestos amoniacales (Donis Chacón, HE. 2012).

Cuadro 6. 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.

3.1.11 Sodio

Se consideran suelos sódicos aquellos en los cuales el sodio 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).

3.1.12 Hierro

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).

3.1.13 Boro

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 6 se presenta la valoración del boro en el suelo.

Cuadro 7. 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).

3.2 Requerimiento edáfico del cultivo de tabaco

El tabaco burley es utilizado para la fabricación de cigarrillos por su sabor. Actualmente, el área de producción se concentra en el Valle de la Fragua en Zacapa, extendido en toda la rivera del Motagua hasta Cabañas y Usumatlán.

El tabaco Burley de manera general requiere suelos más pesados y más fertilizantes que el tabaco Virginia. El mejor tabaco Burley se cultiva en los EEUU, América Central y Uganda. Junto con el tabaco Virginia y el tabaco Oriental, forma el “blend” (mezcla) americano, el cual se utiliza en marcas como Lucky Strike o Pall Mall (British American Tabaco, 2013).

El tabaco Burley puede crecer en una variedad de suelos diferentes, pero lo más aconsejables son los suelos francos, además deben ser ricos en materia orgánica con un pH de 6.5 a 7.5, exentos de cloro (Berganza Orellana ER, 1985).

Sobre el abonado del tabaco Burley podemos remontarnos a la época de expansión del cultivo en España, donde en suelos de regadío y de secano de la zona cantábrica, andaluza, de Levante y Extremadura se hacían agregados de estiércol de granja complementados con adecuadas dosis de potasa y superfosfato. El N era proporcionado como nitrato de cal en tierras pobres en caliza y el ácido fosfórico con escorias Thomas.

La potasa se suministraba en forma de sulfato. En las zonas de riego, el abono orgánico se aplicaba al voleo incorporado con una labor de vertedera, en otoño al finalizar el ciclo del cultivo. A fines de invierno y en la primavera se hacían labores superficiales y previamente a la última, que se realizaba quince o veinte días antes del trasplante, podía hacerse la adición de los abonos minerales. Si se lo cultivaba como segunda cosecha, inmediatamente después de otros cultivos, se incorporaban

los rastrojos aplicando con esa labor los abonos o fertilizantes químicos (Villares E, 2000).

La fertilización adecuada del tabaco tipo Burley tiene importancia para la aplicación de macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en las cantidades requeridas por el cultivo, según las características de los suelos, con la finalidad de lograr altos rendimientos por hectárea y una calidad de las hojas aceptada en el mercado nacional e internacional. Al igual que otros estudios realizados en diferentes zonas tabacaleras, el presente trabajo evalúa el efecto de la fertilización en el cultivo del tabaco, con una determinación primaria del conocimiento de los suelos en los que se efectuaron las experiencias.

El propósito del presente trabajo fue establecer niveles que permitan emplear nuevos criterios de fertilización en tabaco Burley, considerando que las recomendaciones sobre fertilización son desarrolladas sobre bases del conocimiento de los contenidos de nutrientes en el suelos y de la implicancia que dichas operaciones tengan sobre los diferentes indicadores de la evolución económica del cultivo; rendimiento cultural, calidad industrial, costos y aplicación de fertilizante, riesgo y efectos ambientales (Villares E, 2000).

Experiencias conducidas por la Universidad de Tennessee para observar la respuesta del tabaco Burley a la irrigación y al incremento de N, indican que las prácticas de riego del cultivo pueden influir en los rendimientos de lotes tratados con N, pero en la mayoría de los casos no encontraron diferencias significativas entre tratamientos irrigados y no irrigados. Sin embargo, el rendimiento incrementó con altas aplicaciones de N en las parcelas irrigadas, sin observarse una significativa interacción entre irrigación y N. En los Estados Unidos consideran al N como el elemento que más influencia tiene en los rendimientos y calidad del tabaco (Villares E, 2000).

El exceso de N conduce también al aumento de pérdidas por enfermedades fúngicas, tales como (*Alternaria longipes*) y puede afectar la combustibilidad. Otras publicaciones recomiendan para tabaco Burley cantidades de N que van desde 150 kg/ha (para los suelos más ricos) hasta 300 kg/ha (para los más pobres). Las deficiencias de N producen un humo sin sabor para el fumador, relacionado al equilibrio entre azúcares y proteínas. Aplicaciones de N en forma de nitratos hasta 240 kg/ha, mejoraron la combustibilidad de tabaco, resultante de una mayor acumulación de K y menor absorción de sulfatos y cloruros (conocido como principio de equilibrio aniónico). Las experiencias conducidas para determinar la eficacia de la fertilización fosforada empleando el fertilizante 9,5-24-21 (N-P₂O₅-K₂O), indican incrementos en el margen hasta dosis de 100 kg/ha de P, pudiendo en este caso haber influido el incremento de N (Villares E, 2000).

El rango óptimo de pH para una disponibilidad óptima de P se extiende entre 5 y 6; pudiendo ocurrir una insolubilización a valores superiores. Valores normales de K en las hojas de tabaco oscilan entre 2% y 8% de K₂O de la materia seca, síntomas de deficiencia se manifiestan con valores de 3% y en forma severa por debajo de 2%. El efecto del K tiene mayor importancia en la calidad del tabaco Burley que en los rendimientos. La combustibilidad de las hojas inferiores, medias y superiores es mayor al incrementar el contenido de K en la hoja (Villares E, 2000).

Tanto la perfección de la combustión, medida por el color de la ceniza como su duración (combustibilidad), están gobernadas ampliamente por el carácter, cantidad y proporción de las sales minerales que contiene el tabaco, las más importantes de las cuales son las de K. La ceniza coloreada coincide invariablemente con las menores concentraciones de K. Por otro lado, al aumentar mucho el contenido de este elemento en hoja, la ceniza se vuelve progresivamente más oscura. En realidad, la coloración depende primariamente de la relación Ca/K. En la práctica, la competencia más importante es entre K y Ca; por ello en suelos con altos contenidos de Ca, se recomiendan fertilizaciones con alto contenido de K (Villares E, 2000).

Otras experiencias conducidas en conjunto con la Comisión Asesora de Instituciones Técnicas y Empresas Privadas para el Desarrollo Tecnológico del Tabaco tipo Burley (CAITEP), indican respuesta del tabaco Burley a la fertilización nitrogenada, independiente- mente de la fuente usada, lográndose incrementos de rendimientos del 23% con dosis de 124 kg/ha de N. Las fuentes amoniacales de N, urea, sulfato de amonio y 18-46-0 produjeron mayores contenidos de N (proteínas) y menores de K en las hojas de tabaco que los fertilizantes nítricos y nítricos amoniacales (Villares E, 2000).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Características del área de estudio

4.1.1 Ubicación del área de estudio

Los terrenos en estudio se encuentran ubicados en la aldea San Vicente del municipio de Cabañas, del departamento de Zacapa; dicha aldea se encuentra a unos 180 kilómetros de la ciudad capital ruta al atlántico (Anexo 5).

4.2 Características biofísicas del área de estudio

4.2.1 Extensión

ALLIANCE ONE cuenta con una extensión cultivable de 425.7 hectáreas, distribuidas en los 10 municipios del departamento de Zacapa (Franco y Franco 2002).

4.2.2 Clima

La región reúne características muy particulares de una zona de vida monte espinoso subtropical seco; las condiciones climáticas están representadas por días claro en la mayor parte del año y una escasa precipitación pluvial. Generalmente precipita durante los meses de mayo a octubre de 400 a 600 mm. La biotemperatura promedio de la zona oscila entre 24 y 26 grados centígrados, y una humedad relativa del 60% al 85%. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 130% mayor a la cantidad de lluvia total anual (Franco y Franco 2002).

4.3 Recursos naturales

4.3.1 Suelo

El tipo de suelo está clasificado como serie Jalapa (JL), que se caracterizan por ser de textura franco arenosa fina suelta a firme. El material origen es ceniza volcánica, relieve escarpado, drenaje bueno, color gris oscuro y un espesor de 10 a 15 centímetros de profundidad. Y suelos Altombràn (Ab), textura franco arenoso fina friable, color café grisáceo, relieve escarpado, drenaje bueno, espesor aproximado de 15 centímetros, material de origen granito o gneis intemperizado (Simmons, Tarano, Pinto, 1959).

El área de estudio se encuentra en las inmediaciones del río San Vicente; entre los usos de la tierra predominantes en esta región, se encuentran, tierras con bosques, cultivos de subsistencia maíz y frijol (Compá Orellana, SR. 2004).

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 (Franco y Franco 2002).

4.3.3 Hidrología

Las fuentes que abastasen los terrenos de agua para el riego del cultivo es proveniente en su mayoría del río San Vicente; pero algunas tierras son regadas por medio del canal de riego proveniente del Río Motagua. El método de riego utilizado es por surcos (Compa Orellana, SR. 2004).

4.4 Investigaciones realizadas en Guatemala, relacionadas con el tema fertilidad del suelo

4.4.1 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.

El propósito fundamental de esta investigación fue determinar la fertilidad de los suelos de las áreas productoras de melón en la región semiárida del municipio de San Jorge, Zacapa.

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 parámetro analizado, 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 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 (Donis Chacón, HE. 2012).

4.4.2 Determinación de la capacidad de uso y clasificación taxonómica de los suelos de la finca “El Cascajal”, del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala 2009.

El objetivo de la presente investigación es determinar la capacidad de uso del suelo de la finca El Cascajal.

Los sistemas de producción del área cafetalera han sufrido cambios sustanciales desde el uso de productos químicos a la utilización de insumos de origen orgánico, realización de prácticas con mayor enfoque de conservación y el manejo eficiente de los recursos naturales, motivados por la demanda creciente de productos orgánicos.

Desde el punto de vista de la fertilidad de los suelos, la distribución establecida en la finca, corresponde a un 59.21% a una baja fertilidad, el 22.46% a una fertilidad medianamente baja, el 18.09% a una alta fertilidad y finalmente un 0.24% posee una fertilidad medianamente alta (Sancé Nerio, WA. 2009).

5. MARCO METODOLOGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo general

Caracterizar la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco por 5,10, 15 y 20 años, en el área de San Vicente, Cabañas, departamento de Zacapa, Guatemala.

5.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco, para conocer la influencia del manejo en distintos tiempos de uso.
- ✓ Determinar la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco, mediante el índice de fertilidad química.
- ✓ Formular lineamientos generales para el manejo del cultivo de tabaco en el área de San Vicente, Cabañas; Zacapa.

5.2 Descripción general de la metodología

La metodología propuesta para realizar la caracterización de los suelo, se basa en una caracterización de la fertilidad química del suelo; considerando el tiempo de uso por el cultivo de tabaco y un mapeo de la distribución espacial de dicha fertilidad.

5.2.1 Caracterización general de la fertilidad química de los suelos

a) Identificación y delimitación de las áreas homogéneas de muestreo

La caracterización de la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco, se realizó por medio de muestreos de suelos con áreas homogéneas, de acuerdo al

tiempo de uso: 0, 5, 10, 15, 20 años de ser cultivadas con tabaco. La selección de las unidades de estudio, se realizó utilizando una base de datos proporcionados por la empresa. Seleccionadas las unidades de estudio se delimitaron por medio de sistemas de Información Geográfica a través de mediciones de campo con un receptor GPS (Global Positional System, GARMIN GPSMAP® 62s).

b) Homogenización de las áreas bajo estudio de acuerdo al tiempo de uso

Los terrenos se seleccionaron en base a los años de uso, en grupos de 5 para reducir el error de la investigación o muestreo; 5 terrenos de las distintas edades previamente establecidas cultivados por agricultores de la región. Actualmente se tiene un área de cultivo en San Vicente, Cabañas de 150 Ha., de las cuales se muestrearon 107.864 Ha., 72% del área; con un margen de error bajo por la cantidad de área muestreada.

Cuadro 8. Categorías de las parcelas en estudio en relación con los años de uso.

(Años)	Campos a muestrear.	Promedio (Años) de uso
0	1	1
5	5	5
10	5	10
15	5	15
20	5	20

Se tomó en cuenta un testigo absoluto, el cual es un terreno nunca cultivado (Terreno Virgen); para comparar y comprender el movimiento de la fertilidad química en el suelo y poder incluirlos a la base de datos de las diferentes caracterizaciones.

Con la información obtenida se procedió al siguiente trabajo de gabinete: digitalización en ortofotos con el programa ArcGIS® Versión 10.1

- Delimitación de los campos productores de Tabaco en la aldea San Vicente del municipio de Cabañas; del departamento de Zacapa.
- Delimitación de unidades de mapeo de suelos de acuerdo a los años de uso.

c) Toma de muestras de suelos en las unidades homogéneas de estudio

Las muestras en las plantaciones de tabaco se obtuvieron después de la cosecha, de zonas homogéneas de acuerdo al tiempo de uso de cada campo; tomando en cuenta las producciones obtenidas en esas áreas, para que sean coherentes con los resultados de los análisis de suelo y de esta forma permitirá predecir y diagnosticar adecuadamente la fertilidad del suelo.

Se tomaron quince sub muestras por muestra compuesta, recolectándose con una profundidad de 30 centímetros y un recorrido en campo en forma de zig-zag; que permitirá cubrir toda el área de la plantación de tabaco, para que el muestreo sea representativo. Una vez seleccionadas las áreas del muestreo, se procederá a la toma de muestras simples a una profundidad de 30 cm.

En cada punto muestreado se limpió la superficie del terreno, aproximadamente 20 cm²; con el fin de eliminar los residuos frescos de materia orgánica, polvo de la carretera u otros contaminantes artificiales.

Con el barreno de tubo hueco se perforó el suelo, que anteriormente se había seleccionado para la toma de las sub muestras a una profundidad de 0-30 cm. Una vez recolectadas las muestras simples, se colocaron en una cubeta plástica y se mezclaron para obtener una muestra compuesta de un kilogramo. Se depositaron la muestra compuesta en una bolsa plástica y se identificaron con la siguiente información: Terreno, lugar, cultivo, profundidad, propietario y fecha de muestreo (Anexo 1).

d) Análisis de laboratorio

Las muestras identificadas se secaron a la sombra y se enviaron al Laboratorio de suelos, plantas y agua de Analab de Anacafé. Este laboratorio realizó el análisis de suelo y la formulación de los reportes respectivos.

e) Análisis de la información

La caracterización general de la fertilidad de suelos de los 21 campos en estudio, se realizó mediante estadística descriptiva, utilizando los resultados proporcionados por el laboratorio (Analab); se introdujeron los datos de cada indicador químico de la fertilidad al programa Excel; en dicho programa se elaboró un cuadro que se compone de máximo, mínimo, promedio, unidad de medida y rangos óptimos (Cuadro 10).

5.2.2 Análisis de las relaciones, fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco y años de uso

a) Relación de las variables, indicadores de la fertilidad química de los suelos y los diferentes años de uso

Se elaboró en el programa Microsoft Excel un cuadro resumen de los promedios de cada indicador químico de acuerdo a los años de uso, dichos promedios se basan en los resultados proporcionados por el laboratorio.

Las relaciones de los indicadores de la fertilidad química y años de uso se determinó mediante el modelos de regresión lineal; se crearon gráficas con la finalidad de facilitar la comprensión del comportamiento de los indicadores de la fertilidad química en los suelo; dichas graficas están basadas en los promedios del cuadro resumen (Anexo 6); los promedios se introdujeron al modelos de regresión lineal, con el fin de determinar el tipo de relación de entre las variables; indicadores de la fertilidad química y los años de uso por el cultivo de tabaco 0, 5,10, 15, 20 años, las relaciones

entre las variables pueden ser positiva, negativa y espurrea, esto depende de la dirección de la recta.

Ecuaciones aplicadas al modelo de regresión lineal y su correlación o determinación:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X \qquad b_1 = S_{xy} / S_{xx} \qquad b_0 = \bar{Y} - b_1 \cdot \bar{X}$$

$$S_{xx} = \sum X^2 - ((\sum X)^2/n) \qquad S_{xy} = \sum x \cdot y - ((\sum x)(\sum y)/n)$$

$$O \text{ Pendiente } b = (\sum XY - ((\sum x \cdot \sum y)/n)) / (\sum X^2 - ((\sum X)^2/n)).$$

Coeficiente de Correlación y Determinación.

$$R = (\sum XY - ((\sum x \cdot \sum y)/n)) / \sqrt{[\sum X^2 - (\sum X)^2/n] [\sum Y^2 - (\sum Y)^2/n]}.$$

b) Análisis de la relación años de uso e indicadores de la fertilidad química

El análisis de la relaciones años de uso e indicadores de la fertilidad química, se llevó acabo en base a los resultados obtenidos del modelo de regresión lineal y del análisis de varianza de regresión; con los resultados proporcionados por dicho modelo, se procedió a realizar el análisis de las variables. Se incorporaron a las gráficas los resultados obtenidos de dicho modelo para facilitar la comprensión.

Con la información ya proporcionada e introducida a las gráficas, se procedió a realizar el análisis de la relacione de las variables; se tomó en cuenta el nivel de correlación y de determinación de las variables. El coeficiente de correlación determina la relación de una variable con la otra; esta puede ser positiva, negativa o espurrea y el coeficiente de determinación nos confirma el grado de dependencia de una variable con la otra, con el fin de determinar el nivel de la exactitud del modelo aplicado, si se acepta o se rechaza el modelo. Si el coeficiente de determinación es igual o mayor de 0.80 se acepta, menor a 0.80 se rechazara; esto quiere decir que la variable dependiente no depende de la otra variable o no es afectada por la variadle independiente; esto nos indica que puede estar siendo afectada por otra variable fuera del modelo o externa a la investigación.

El análisis de varianza de la regresión, determina si existe diferencia entre las variables años de uso y las cantidades o porcentajes presentes en el suelo de cada indicador de la fertilidad química; las diferencias pueden ser significativas o altamente significativas, dependiendo de las diferencias entre la F calculada y la F tabulada.

El modelo de regresión lineal nos ayuda a predecir el estatus de los suelos en un futuro.

- **Análisis de varianza de regresión.**

Fuente de variación (fv).	Grados de libertad (G.L)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrado medio (C.M)	F Calculada (fC)	F Tabulada (ft). 0.05 – 0.01
Regresión	1	$[(\sum XY - ((\sum x \cdot \sum y)/n))]^2 / (\sum X^2 - ((\sum X)^2/n))$.	Scr/Glr	Cmr/Cme	fc>ft Diferencias. fc<ft NS.
Error	n-2	Sct-Scr.	Sce/Gle		
Total	n-1	$\sum Y^2 - (\sum Y)^2/n$.			

c) Caracterización de la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco en base al modelo indicador de la fertilidad

Basado en los resultados del laboratorio de los principales indicadores de la fertilidad química; se elaboró un cuadro de fertilidad, para determinar el nivel o índice de fertilidad química en los suelos. Dicho cuadro se basó en el índice de fertilidad de los 21 campos muestreados; el índice se logró obtener por medio del modelo Indicador de la fertilidad química, que agrupa una series de indicadores, basándose en la importancia y el papel que juegan en la fertilidad química; dicho modelo está conformado por 7 indicadores (pH, Mo, K, P, Bases Totales, CIC, Porcentaje de saturación de Al).

Por medio del modelo de regresión lineal y del análisis de varianza de la regresión se determinó el grado de dependencia de las variables, índice de fertilidad y producciones obtenidas.

- **Modelo Indicador de la fertilidad química del suelo.**

Puntaje para obtener la fertilidad química de suelo.				
Características	Puntaje.			
	0.1	1	2	3
	Rangos.			
Materia Orgánica (%)		< 3.0	3.0 a 6.0	> 6.0
pH (1:1)		< 4.5	4.6 a 5.5 7.4 a 8.4	5.6 a 7.3
Fósforo (mg/L)		< 5.0	5.0 a 15.0	> 15.0
Saturación Al (%)	> 15.0	5.0 a 15.0	0.0 a 5.0	0
ClCe (Cmol+)/L		< 10	10.0 a 20.0	> 20.0
Bases totales (Cmol+)/L	< 4.0	4 a 10	> 10.0	
Potasio (Cmol+)/L	< 0.1	0.1 a 0.35	> 0.35	
	Suma del Puntaje		Fertilidad	
	> 15.0		Alta	
	8.0 a 15.0		Moderada	
	< 8.0		Baja	

Fuente: Rojas Palomino, A; Madero Morales, E; Ramírez Nader, L M, Zúñiga Escobar, O; 2009.

d) Mapeo de la fertilidad química del suelo

Se utilizaron sistemas de información geográfica para elaborar los mapas; de los diferentes niveles de fertilidad química de los 21 campos muestreados (Anexo 5).

e) Manejo agronómico del cultivo de tabaco por agricultores de San Vicente, Cabañas; Zacapa

Se realizó una entrevista a los 20 agricultores bajo estudio, con el fin de conocer el manejo agronómico del cultivo de tabaco; dicha entrevista nos ayudó a la recopilación de datos e información, acerca de los rendimientos obtenidos en los 20

campos estudiados; para evitar incongruencias en los resultados del modelo utilizado.

La entrevista se realizó utilizando una boleta previamente elaborada, permitiendo coleccionar la información del manejo agronómico del suelo en cultivo de tabaco (Anexo 2).

f) Análisis de resultados

La información que se obtendrá facilitará la interpretación de los resultados generados en los mapas (Anexo 5).

5.2.3 Lineamientos generales de manejo de la fertilidad del suelo

Al realizar los lineamientos generales se tomaron en cuenta los aspectos negativos y positivos de la fertilidad química de los suelos bajo estudio (Cuadro 13).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Caracterización general de la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco en el área en estudio

El resumen de las características de la fertilidad química de los suelos del área en estudio se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Caracterización general de la fertilidad química de suelos cultivados con tabaco en San Vicente, Cabañas, Zacapa, 2015.

Indicadores	Mínimo	Máximo	Promedio	Rangos Óptimos	Unidad de Medida
pH	6.57	8.3	7.4842857	5.5 - 6.5	(-)
Boro	0.17	1.48	0.9347619	1.0 – 5	mg/L
Fosfóro	23.46	104.14	57.44619	15 – 30	mg/L
Potasio	0.4	1.3	0.7457143	0.2 -1.5	Cmol(+)/L
Calcio	2.94	19.68	8.6157143	4.0 – 20	Cmol(+)/L
Magnesio	2.57	4.54	3.4461905	1.0 – 10	Cmol(+)/L
Bases Totales	6.34	23.81	12.807619	4.0 – 10	Cmol(+)/L
Azufre	2.54	61.19	30.790476	10 – 100	mg/L
Cobre	0.29	2	1.1352381	0.1 - 2.5	mg/L
*A.I	0.02	0.05	0.032381	0.3 - 1.5	Cmol(+)/L
Hierro	1.82	43.46	14.185238	20 – 150	mg/L
Manganeso	4.1	35.24	15.161905	8.0 – 80	mg/L
Zinc	1.13	14.89	3.2542857	0.2 – 2	mg/L
*M.O.	0.6	8.57	1.72	3.0 – 6	%
*CICe	6.38	23.84	12.84	5.0 – 25	Cmol(+)/L
K(Saturación en la CICe)	3.05	11.76	6.2171429	4.0 – 6	%
Ca(Saturación en la CICe)	46.08	82.55	63.510476	60 – 80	%
Mg(Saturación en la CICe)	12.04	42.93	29.977619	10.0 – 20	%
A.I.(Saturación en la CICe)	0.13	0.63	0.292381	0 - 24.9	%
Rel: Ca/K	3.92	26.06	11.694762	5.0 – 25	%
Rel: Mg/K	2.28	8.95	5.1733333	2.5 – 15	%
Rel: Ca/Mg	1.11	6.86	2.4714286	2.0 – 5	%
Rel: (Ca+Mg)/K	7.45	31.73	16.869524	10.0 – 40	%

■	= Bajo o Fuera de Rango
■	= Adecuado
■	= Alto

En el cuadro 9, se observa que el potencial de Hidrogeno (pH) en promedio se encuentra entre niveles altos, según los rangos recomendados por el laboratorio especializado en análisis de suelo (Analab), estos niveles se deben a las condiciones climáticas propias de la región en la que se realizó la investigación; la poca precipitación pluvial que los suelos bajo estudio reciben anualmente propician en incremento de sales, esto se debe a que las lluvias lavan las sales de suelo y las precipitan al sub suelo de la tierra evitando que las plantas tengan contacto con ellas, pero al no carecer de lluvias estas sales se acumulan en el suelos arable.

Según los resultados de los análisis de suelo el elemento Boro se encuentra dentro de los niveles bajos recomendados, sin embargo este elemento es requerido en tan bajas cantidades que el buen desarrollo de las plantas no se ve afectadas por los niveles bajos de dicho elemento.

El fósforo se encuentra en niveles altos posiblemente debido al uso constante de fertilizantes ricos en fósforo o por el uso de ácidos fosfórico para la limpieza del sistema de riego. Este elemento se puede acumular en el suelo por ser un elemento poco móvil en el suelo y porque puede formar compuestos insolubles con elementos como el calcio.

Las bases totales (calcio, magnesio y potasio) se encuentran en niveles altos, esto se debe al material original con influencia del clima de la región la cual posee una escasa precipitación pluvial y el uso contantes de fertilizantes básicos. Las constantes fertilizaciones asociadas con la poca precipitación pluvial del área de estudio propician el incremento de las bases totales en la superficie arable del suelo.

La materia orgánica se encuentra en niveles bajos cercanos del dos por ciento, esto es normal para zonas con poca vegetación natural y altas temperaturas que aceleran la descomposición de los materiales orgánicos presentes en los suelos. Los agricultores de tabaco tienen incluido entre sus programas de manejo agrícola el uso de abonos orgánicos aun así el porcentaje de MO se encuentra en los rangos bajos, sin embargo posiblemente que este elemento se incremente asta alcanzar los niveles óptimos recomendados para el cultivo de tabaco.

Los niveles altos de los elementos Zinc, porcentaje de saturación de potasio y porcentaje de saturación de magnesio se debe a los usos constantes de fertilizantes ricos en estos elementos.

Los niveles de K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, ClCe, porcentaje de saturación de Ca, Porcentaje de saturación Al, Relación Ca/K, Relación Mg/K, Relación Ca/Mg y Relación (Ca + Mg)/K, se encuentra entre los rangos óptimos estos posiblemente se debe al buen manejo de la fertilidad química de los suelos por parte de los agricultores de tabaco bajo estudio y del clima de la región, al poseer una baja precipitación pluvial dichos elementos tienen la oportunidad de acumularse en la superficie arable del suelo.

En forma general los suelos del área en estudio no presentan problemas serios en cuanto a la fertilidad química, salvo la baja cantidad de materia orgánica en los suelos.

6.2 Tendencias de la fertilidad de los suelos cultivados con tabaco en relación con los años de uso

La caracterización de la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco durante 0, 5, 10, 15 y 20 años en San Vicente cabañas; se resumen en el cuadro 11.

Cuadro 10. Resultados promedios de la fertilidad química de los suelos cultivados con tabaco.

Análisis	0 años	5 años	10 años	15 años	20 años	Niveles recomendados
pH (-)	7.93	7.552	7.482	7.496	7.318	5.5 - 6.5
Boro (mg/L)	0.86	0.75	0.838	1.056	1.11	1.0 – 5
Fósforo (mg/L)	50.64	51.76	73.222	40.144	66.02	15 – 30
Potasio (Cmol(+)/L)	1.3	0.782	0.74	0.656	0.694	0.2 -1.5
Calcio (Cmol(+)/L)	11.73	9.44	8.912	7.772	7.716	4.0 – 20
Magnesio (Cmol(+)/L)	3.62	3.436	3.278	3.544	3.492	1.0 – 10
Bases Totales (Cmol(+)/L)	16.65	13.658	12.93	11.972	11.902	4 - 10
Azufre (mg/L)	2.54	19.818	26.778	34.854	47.362	10 – 100
Cobre (mg/L)	0.54	0.76	1.112	1.08	1.708	0.1 - 2.5
*A.I (Cmol(+)/L)	0.03	0.034	0.034	0.032	0.03	0.3 - 1.5
Hierro (mg/L)	3.48	10.642	15.912	8.196	24.132	20 – 150
Manganeso (mg/L)	12.74	16.94	21.314	8.258	14.62	8.0 – 80
Zinc (mg/L)	14.89	2.162	2.796	2.118	3.614	0.2 – 2
*M.O. (%)	1.29	1.634	1.526	1.234	2.532	3.0 – 6
*CICe (Cmol(+)/L)	16.68	13.692	12.964	12.004	11.932	5.0 – 25
K(%Saturación en la CICe)	7.79	6	6.39	5.544	6.62	4.0 – 6
Ca(%Saturación en la CICe)	70.32	65.918	62.604	63.58	60.678	60 – 80
Mg(%Saturación en la CICe)	21.7	27.798	30.668	30.58	32.52	10.0 – 20
A.I.(%Saturación en la CICe)	0.18	0.282	0.338	0.29	0.282	0 - 24.9
Rel: Ca/K	9.02	11.736	11.418	12.316	11.844	5.0 – 25
Rel: Mg/K	2.78	4.74	5.14	5.846	5.446	2.5 – 15
Rel: Ca/Mg	3.24	2.612	2.776	2.178	2.166	2.0 – 5
Rel: (Ca+Mg)/K	11.81	16.478	16.558	18.162	17.292	10.0 – 40

En el cuadro 10, se puede observar que de los 23 parámetros indicadores de la fertilidad 12 tiene una tendencia a aumentar con los años de uso por el cultivo de tabaco y los 11 restantes poseen una tendencia a disminuir con los años de uso. La predicción de un elemento es algo muy importante para el manejo de un cultivo, ya que nos anticipa las probabilidades del comportamiento positiva o negativa de un nutriente, permitiendo hacer cambios necesarios en los programas generales de manejo.

En forma general el pH de los suelos en el área de estudio es alto, debido a la poca precipitación pluvial. El pH es un buen indicador de la fertilidad; por ejemplo suelos con niveles superiores a 7.5 pueden presentar problema de presión osmótica y poca disponibilidad principalmente de micro nutrientes. Como podemos observar en el cuadro 12 y en las gráficas de tendencia el pH (Potencial de Hidrógeno) se ha reducido con los años de uso; la tendencia del pH es seguir bajando según el modelo de regresión lineal. Se confirmó por medio del coeficiente de determinación, que las cantidades de pH encontradas en los suelos en estudio, poseen una relación inversamente proporcional y dependiente.

El fósforo es uno de los principales indicadores de la fertilidad química del suelo; dicho nutriente conforma el grupo de los macro nutrientes y se encuentra presente en los suelos con pH de 7. Por lo general en los suelos del área en estudio el fósforo se encuentra en niveles altos. La tendencia de dicho elemento es podría ser seguir subiendo sus cantidades en los suelos en estudio. Mediante el coeficiente de determinación se determinó que no existe relación o dependencia alguna entre la variable años de uso y cantidades de fósforo presentes en los suelos.

Por lo general, los suelos de la región de Zacapa son suelos con alto contenido de nutrientes básicos, alta capacidad de intercambio catiónico, bajo contenido de materia orgánica y pH alcalinos; estas características se deben al origen del suelo y a la poca precipitación pluvial. Uno de los principales problemas con los suelos abundantes en nutrientes básicos es el pH básico. La tendencia podría ser seguir bajando si no existen cambios en los programas de manejo general del cultivo; sin embargo el coeficiente de determinación nos confirma que la variable años de uso y

las cantidades de bases totales encontradas en los suelos en estudio poseen una relación inversamente proporcional y dependiente.

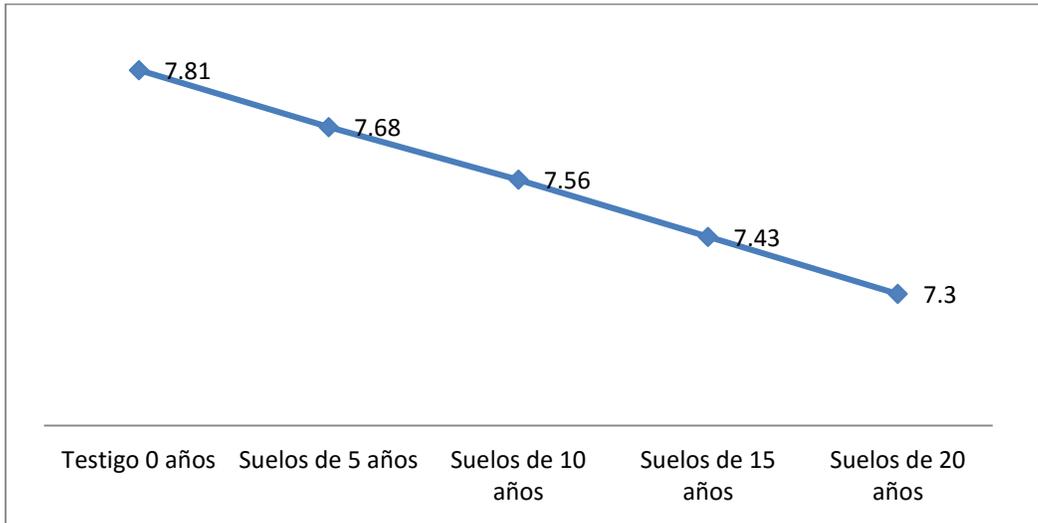
Los suelos del área en estudio poseen un porcentaje promedio de 1.72 % de materia orgánica, lo cual está por debajo de los niveles óptimos deseados para suelos agrícolas. El clima semiárido de la región de estudio favorece los procesos de mineralización de la materia orgánica. La tendencia de la materia orgánica en los suelos en estudio podría ser seguir subiendo; mediante el coeficiente de determinación se determinó que las variables años de uso y cantidades de MO en presentes en los suelo poseen una relación directamente proporcional y dependiente.

El elemento potasio juega un papel muy importante en la fertilidad química de un suelo, esto se debe a que dicho elemento es esencial para el buen desarrollo del cultivo. La tendencia de las cantidades K en los suelos en estudio podría ser el de seguir bajando con los años de uso, si no existen cambios en los programas de fertilización utilizados por dicha empresa; la variable años de uso y cantidades de potasio presentes en el suelo poseen una relación inversamente proporcional, pero independiente a los años de uso; esto se determina utilizando el coeficiente de determinación.

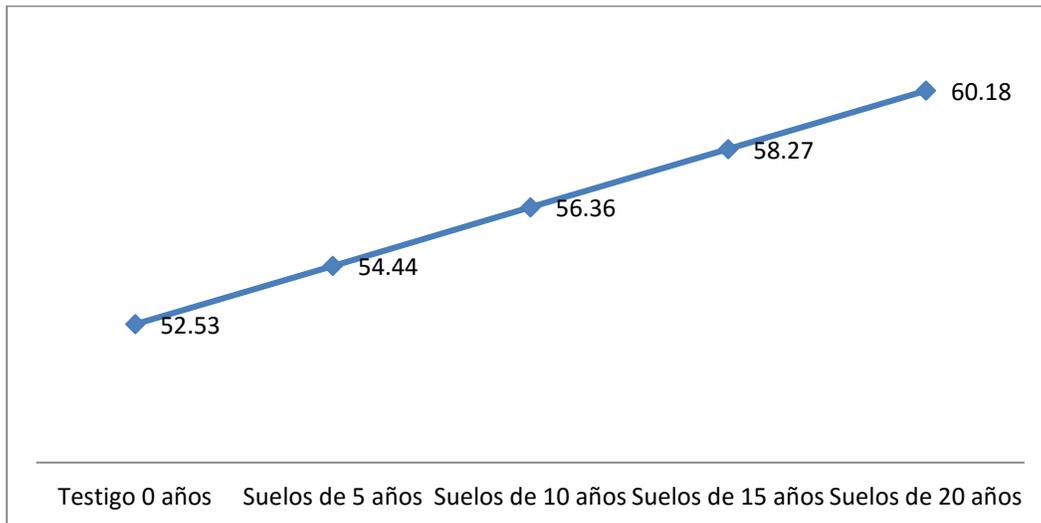
La capacidad de intercambio catiónico nos proporciona mucha información acerca de la fertilidad química de un suelo, por lo general la CIC es relacionada con los pH altos o alcalinos; la CIC tiende a disminuir conforme los años, por eso es que podemos decir que las variables años de uso y cantidades de CIC presentes en los suelos en estudio poseen una relación inversamente proporcional y dependiente.

Gráfica de tendencias

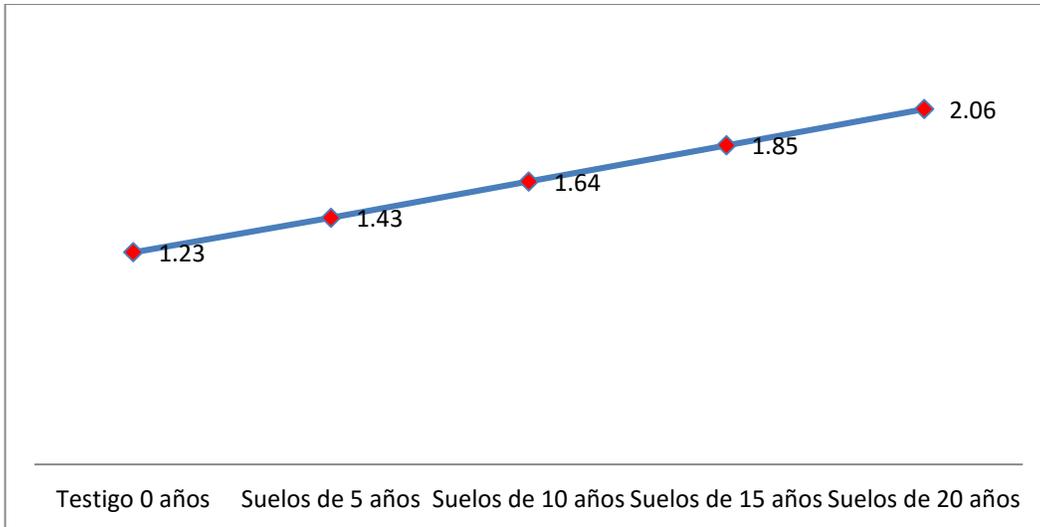
En las gráficas 1, 2, 3, 4, 5, 6; podemos observar las tendencias de los 6 indicadores químicos más importantes relacionados con la fertilidad química de los suelos.



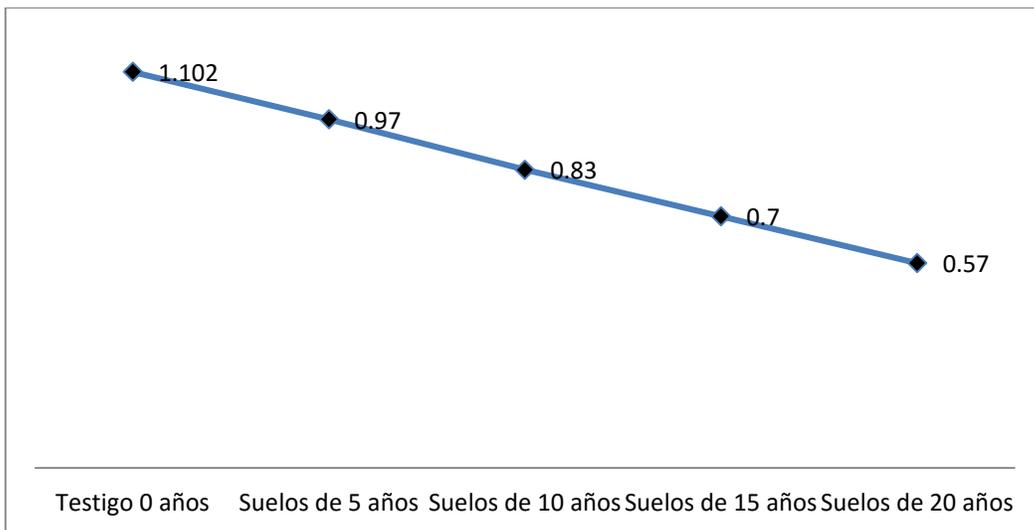
Gráfica 1. pH promedio de las muestras de los suelos cultivados con tabaco durante 0, 5, 10, 15, 20 años, en San Vicente, Cabañas, Zacapa, 2016.



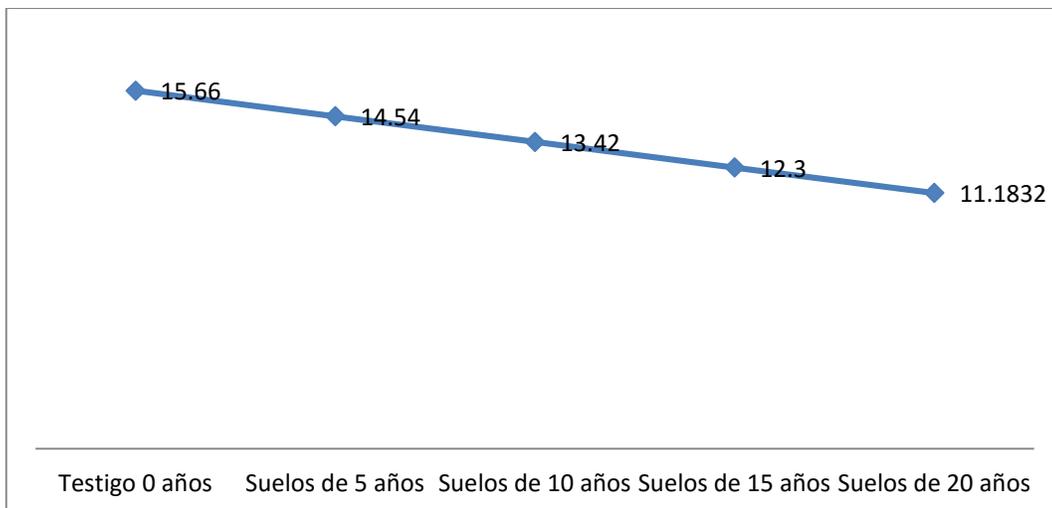
Gráfica 2. Fósforo promedio de las muestras de los suelos cultivados con tabaco durante 0, 5, 10, 15, 20 años, en San Vicente, Cabañas, Zacapa, 2016.



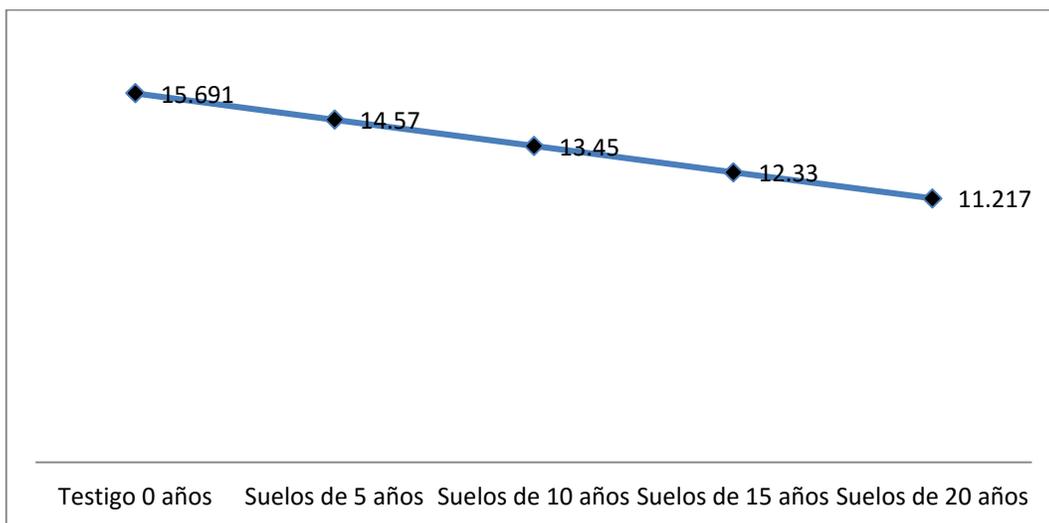
Gráfica 3. Materia Orgánica promedio de las muestras de los suelos cultivados con tabaco durante 0, 5, 10, 15, 20 años, en San Vicente, Cabañas, Zacapa, 2016.



Gráfica 4. Potasio promedio de las muestras de los suelos cultivados con tabaco durante 0, 5, 10, 15, 20 años, en San Vicente, Cabañas, Zacapa, 2016.



Gráfica 5. Bases totales promedio de las muestras de los suelos cultivados con tabaco durante 0, 5, 10, 15, 20 años, en San Vicente, Cabañas, Zacapa, 2016.



Gráfica 6. Capacidad de Intercambio Cationico promedio de las muestras de los suelos cultivados con tabaco durante 0, 5, 10, 15, 20 años, en San Vicente, Cabañas, Zacapa, 2016.

6.2.1 Índice de fertilidad de los suelos cultivados con tabaco con base al índice de fertilidad

Cuadro 11. Resultados de los siete elementos principales propuestos por Rojas Palomino et al. 2009 para determinar la fertilidad de los suelos, en los 21 campos en estudio.

	Identificación de la Muestra.	Indicadores de la fertilidad química de los suelos.						
		M.O %	pH (1:1)	Fosforo (mg/L)	Saturación Al (%)	CICe (Cmol(+)/L)	Bases Totales (Cmol(+)/L)	Potasio (Cmol(+)/L)
1	Testigo (Virgen)	1.29	7.93	50.64	0.18	16.68	16.65	1.3
2	Darrillo Ramírez	3.2	8.3	23.46	0.24	21.17	21.12	0.84
3	Luis Fernando Ortiz Coronado	0.81	6.85	59.34	0.31	9.58	9.55	0.51
4	Ricardo Marroquín (Padre)	0.97	8.15	59.12	0.19	10.43	10.41	0.78
5	Víctor Rivas	2.18	7.89	54.96	0.15	19.65	19.62	1.26
6	Carlos López	1.01	6.57	61.92	0.52	7.63	7.59	0.52
7	Emilio Carranza	0.88	6.64	76.07	0.63	6.38	6.34	0.75
8	Carlos Flores	1.14	7.44	69.37	0.41	7.36	7.33	0.4
9	Miguel García	1.29	7.17	104.14	0.21	14.4	14.37	0.68
10	Marco Tulio De León	1.51	8.13	63.61	0.31	12.84	12.8	0.61
11	Rufino Ramírez	3.01	8.03	52.92	0.13	23.84	23.81	1.26
12	Marco Tulio De León	1.03	7.35	24.94	0.33	9.1	9.07	0.48
13	Ricardo Marroquín (Hijo)	1.36	7.6	41.41	0.23	12.83	12.8	0.53
14	Víctor Rivas	1.53	7.88	56.24	0.15	13.25	13.23	1.05
15	Héctor Escobar	1.05	7.16	36.73	0.19	15.67	15.64	0.64
16	Álvaro Almazán	1.2	7.49	41.4	0.55	9.17	9.12	0.58
17	Oscar Ovidio Ortiz	0.6	6.72	88.18	0.45	6.67	6.64	0.72
18	Emilio Carranza	0.88	6.8	45.86	0.23	8.73	8.71	0.67
19	Víctor Manuel Terraza	1.64	7.98	80.69	0.21	14.63	14.6	1.05
20	Armando Almazán	0.97	7.63	63.94	0.32	9.3	9.27	0.41
21	Froilán Almazán	8.57	7.46	51.43	0.2	20.33	20.29	0.62

Los resultados de los siete parámetros propuestos por Palomino Rojas, nos permite calcular el nivel o índice de fertilidad química de los 21 campos.

Cuadro 12. Índice de fertilidad química de los 21 campos en estudio.

Índice de fertilidad y producciones obtenidas de los 21 campos muestreados.				
No.	Identificación de la Muestra.	INDICE		Producción Kg/Ha.
1	Testigo (Virgen)	14	Moderada	
2	Darrillo Ramírez	16	Alta	2,957.16
3	Luis Fernando Ortiz Coronado	13	Moderada	2,694.30
4	Ricardo Marroquín (Padre)	14	Moderada	2,628.58
5	Víctor Rivas	14	Moderada	2,891.44
6	Carlos López	13	Moderada	2,628.58
7	Emilio Carranza	13	Moderada	2,760.01
8	Carlos Flores	12	Moderada	2,694.30
9	Miguel García	15	Moderada	2,957.16
10	Marco Tulio De León	14	Moderada	2,628.58
11	Rufino Ramírez	16	Alta	3,088.60
12	Marco Tulio De León	13	Moderada	2,431.44
13	Ricardo Marroquín (Hijo)	14	Moderada	2,694.30
14	Víctor Rivas	14	Moderada	3,022.87
15	Héctor Escobar	15	Moderada	3,022.87
16	Álvaro Almazán	12	Moderada	2,562.87
17	Oscar Ovidio Ortiz	13	Moderada	2,760.01
18	Emilio Carranza	13	Moderada	2,694.30
19	Víctor Manuel Terraza	14	Moderada	2,628.58
20	Armando Almazán	12	Moderada	2,760.01
21	Froilán Almazán	17	Alta	3,088.60

Como podemos observar en el cuadro 12, en forma general el nivel de fertilidad química en su mayoría es moderada; esto se debe a que la mayoría de suelos en estudio poseen una baja cantidad de materia orgánica y un pH alto, según el modelo propuesto por palomino Rojas et al. 2009; esto hace que se le reste puntos al nivel de fertilidad del suelo; solo tres de los 21 campos en estudio tienen alta puntuación o alto nivel de fertilidad. Estos 3 campos poseen una adecuada cantidad materia orgánica y un pH moderado; esto hace que el balance de los elementos presentes en

los suelos se han más asimilables para los cultivos y por ende sean más fértiles químicamente.

6.2.2 Ubicación general de los campos con distinto índice de fertilidad

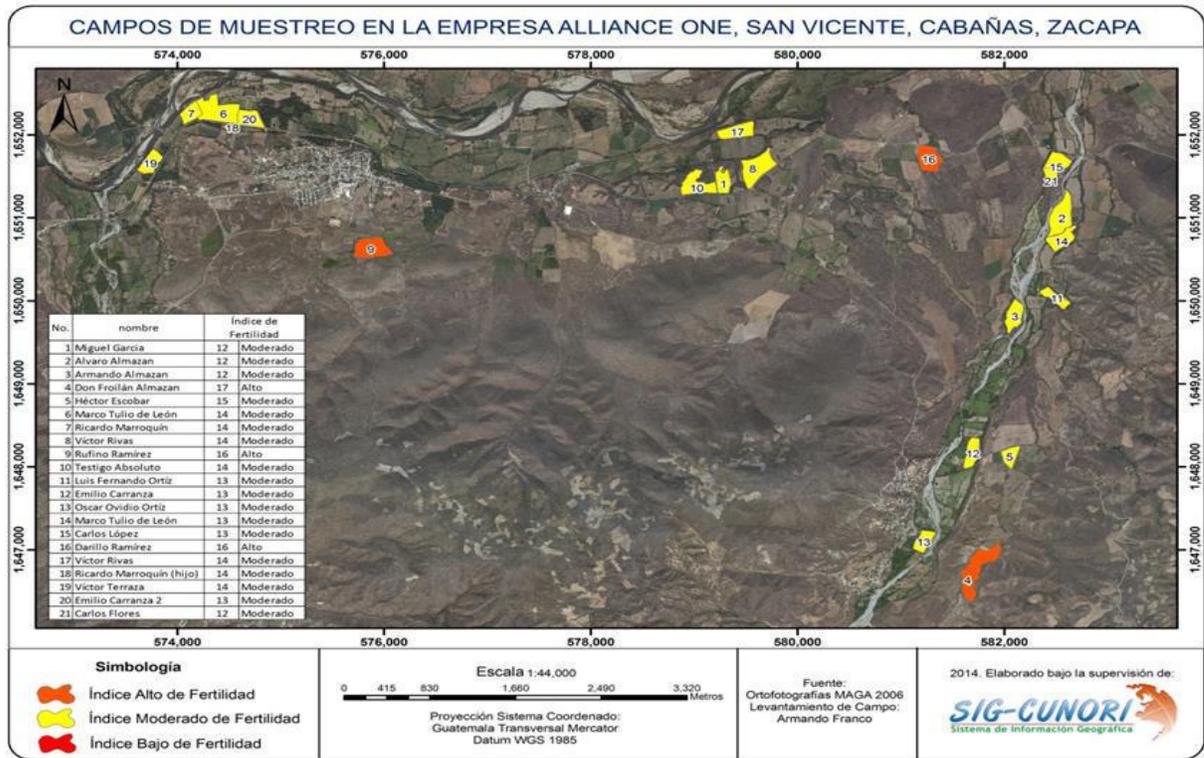


Figura 7. Mapa basado en el índice de fertilidad de los campos en estudio.

6.3 Lineamientos generales del manejo del cultivo de tabaco por agricultores de San Vicente, Cabañas; Zacapa

Cuadro 13. Lineamientos o recomendaciones basados en los resultados obtenidos en los análisis de suelo.

Cuadro de lineamientos generales.			
Años	Positivo	Negativo	Lineamientos o recomendaciones
5	Al, Ca, K, CIC, S, B.T, Rel: (Ca+Mg)/K.	pH, Mo, P.	Incorporar materia orgánica al suelo, hasta alcanzar el porcentaje óptimo para el cultivo, (Tomar en cuenta la procedencia de la materia orgánica, por los metales pesados, plomo y níquel), reducir las aplicaciones de fosforo, hacer pequeños cambios en los programas nutricionales para no terminar con las reservas nutricionales presentes en los suelos.
10	Al, Ca, K, CIC, S, B.T, Rel: (Ca+Mg)/K.	pH, Mo, P.	Incorporar materia orgánica al suelo, hasta alcanzar el porcentaje óptimo para el cultivo (Tomar en cuenta la procedencia de la materia orgánica, por los metales pesados, plomo y níquel), reducir las aplicaciones de fosforo, hacer pequeños cambios en los programas nutricionales para no terminar con las reservas nutricionales presentes en los suelos.
15	Al, Ca, K, CIC, S, B.T, Rel: (Ca+Mg)/K.	pH, Mo, P.	Incorporar materia orgánica al suelo, hasta alcanzar el porcentaje óptimo para el cultivo, (Tomar en cuenta la procedencia de la materia orgánica por los metales pesados, plomo y níquel), reducir las aplicaciones de fosforo, hacer pequeños cambios en los programas nutricionales para no terminar con las reservas nutricionales presentes en los suelos.
20	Al, Ca, K, CIC, S, B.T, Rel: (Ca+Mg)/K .	pH, Mo, P.	Incorporar materia orgánica al suelo, hasta alcanzar el porcentaje óptimo para el cultivo, (Tomar en cuenta la procedencia de la materia orgánica por los metales pesados, plomo y níquel), reducir las aplicaciones de fosforo, hacer pequeños cambios en los programas nutricionales para no terminar con las reservas nutricionales presentes en los suelos.

7. CONCLUSIONES

1. Los suelos de la aldea San Vicente, Cabañas, Zacapa, Guatemala; se caracterizan por poseer pH alto y bajo porcentaje de materia orgánica; sin embargo, esto ha cambiado con el uso constante. La siembra de tabaco, ha reducido el potencial de Hidrogeno y ha aumentado el porcentaje de materia orgánica, favoreciendo la fertilidad química de los suelos.
2. El fósforo en los suelos se encuentra alto y la tendencia es a subir. El incremento se puede relacionar con la adición de fosforo en la primera fertilización del cultivo de tabaco.
3. Los suelos poseen una adecuada Capacidad de Intercambio Catiónico; sin embargo, la relación entre las variables años de uso y cantidad de CIC presentes en los suelos, es inversamente proporcional, pues el uso constante con tabaco reduce la CIC, pero todavía se encuentra dentro de los rangos adecuados para el desarrollo de los cultivos.
4. Tres de los veintiún campos estudiados poseen un índice de fertilidad alto arriba de los 15 puntos, según el modelo matemático utilizado y los dieciocho campos restantes poseen una fertilidad moderada, de 15 a 12 puntos de índice de fertilidad. Se determinó que el índice de fertilidad posee una relación positiva e independiente con el nivel de producción de tabaco, con coeficiente de determinación de 0.54.

8. RECOMENDACIONES

1. Considerar el índice de fertilidad de los suelos en la elaboración y monitoreo de programas nutricionales, con el propósito de alcanzar altos rendimientos sin degradar la fertilidad química de los suelos de la región.
2. Incluir la incorporación de materia orgánica en los programas de enmiendas al suelo, hasta alcanzar los porcentajes adecuados para el buen desarrollo de las plantas.
3. Utilizar los lineamientos propuestos en esta investigación, para el manejo de los suelos cultivados con tabaco, con la finalidad de propiciar una agricultura orientada a la sostenibilidad.
4. Continuar con investigaciones relacionadas a la fertilidad de los suelos y los años de uso, para elaborar herramientas que permitan definir programas más precisos de nutrición vegetal.

9. BIBLIOGRAFIA

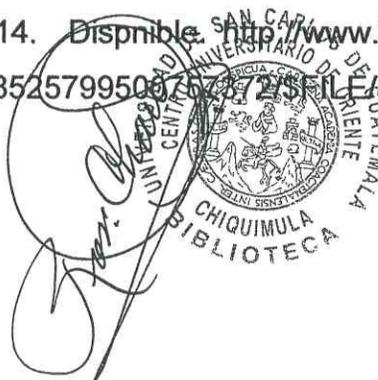
- Andrades Rodríguez, M. 2012. Prácticas de edafología y climatología (en línea). España, Universidad de la Rioja. 72 p. Consultado 8 ago. 2014. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/download/libro/194611.pdf>
- Báscones Merino, E. 2013. Análisis de suelo y consejo de abonado (en línea). Valladolid, España, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica y Agrícola. 54 p. Consultado 8 ago. 2014. Disponible en http://www.academia.edu/25662172/Analisis_de_suelos-consejo_de_abonados
- Berganza Orellana ER. 1985. Desarrollo del cultivo de tabaco (*Nicotiana Tabacum* L.) tipo Burley, en la vega "Suchini" situada en la aldea petapilla del municipio de Chiquimula, Guatemala. Informe Tec.prod.Agr. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. p. 8.
- Bernier, R. 2000. Diagnóstico de la fertilidad del suelo (en línea). *In* Seminario taller para productores: técnicas de diagnóstico de fertilidad del suelo, fertilización de praderas, cultivos y mejoramiento de praderas. Bernier V, R; Bortolameolli S, G (eds). Osorno, Chile, INIA; Centro Regional de Investigación Remehue; INIA. 117 p. (Serie Actas no. 4). Consultado 8 ago. 2014. Disponible en <http://www2.ina.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25546.pdf>
- British American Tobacco CariBBean & Centro America, Mexico. 2013. Cultivo del tabaco (en línea). México. Consultado 23 jul. 2014. Disponible. http://www.batmexico.com.mx/group/sites/BAT_9YAAD9.nsf/wPagesWebLive/D09YAEUR
- Cardona Barrientos, DJ; García, J. 1990. Edafología General. Guatemala, URL, Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales. 50 p.

- Compá Orellana, SR. 2004. Evaluación de la efectividad de nueve tratamientos para el control de nematodos, utilizando dos productos nematicidas en plantaciones de tabaco (*Nicotiana tabacum* L), cultivada en dos localidades de Zacapa. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC, CUNORI. 48 p.
- Domínguez Viviancos, A. 1997. Tratado de fertilización. 3 ed. Madrid, España, Mundi Prensa. 613 p.
- Donis Chacón, HE. 2014. 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. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 70 p.
- Do Prado Wildner, L; Da Veiga, M. 1993. Erosión y pérdida de la fertilidad del suelo: relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 10 sep. 2014. Disponible <http://www.fao.org/docrep/t2351s/t2351s06.htm>
- EDUCARM (Comunidad Autónoma de la región de Murcia, España). s.f. Propiedades químicas del suelo (en línea). España. 24 diapositivas. Disponible http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos_tema_3..pdf
- Franco y Franco, HA. 2002. Evaluación de 2 programas de fertilización y cuatro fungicidas sistémicos en la producción de pilones de tabaco (*Nicotiana tabacum* L) Tipo Burley, bajo el sistema de bandejas flotantes, en el municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa. Informe Tec. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 51 p.
- Fassbender, H; Boernemiza, E. 1987. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 420 p.

- Huerta Cantera, HE. 2010. Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, QRO, y su relación con el crecimiento bacteriano (en línea). Tesis Lic. Queretaro, México, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales en Biología. p. 6-13. Consultado 01 ago 2014. Disponible <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/tesisHilda1101.pdf>
- Molina, E. 2011. Análisis de suelos y su interpretación (en línea). San José, Costa Rica, Amino Grow. 8 p. Consultado 8 jun. 2014. Disponible en www.infoagro.go.cr/inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELO-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf
- Perdomo, C; Barbazán, M. 2012. Nitrógeno: área de suelos y aguas (en línea). Montevideo, Uruguay, Universidad de La República, Facultad de Agronomía. 74 p. Consultado 8 jun. 2014. Disponible en www.fagro.eduuy/fertilidad/publica/Tomo%20n.pdf
- Rojas Palomino, A; Madero Morales, E; Ramírez Nader, LM; Zúñiga Escobar, O. 2009. Índice de potencial productivo del suelo aplicado a tres fincas ganadera de ladera en el valle de Cauca, Colombia (en línea). Acta Agronómica 58 (2): 85-90. Consultado 05 nov. 2014. Disponible en http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/10422/10897
- Sancé Nerio, WA. 2009. Determinación de la capacidad de uso y clasificación taxonómica de los suelos de la finca “El Cascajal”, del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 72 p.
- 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.

Urzúa Duarte, JA. 2008. Determinación de la capacidad de uso, áreas homogéneas y conflictos de uso de la tierra, para formular una propuesta de lineamientos generales que orienten el manejo de los suelos del municipio de Concepción Las Minas, departamento de Chiquimula. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 68 p.

Villares AE; Morandini, MA; Hernandez, CF; Duran, A; Coronel, M. 2000. Estudios para la fertilizacion del tabaco tipo Burley en la provincial de Tucuman (en linea). Tucuman, Argentina. Consultado 28 jul. 2014. Disponible en <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/728AA23B3787AEFC85257995007674725?file=8.pdf>



10. ANEXOS

Anexo 1. Metodología para determinar los indicadores químicos

a. Muestreo de suelo

La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (sub-muestra) tomada en forma representativa de un terreno considerado homogéneo. El muestreo se realizara tomando una muestra representativa (1 kg) por área homogenizada, compuesta por 15-20 sub-muestras de 100-200 gr de cada campo previamente identificado, tomadas a una profundidad de 0-30 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 realizará un recorrido en zig-zag, dentro del área a muestreo, tomando sub-muestras de cada vértice donde se cambie la dirección del recorrido. En cada punto donde se recolectó la sub-muestra, se removerá 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 utilizará el método con barreno se insertará en el suelo tantas veces como sea necesario hasta reunir de 100-200 gr de suelo. Se repetirá el procedimiento en cada punto de muestra.

Anexo 2. Programas agronómicos utilizados por los agricultores de San Vicente, Cabañas; Zacapa

Caracterización del manejo agronómico del cultivo de tabaco

Con información proporcionada por agricultores bajo estudio nos da como resultado el cuadro 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.

a. Manejo general del cultivo de tabaco

D.A.T	D.D.T	Actividad ò Practica	Cantidad/Dosis.
30		Arado ò Subsulado	1
10		Rastra	1
7		Surqueo	1
3		Aplicar herbicida (pendimetalina)	2 L/Mz
1		Riego	
	1	Fertilizante 13-40-13+e.m.	25 Lb/Mz
	1	Imidacloprid	350 gr/Mz
	1	Trasplante	20,000 P/Mz
	1	Riego	
	7	Fertilizante 14-14-15 + e.m.	9 qq/Mz
	8	Riego	
	15	Bacillus Thurigiensis	250 gr/Mz
	16	Riego	
	24	Riego	
	30	Fertilizante 26-0-18	9 qq/Mz
	30	Aporco	
	32	Riego y Metalaxil	500 cc/Mz
	35	Dimetomorp	300 cc/Mz
	35	Bacillus Thurigiensis	350 gr/Mz
	42	Fertilizante 23-0-24	5 qq/Mz
	42	Riego	
	50	Riego	
	55	Bacillus Thurigiensis	350 gr/Mz
	58	Riego	
	60	Eliminar Inflorescencia	
	68-76-84	Riego	
	86	Desbajado	
	87	Construcción de galera para el curado	
	90	Corte y Colgado	
	130	Despique de las hojas/Clases	
	132	Clasificación, Bulteo	
	134	Envió a compra	

b. Programa manejo integrado de plagas (MIP)

Producto	Ingrediente Activo	Categoría	Unidades necesarias		Plaga que controla
			Comercial Por Mz	Ingrediente activo por Mz	
Confidor 70 WG o' Actara 25 WG	Imidacloprid Tiametoxan	Químico Químico	450Grs 500Grs	350 Grs/Mz 125 Grs/Mz	Hemipteros: Mosca blanca, Trips, Pulgones, Chinchas Coleopteros: Gorgojo ó picudo
Coragen 20 SC	Chlorantraniliprole	Químico	60 Grs	12 Grs/Mz	Minador
Vydate 24 SL	Oxamil	Químico	2 L	480 cc/Mz	Nematodos: Meloydogine, Pratylenchus, Rotylenchus
Nemix 3 SC	Extracto de ajo, Infusión de plantas con propiedades nematicidas.	Botánico	3 L	3 L/Mz	Nematodos: Meloydogine, Pratylenchus, Rotylenchus.
Feromonas	Feromonas	Biológico	4 u	4 u/Mz	Lepidópteros: Gusano Cogollero y Prodenia
Dipel 6.4 WP	Bacillus Thuriensis	Biologico	0.50 Kg	15 D.D.T 250 Grs/Mz 35 D.D.T 350 Grs/Mz 55 D.D.T 350 Grs/Mz	Lepidópteros: Gusano Cogollero, Prodenia, Cachudo
Regen 20 SC	Fipronil	Químico	150 cc	30 cc/Mz	Coleóptero Picudo

b.2 Programa integrado para control de enfermedades (CIE)

Producto	Ingrediente Activo	Categoría	Unidades necesarias		Enfermedad que Controla
			Comercial Por Mz	Ingrediente activo por Mz	
Carbendazin 50 SC o' Cycosin 50 SC	Carbendazin	Químico	1 L	500 cc/Mz.	Fusarium, Rizoctonia
	Metiltiofanato	Químico	1 L	500 cc/Mz.	
Fungikill 96.5SC	Estractos Vegetales, Ácido sulfúrico	Orgánico	1 L	1 L/Mz	Phytium Bacterias del suelo
Foraxil 24EC ó Prevalor 84 SL	Metalaxil	Químico	1 L	500 cc/Mz.	Phytium Phytophora parasítica
	Propamocarb, Pal	Químico	1 L	840 cc/Mz	
Fórum 15DC ó Revus 25 SC	Dimetomorph	Químico	½ L	300 cc/Mz	Moho Azul (Peronosphora)
	Mandipropamide	Químico	1/2 L	350 cc/Mz	
Serenade 1.34 SC ó Subsol 0.08 SC	Bacillus Subtilis	Biológico	1 L 2 L	1 L/Mz. 2 L/Mz	Fusarium, Bacterias
Agrimicin 16.5 WP	Streptomicina, Terramicina	Químico	500 Grs	82.5 Grs/Mz	Bacterias
Amistar 50 WG	Azoxistrobin Solo semilleros	Químico	10 Grs	5 Grs/Mz	Cercosphora, Alternaria, Antracnosis

c. Programas de fertilización para tabaco Burley

El objetivo del programa es proporcionar al cultivo los nutrientes necesarios para su buen desarrollo; los programas nutricionales presentes cumplen con las expectativas tanto agronómicas (Buen desarrollo de la plantación de tabaco y Buen rendimiento) como financieras (No rebasan los costos de producción).

Programas nutricionales aplicados por agricultores de San Vicente, Cabañas; Zacapa

Formula Base						
N	P	K	Ca	Mg	S	E.M.
14	14	15	1	2	5	2
Aplicar 9 qq/Mz (Primera semana de plantado).						
Características de la formula base.						
1. Equilibrio nutricional optimo; para que los nutrientes sean absorbidos eficientemente.						
2. Cantidad necesaria de nutrientes primarios, secundarios y micronutrientes.						
3. Adecuado% nitrógeno, fosforo y potasio, para inicio del desarrollo del cultivo; potenciando el sistema radicular.						
Elementos por libra/Mz aplicados en la formula base.						
N	P	K	Ca	Mg	S	E.M.
126	126	135	9	18	45	18

Formula Complementaria		
N	P	K
26	0	18
Aplicar 9 qq/Mz (Cuarta semana de plantado).		
Características.		
1. Buena relación Nitrógeno/Potasio.		
2. Relación de Nitrógeno nítrico/amoniaco; para buen desarrollo.		
3. Adecuada cantidad de potasio de fácil absorción; para un buen llenado de la hoja (materia seca) y resistencia a enfermedades.		
Elementos por libra/Mz aplicados en la formula Complementaria.		
N	P	K
234	0	162

Formula Finalizadora		
N	P	K
23	0	24
Aplicar 5 qq/Mz (Sexta semana de plantado).		
Características.		
1. Buena relación Nitrógeno/Potasio; para la calidad de la hoja		
2. Potasio altamente soluble para buen llenado de hoja (Materia seca).		
Elementos por libra/Mz aplicados en la formula finalizadora.		
N	P	K
115	0	120

Nutrientes totales aplicadas al suelo

Libras totales incorporadas al suelo por cosecha, de los diferentes nutrientes.						
N	P	K	Ca	Mg	S	E.M
475	126	417	4	18	45	16

Fertilizantes utilizados por agricultores de San Vicente, Cabañas; Zacapa. 1,984 hasta 2,014.	
Fórmula 1.	16 - 20 - 15.
Fórmula 2.	27 - 0 - 24.
Fórmula 3.	15 - 0 - 14.
Producciones Obtenidas.	39 qq/Mz.

d. Boleta agronómico del cultivo de tabaco

Por medio de una entrevista a los agricultores bajo estudio se pudo realizar una boleta de campo, la cual arrojo la siguiente información y se plasmó en el siguiente cuadro.

Boleta de Campo		
Nombre de los agricultores bajo estudio.	Área de siembra.	Años de uso.
Darrillo Ramírez	5.662	5
Luis Fernando Ortiz Coronado	2.897	5
Ricardo Marroquín (Padre)	3.424	5
Víctor Rivas	8.121	5
Carlos López	5.707	5
Emilio Carranza	3.778	10
Carlos Flores	2.172	10
Miguel García	3.685	10
Marco Tulio De Leon	9.273	10
Rufino Ramírez	6.886	10
Marco Tulio De Leon	4.386	15
Ricardo Marroquín (Hijo)	4.091	15
Víctor Rivas	4.89	15
Héctor Escobar	2.946	15
Álvaro Almazán	7.811	15
Oscar Ovidio Ortiz	3.364	20
Emilio Carranza	4.157	20
Víctor Manuel Terraza	3.813	20
Armando Almazán	4.59	20
Froilán Almazán	10.125	20
Tipo de producción	Tabaco en rama	
Variedades cultivadas	KT204	
Periodo de siembra	10 de octubre al 20 del mismo mes.	
Sistema de fertilización	Formulas granuladas y localizadas.	
Uso de enmiendas	Sulfato de calcio 10 qq/Mz (Yeso) del 1,993 al 1,999 y incorporación de materia orgánica 16 qq/Mz (Lombricompost). Del 2,002 al 2,007.	
Rendimiento	37 – 47	

Anexo 3. Resultados de laboratorio

CLIENTE: FRANCO HERNÁNDEZ, JOSE ARMANDO.															
AGRICULTORES DE TABACO EN RAMA.															
LOCALIZACION: SAN VICENTE, CABAÑAS, ZACAPA.															
CULTIVO: TABACO															
Fecha de ingreso: 24/06/2015. Fecha de Ejecucion: 03/07/2015. Informe de resultados de analisis de suelo.															
Años	Identificación de la Muestra.	pH	mg/L		Cmol(+)/L			mg/L		Cmol(+)/L	mg/L			%	Cmol(+)/L
	Niveles Adecuados	5.5-6.5	Boro 1.0-5.0	Fosforo 15-30	Potasio 0.2-1.5	Calcio 4.0-20	Magnesio 1.0-10	Azufre 10-100	Cobre 0.1-2.5	*A.I 0.3-1.5	Hierro 20-150	Manganeso 8.0-80	Zinc 0.2-2	*M.O. 3.0-6.0	Bases Totales 4.0- 10
0	Testigo	7.93	0.86	50.64	1.3	11.73	3.62	2.54	0.54	0.03	3.48	12.74	14.89	1.29	16.65
5	Darrillo Ramires	8.3	0.95	23.46	0.84	16.09	4.19	11.67	0.5	0.05	1.82	6.83	1.13	3.2	21.12
	Luis fernando Ortiz Coronado	6.85	0.72	59.34	0.51	5.86	3.18	32.03	0.88	0.03	18.86	29.38	2.48	0.81	9.55
	Ricardo Marroquin (Padre)	8.15	1.18	59.12	0.78	6.92	2.71	3.47	0.68	0.02	5.83	7.96	1.52	0.97	10.41
	Victor Rivas	7.89	0.73	54.96	1.26	14.24	4.12	29.59	1.02	0.03	5.6	7.53	3.45	2.18	19.62
	Carlos Lopes	6.57	0.17	61.92	0.52	4.09	2.98	22.33	0.72	0.04	21.1	33	2.23	1.01	7.59
	Promedio	7.552	0.75	51.76	0.782	9.44	3.436	19.818	0.76	0.034	10.642	16.94	2.162	1.634	13.658
10	Emilio Carranza	6.64	0.25	76.07	0.75	2.94	2.65	52.98	1.62	0.04	42.4	31.46	4.49	0.88	6.34
	Carlos Flores	7.44	0.58	69.37	0.4	3.77	3.16	28.13	1.17	0.03	13.54	19.16	2.18	1.14	7.33
	Miguel Garcia	7.17	1.33	104.14	0.68	9.88	3.81	27.96	1.19	0.03	14.69	35.24	3.2	1.29	14.37
	Marco Tulio De Leon	8.13	1.26	63.61	0.61	8.29	3.9	22.27	0.98	0.04	6.32	11.72	2.98	1.51	12.8
	Rufino Ramires	8.03	0.77	52.92	1.26	19.68	2.87	2.55	0.6	0.03	2.61	8.99	1.13	3.01	23.81
	Promedio	7.482	0.838	73.222	0.74	8.912	3.278	26.778	1.112	0.034	15.912	21.314	2.796	1.566	12.93
15	Marco Tulio De Leon	7.35	0.73	24.94	0.48	5.3	3.29	32.72	0.64	0.03	6.4	9.91	1.26	1.03	9.07
	Ricardo Marroquin (Hijo)	7.6	1.27	41.41	0.53	8.53	3.74	30.16	1.77	0.03	8.59	5.5	2.87	1.36	12.8
	Victor Rivas	7.88	1.05	56.24	1.05	8.98	3.2	41.4	0.29	0.02	5.73	4.1	1.43	1.53	13.23
	Hector Escobar	7.16	0.89	36.73	0.64	10.97	4.03	21.39	1.88	0.03	11.19	13.4	1.59	1.05	15.64
	Alvaro Almazan	7.49	1.34	41.4	0.58	5.08	3.46	48.6	0.82	0.05	9.07	8.38	3.44	1.2	9.12
	Promedio	7.496	1.056	40.144	0.656	7.772	3.544	34.854	1.08	0.032	8.196	8.258	2.118	1.234	11.972
20	Oscar Ovidio Ortiz	6.72	1.26	88.18	0.72	3.35	2.57	43.19	1.9	0.03	42.92	21.78	3.43	0.6	6.64
	Emilio Carranza	6.8	0.75	45.86	0.67	4.87	3.17	61.19	1.56	0.02	43.46	9.88	3.46	0.88	8.71
	Victor Manuel Terraza	7.98	1.48	80.69	1.05	9.01	4.54	34.53	2	0.03	11.67	9.89	3.28	1.64	14.6
	Armando Almazan	7.63	0.8	63.94	0.41	5.19	3.67	53.82	1.23	0.03	15.91	13.6	5.24	0.97	9.27
	Froilan Almazan	7.46	1.26	51.43	0.62	16.16	3.51	44.08	1.85	0.04	6.7	17.95	2.66	8.57	20.29
	Promedio	7.318	1.11	66.02	0.694	7.716	3.492	47.362	1.708	0.03	24.132	14.62	3.614	2.532	11.902

*A.I.= Acides Intercambiable (Hidrogeno + Aluminio)	■ = Bajo o Fuera de Rango	Nomenclatura.
*M.O.=Materia Orgánica	■ = Adecuado	Al = Aluminio
*C.S.= Concentración de sales	■ = Alto	Mg = Magnesio
		Ca = Calcio
		K = Potasio

CLIENTE: FRANCO HERNÁNDEZ, JOSE ARMANDO.
 AGRICULTORES DE TABACO EN RAMA.
 LOCALIZACION: SAN VICENTE, CABAÑAS, ZACAPA.
 CULTIVO: TABACO
 Fecha de ingreso: 24/06/2015. Fecha de Ejecucion: 03/07/2015. Informe de resultados de analisis de suelo.

Años	Identificación de la Muestra.	Cmol(+)/L *ClCe	Porcentaje de Saturación en la ClCe				Equilibrio de Bases				Nomenclatura.
			K	Ca	Mg	A.l.	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	
	Niveles Adecuados	5.0-25	4.0-6	60-80	10.0-20	0-24.9	5.0-25	2.5-15	2.0-5	10.0-40	Al = Aluminio Mg = Magnesio Ca = Calcio K = Potasio
0	Testigo	16.68	7.79	70.32	21.7	0.18	9.02	2.78	3.24	11.81	
5	Darrillo Ramires	21.17	3.97	76	19.79	0.24	19.15	4.99	3.84	24.14	
	Luis fernando Ortiz Coronado	9.58	5.32	61.17	33.19	0.31	11.49	6.24	1.84	17.73	
	Ricardo Marroquin (Padre)	10.43	7.48	66.35	25.98	0.19	8.87	3.47	2.55	12.35	
	Victor Rivas	19.65	6.41	72.47	20.97	0.15	11.3	3.27	3.46	14.57	
	Carlos Lopes	7.63	6.82	53.6	39.06	0.52	7.87	5.73	1.37	13.6	■ = Bajo o Fuera de Rango
	Promedio	13.692	6	65.918	27.798	0.282	11.736	4.74	2.612	16.478	■ = Adecuado
10	Emilio Carranza	6.38	11.76	46.08	41.54	0.63	3.92	3.53	1.11	7.45	■ = Alto
	Carlos Flores	7.36	5.43	51.22	42.93	0.41	9.43	7.9	1.19	17.33	
	Miguel Garcia	14.4	4.72	68.61	26.46	0.21	14.53	5.6	2.59	20.13	
	Marco Tulio De Leon	12.84	4.75	64.56	30.37	0.31	13.59	6.39	2.13	19.98	
	Rufino Ramires	23.84	5.29	82.55	12.04	0.13	15.62	2.28	6.86	17.9	
	Promedio	12.964	6.39	62.604	30.668	0.338	11.418	5.14	2.776	16.558	
15	Marco Tulio De Leon	9.1	5.27	58.24	36.15	0.33	11.04	6.85	1.61	17.9	
	Ricardo Marroquin (Hijo)	12.83	4.13	66.48	29.15	0.23	16.09	7.06	2.28	23.15	
	Victor Rivas	13.25	7.92	67.77	24.15	0.15	8.55	3.05	2.81	11.6	
	Hector Escobar	15.67	4.08	70.01	25.72	0.19	17.14	6.3	2.72	23.44	
	Alvaro Almazan	9.17	6.32	55.4	37.73	0.55	8.76	5.97	1.47	14.72	
	Promedio	12.004	5.544	63.58	30.58	0.29	12.316	5.846	2.178	18.162	
20	Oscar Ovidio Oritiz	6.67	10.79	50.22	38.53	0.45	4.65	3.57	1.3	8.22	
	Emilio Carranza	8.73	7.67	55.78	36.31	0.23	7.27	4.73	1.54	12	
	Victor Manuel Terraza	14.63	7.18	61.59	31.03	0.21	8.58	4.32	1.98	12.9	
	Armando Almazan	9.3	4.41	55.81	39.46	0.32	12.66	8.95	1.41	21.61	
	Froilan Almazan	20.33	3.05	79.49	17.27	0.2	26.06	5.66	4.6	31.73	
	promedio	11.932	6.62	60.578	32.52	0.282	11.844	5.446	2.166	17.292	

Materia Orgánica: Metodo de Walkley y Black
 pH: Metodo de potenciometria, relación 1:2.5 - Suelo: Agua
 Solución extractante para Acidez Intercambiable con: KCl 1 Normal, metodologia por volumetria
 Solución extractante para Azufre y Boro: FOSFATO ÁCIDO DE CALCIO metodologia espectrofotometria visible
 Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, metodologia Espectrometria de Emisión de Plasma - ICP OES
 Solución extractante para Cobre, Hierro, Manganeseo y Zinc con: DTPA (ácido dietilentríaminopentacético), metodologia Espectrometria de Emisión de Plasma - ICP OES
 Solución extractante para Fósforo: OLSEN MODIFICADO, Espectrometria de Emisión de Plasma - ICP OES
 Solución extractante para Potasio con: OLSEN MODIFICADO, metodologia Espectrometria de Emisión de Plasma - ICP OES

Anexo 4. Índice de fertilidad de los 21 campos muestreados

- a. Procedimiento para determinar el índice de fertilidad en los 21 campos en estudio, basados en los resultados de laboratorio y del modelo indicador de la fertilidad

N.º	Identificación de la Muestra.	Indicadores de la fertilidad química de los suelos.						
		M.O %	pH (1:1)	Fosforo (mg/L)	Saturación Al (%)	CIce (Cmol+)/L	Bases Totales (Cmol+)/L	Potasio (Cmol+)/L
1	Testigo (Virgen)	1.29	7.93	50.64	0.18	16.68	16.65	1.3
2	Darrillo Ramires	3.2	8.3	23.46	0.24	21.17	21.12	0.84
3	Luis fernando Ortiz Coronado	0.81	6.85	59.34	0.31	9.58	9.55	0.51
4	Ricardo Marroquin (Padre)	0.97	8.15	59.12	0.19	10.43	10.41	0.78
5	Victor Rivas	2.18	7.89	54.96	0.15	19.65	19.62	1.26
6	Carlos Lopes	1.01	6.57	61.92	0.52	7.63	7.59	0.52
7	Emilio Carranza	0.88	6.64	76.07	0.63	6.38	6.34	0.75
8	Carlos Flores	1.14	7.44	69.37	0.41	7.36	7.33	0.4
9	Miguel Garcia	1.29	7.17	104.14	0.21	14.4	14.37	0.68
10	Marco Tulio De Leon	1.51	8.13	63.61	0.31	12.84	12.8	0.61
11	Rufino Ramires	3.01	8.03	52.92	0.13	23.84	23.81	1.26
12	Marco Tulio De Leon	1.03	7.35	24.94	0.33	9.1	9.07	0.48
13	Ricardo Marroquin (Hijo)	1.36	7.6	41.41	0.23	12.83	12.8	0.53
14	Victor Rivas	1.53	7.88	56.24	0.15	13.25	13.23	1.05
15	Hector Escobar	1.05	7.16	36.73	0.19	15.67	15.64	0.64
16	Alvaro Almazan	1.2	7.49	41.4	0.55	9.17	9.12	0.58
17	Oscar Ovidio Ortiz	0.6	6.72	88.18	0.45	6.67	6.64	0.72
18	Emilio Carranza	0.88	6.8	45.86	0.23	8.73	8.71	0.67
19	Victor Manuel Terraza	1.64	7.98	80.69	0.21	14.63	14.6	1.05
20	Armando Almazan	0.97	7.63	63.94	0.32	9.3	9.27	0.41
21	Froilan Almazan	8.57	7.46	51.43	0.2	20.33	20.29	0.62

Puntaje para obtener la fertilidad química de suelo.				
Características	Puntaje.			
	0.1	1	2	3
	Rangos.			
Materia Orgánica (%)		< 3.0	3.0 a 6.0	> 6.0
pH (1:1)		< 4.5	4.6 a 5.5	5.6 a 7.3
Fósforo (mg/L)		< 5.0	5.0 a 15.0	> 15.0
Saturación Al (%)	> 15.0	5.0 a 15.0	0.0 a 5.0	0
CIce (Cmol+)/L		< 10	10.0 a 20.0	> 20.0
Bases totales (Cmol+)/L	< 4.0	4 a 10	> 10.0	
Potasio (Cmol+)/L	< 0.1	0.1 a 0.35	> 0.35	
	Suma del Puntaje		Fertilidad	
	> 15.0		Alta	
	8.0 a 15.0		Moderada	
	< 8.0		Baja	

Fuente: Rojas Palomino, A; Madero Morales, E; Ramírez Nader, L M, Zúñiga Escobar, O; 2009.

N _o	Identificación de la Muestra.	Punteo de los indicadores de la fertilidad de los suelos							Punteo total.	Índice de fertilidad
		M.O %	pH (1:1)	Fosforo (mg/L)	Saturación Al (%)	CICe (Cmol(+)/L)	Bases Totales (Cmol(+)/L)	Potasio (Cmol(+)/L)		
1	Testigo (Virgen)	1	2	3	2	2	2	2	14	Moderada
2	Darrillo Ramirez	2	2	3	2	3	2	2	16	Alto
3	Luis fernando Ortiz Coronado	1	3	3	2	1	1	2	13	Moderada
4	Ricardo Marroquin (Padre)	1	2	3	2	2	2	2	14	Moderada
5	Victor Rivas	1	2	3	2	2	2	2	14	Moderada
6	Carlos Lopes	1	3	3	2	1	1	2	13	Moderada
7	Emilio Carranza	1	3	3	2	1	1	2	13	Moderada
8	Carlos Flores	1	2	3	2	1	1	2	12	Moderada
9	Miguel Garcia	1	3	3	2	2	2	2	15	Moderada
10	Marco Tulio De Leon	1	2	3	2	2	2	2	14	Moderada
11	Rufino Ramirez	2	2	3	2	3	2	2	16	Alto
12	Marco Tulio De Leon	1	3	3	2	1	1	2	13	Moderada
13	Ricardo Marroquin (Hijo)	1	2	3	2	2	2	2	14	Moderada
14	Victor Rivas	1	2	3	2	2	2	2	14	Moderada
15	Hector Escobar	1	3	3	2	2	2	2	15	Moderada
16	Alvaro Almazan	1	2	3	2	1	1	2	12	Moderada
17	Oscar Ovidio Ortiz	1	3	3	2	1	1	2	13	Moderada
18	Emilio Carranza	1	3	3	2	1	1	2	13	Moderada
19	Victor Manuel Terraza	1	2	3	2	2	2	2	14	Moderada
20	Armando Almazan	1	2	3	2	1	1	2	12	Moderada
21	Froilan Almazan	3	2	3	2	3	2	2	17	Alto

■ = Bajo
■ = Moderado
■ = Alto

b. Análisis de las relaciones de las variables índice de fertilidad y producciones obtenidas

b.1 Modelo de regresión lineal

Indice de fertilidad/Producciones Obtenidas					
<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coefficiente de correlación múltiple		0.739822615			
Coefficiente de determinación R ²		0.547337501			
R ² ajustado		0.522189584			
Error típico		1.981944645			
Observaciones		20			
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	85.49411765	85.49411765	21.76472546	0.000192569
Residuos	18	70.70588235	3.928104575		
Total	19	156.2			

Anexo 5. Cuadro de promedios de los indicadores de la fertilidad

Cuadro de promedios de los resultados proporcionados por el laboratorio (Analab) de los distintos indicadores químicos de la fertilidad de los suelos cultivados con Tabaco, en la aldea San Vicente, Cabañas; Zacapa.

Análisis	0 años	5 años	10 años	15 años	20 años	Niveles Recomendados.
pH (-)	7.93	7.552	7.482	7.496	7.318	5.5 - 6.5
Boro (mg/L)	0.86	0.75	0.838	1.056	1.11	1.0 - 5
Fosforo (mg/L)	50.64	51.76	73.222	40.144	66.02	15 - 30
Potasio (Cmol(+)/L)	1.3	0.782	0.74	0.656	0.694	0.2 -1.5
Calcio (Cmol(+)/L)	11.73	9.44	8.912	7.772	7.716	4.0 - 20
Magnesio (Cmol(+)/L)	3.62	3.436	3.278	3.544	3.492	1.0 - 10
Bases Totales (Cmol(+)/L)	16.65	13.658	12.93	11.972	11.902	4.0 - 10
Azufre (mg/L)	2.54	19.818	26.778	34.854	47.362	10 - 100
Cobre (mg/L)	0.54	0.76	1.112	1.08	1.708	0.1 - 2.5
*A.I (Cmol(+)/L)	0.03	0.034	0.034	0.032	0.03	0.3 - 1.5
Hierro (mg/L)	3.48	10.642	15.912	8.196	24.132	20 - 150
Manganeso (mg/L)	12.74	16.94	21.314	8.258	14.62	8.0 - 80
Zinc (mg/L)	14.89	2.162	2.796	2.118	3.614	0.2 - 2
*M.O. (%)	1.29	1.634	1.526	1.234	2.532	3.0 - 6
*CICe (Cmol+)/L	16.68	13.692	12.964	12.004	11.932	5.0 - 25
K(%Saturaciòn en la CICe)	7.79	6	6.39	5.544	6.62	4.0 - 6
Ca(%Saturaciòn en la CICe)	70.32	65.918	62.604	63.58	60.678	60 - 80
Mg(%Saturaciòn en la CICe)	21.7	27.798	30.668	30.58	32.52	10.0 - 20
A.I.(%Saturaciòn en la CICe)	0.18	0.282	0.338	0.29	0.282	0 - 24.9
Rel: Ca/K	9.02	11.736	11.418	12.316	11.844	5.0 - 25
Rel: Mg/K	2.78	4.74	5.14	5.846	5.446	2.5 - 15
Rel: Ca/Mg	3.24	2.612	2.776	2.178	2.166	2.0 - 5
Rel: (Ca+Mg)/K	11.81	16.478	16.558	18.162	17.292	10.0 - 40

Caracterización de la fertilidad química de los suelo.

Anexo 6. Análisis de las relaciones indicadores de la fertilidad química de los suelos y años de uso

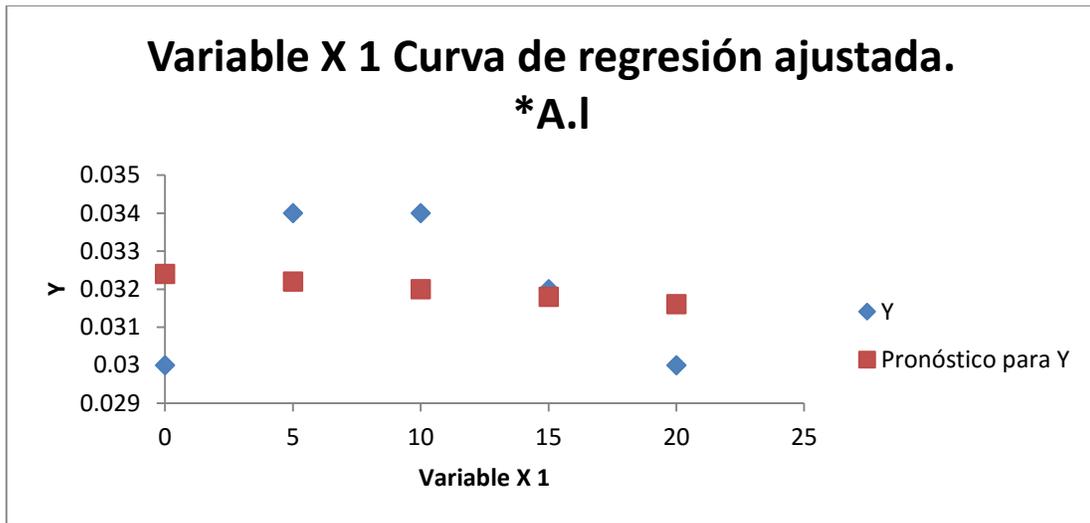
a. Modelo de regresión lineal y análisis de varianza de la regresión de los indicadores de la fertilidad química

a.1 pH

Variable pH/ años de uso								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.898046749							
Coefficiente de determinación R ²	0.808627029							
R ² ajustado	0.718169372							
Error típico	0.120041659							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>de cuadrado de los cua</i>		<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>			
Regresión	1	0.16129	0.16129	11.1929216	0.04420364			
Residuos	3	0.04323	0.01441					
Total	4	0.20452						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>nferior 95.0%</i>	<i>uperior 95.0%</i>
Intercepción	7.81	0.09298387	83.9930628	3.7198E-06	7.51408383	8.10591617	7.51408383	8.10591617
Variable X 1	-0.0254	0.0075921	-3.3455824	0.04420364	-0.04956145	-0.00123855	-0.04956145	-0.00123855

a.2 Aluminio

Variable *A.l/años de uso								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0.158113883							
Coefficiente de determinación R ²	0.025							
R ² ajustado	-0.3							
Error típico	0.002280351							
Observaciones	5							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>na de cuadrado de los cua</i>		<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>			
Regresión	1	4E-07	4E-07	0.07692308	0.79952515			
Residuos	3	0.0000156	5.2E-06					
Total	4	0.000016						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>nferior 95.0%</i>	<i>uperior 95.0%</i>
Intercepción	0.0324	0.00176635	18.342888	0.00035354	0.02677868	0.03802132	0.02677868	0.03802132
Variable X 1	-4E-05	0.00014422	-0.2773501	0.79952515	-0.00049898	0.00041898	-0.00049898	0.00041898



a.3 Porcentaje de saturación de *A.I.

Variables %Saturación de *A.I.									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.58098111								
Coefficiente de determinación R ²	0.33753905								
R ² ajustado	0.11671874								
Error típico	0.05422423								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad de cuadrado de los cuadrados</i>				<i>F</i> Valor crítico de F			
Regresión	1	0.0044944	0.0044944	1.52856884	0.30429935				
Residuos	3	0.0088208	0.00294027						
Total	4	0.0133152							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción		0.232	0.0420019	5.52355903	0.0116897	0.09833119	0.36566881	0.09833119	0.36566881
Variable X 1		0.00424	0.00342944	1.23635304	0.30429935	-0.00667401	0.01515401	-0.00667401	0.01515401

b. Azufre y Fósforo

b.1 Fósforo

Variables fosforo/ años de uso									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.22973333								
Coefficiente de determinación R ²	0.0527774								
R ² ajustado	-0.26296346								
Error típico	14.8072384								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>		<i>de cuadrado de los cuadrados</i>		<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>		
Regresión	1	36.6492736	36.6492736	0.16715418	0.71008815				
Residuos	3	657.762931	219.25431						
Total	4	694.412205							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	52.528	11.4696376	4.57974366	0.01954382	16.0264943	89.0295057	16.0264943	89.0295057	
Variable X 1	0.38288	0.93649199	0.40884493	0.71008815	-2.59745546	3.36321546	-2.59745546	3.36321546	

b.2 Azufre

Variables Azufre/Años de uso.									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.98756616								
Coefficiente de determinación R ²	0.97528692								
R ² ajustado	0.96704923								
Error típico	3.04228791								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>		<i>de cuadrado de los cuadrados</i>		<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>		
Regresión	1	1095.79024	1095.79024	118.393212	0.00166123				
Residuos	3	27.7665472	9.25551573						
Total	4	1123.55679							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	5.3344	2.35654608	2.26365189	0.10855917	-2.16518137	12.8339814	-2.16518137	12.8339814	
Variable X 1	2.0936	0.19241118	10.8808645	0.00166123	1.48126174	2.70593826	1.48126174	2.70593826	

c. Bases

c.1 Calcio

Variables Ca/años de uso.									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.93534349								
Coefficiente de determinación R ²	0.87486745								
R ² ajustado	0.8331566								
Error típico	0.66949294								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>		<i>de cuadrado de los cuadrados</i>		<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>		
Regresión		1	9.4012416	9.4012416	20.9745768	0.01954316			
Residuos		3	1.3446624	0.4482208					
Total		4	10.745904						
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción		11.0532	0.518587	21.3140706	0.00022596	9.40282471	12.7035753	9.40282471	12.7035753
Variable X 1		-0.19392	0.04234245	-4.57980096	0.01954316	-0.32867258	-0.05916742	-0.32867258	-0.05916742

c.2 Potasio

Variables K/años de uso									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.79963764								
Coefficiente de determinación R ²	0.63942036								
R ² ajustado	0.51922714								
Error típico	0.18344372								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>		<i>de cuadrado de los cuadrados</i>		<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>		
Regresión		1	0.1790244	0.1790244	5.31993724	0.10436497			
Residuos		3	0.1009548	0.0336516					
Total		4	0.2799792						
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción		1.102	0.1420949	7.7553805	0.00445922	0.64979062	1.55420938	0.64979062	1.55420938
Variable X 1		-0.02676	0.011602	-2.30649891	0.10436497	-0.06368274	0.01016274	-0.06368274	0.01016274

c.3 Magnesio

Variables Mg/años de uso									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.18162586								
Coefficiente de determinación R ²	0.03298795								
R ² ajustado	-0.2893494								
Error típico	0.14629833								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>	<i>de cuadrado de los cua</i>	<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>				
Regresión	1	0.0021904	0.0021904	0.10233984	0.77002457				
Residuos	3	0.0642096	0.0214032						
Total	4	0.0664							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>nferior 95.0%</i>	<i>uperior 95.0%</i>
Intercepción	3.5036	0.1133222	30.917156	7.4343E-05	3.1429582	3.8642418	3.1429582	3.8642418	
Variable X 1	-0.00296	0.00925272	-0.31990598	0.77002457	-0.03240628	0.02648628	-0.03240628	0.02648628	

c.4 Bases totales

Variables Bases totales/años de uso.									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.909187								
Coefficiente de determinación R ²	0.82662101								
R ² ajustado	0.76882801								
Error típico	0.93548504								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>	<i>de cuadrado de los cua</i>	<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>				
Regresión	1	12.5171344	12.5171344	14.3031344	0.03240035				
Residuos	3	2.6253968	0.87513227						
Total	4	15.1425312							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>nferior 95.0%</i>	<i>uperior 95.0%</i>
Intercepción	15.6592	0.7246236	21.610116	0.00021685	13.3531243	17.9652757	13.3531243	17.9652757	
Variable X 1	-0.22376	0.05916527	-3.78194849	0.03240035	-0.41205029	-0.03546971	-0.41205029	-0.03546971	

c.5 Porcentaje de saturación de Calcio

Variables porcentaje de saturación de Calcio/años de uso									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.92314063								
Coefficiente de determinación R ²	0.85218862								
R ² ajustado	0.80291817								
Error típico	1.64407376								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>				
Regresión	1	46.7510884	46.7510884	17.2961375	0.02528179				
Residuos	3	8.1089356	2.70297853						
Total	4	54.860024							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	68.9444	1.27349406	54.1379832	1.3881E-05	64.8915735	72.9972265	64.8915735	72.9972265	
Variable X 1	-0.43244	0.10398035	-4.15886253	0.02528179	-0.7633519	-0.1015281	-0.7633519	-0.1015281	

c.6 CICE

Variables CICE/años de uso.									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.90939549								
Coefficiente de determinación R ²	0.82700016								
R ² ajustado	0.76933355								
Error típico	0.93391334								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>				
Regresión	1	12.5081856	12.5081856	14.3410568	0.03228988				
Residuos	3	2.6165824	0.87219413						
Total	4	15.124768							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	15.6908	0.72340617	21.6901663	0.00021447	13.3885987	17.9930013	13.3885987	17.9930013	
Variable X 1	-0.22368	0.05906587	-3.78695878	0.03228988	-0.41165395	-0.03570605	-0.41165395	-0.03570605	

c.7 Porcentaje de saturación de potasio

Variable Porcentaje de saturación de potasio.									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.52376922								
Coefficiente de determinación R ²	0.2743342								
R ² ajustado	0.0324456								
Error típico	0.83024237								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>	<i>de cuadrado de los cua</i>	<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>				
Regresión	1	0.7817616	0.7817616	1.13413445	0.365005				
Residuos	3	2.0679072	0.6893024						
Total	4	2.8496688							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	7.028	0.64310298	10.9282654	0.00164013	4.9813593	9.0746407	4.9813593	9.0746407	
Variable X 1	-0.05592	0.05250914	-1.06495749	0.365005	-0.22302751	0.11118751	-0.22302751	0.11118751	

c.8 Porcentaje de saturación de magnesio

Variable Porcentaje de saturación de magnesio									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.91140523								
Coefficiente de determinación R ²	0.83065948								
R ² ajustado	0.77421265								
Error típico	2.01321206								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>	<i>de cuadrado de los cua</i>	<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>				
Regresión	1	59.6434084	59.6434084	14.7157841	0.03123121				
Residuos	3	12.1590684	4.0530228						
Total	4	71.8024768							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	23.7688	1.55942736	15.2420053	0.00061327	18.8060062	28.7315938	18.8060062	28.7315938	
Variable X 1	0.48844	0.12732671	3.83611575	0.03123121	0.08322958	0.89365042	0.08322958	0.89365042	

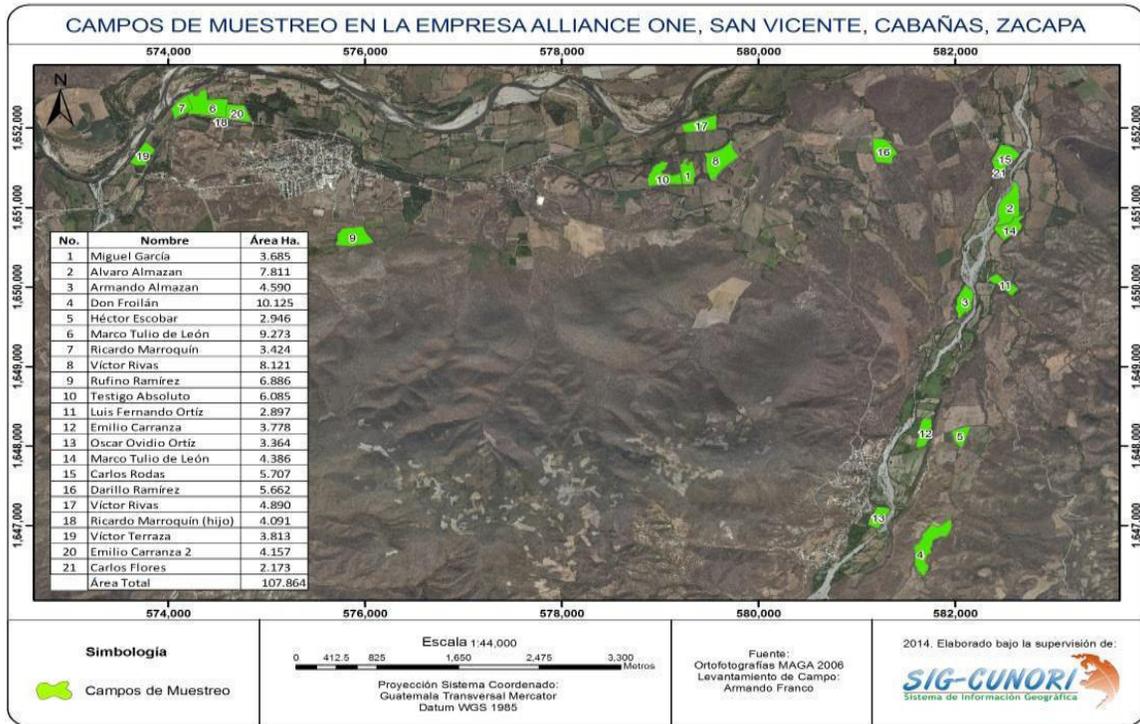
c.11 Relación Ca/Mg

Variable relación Ca/Mg									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.90890524								
Coefficiente de determinación R ²	0.82610874								
R ² ajustado	0.76814499								
Error típico	0.21627976								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>	<i>de cuadrado de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>				
Regresión	1	0.6666724	0.6666724	14.2521613	0.03254984				
Residuos	3	0.1403308	0.04677693						
Total	4	0.8070032							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	3.1108	0.16752958	18.5686612	0.00034089	2.57764611	3.64395389	2.57764611	3.64395389	
Variable X 1	-0.05164	0.01367873	-3.77520348	0.03254984	-0.09517183	-0.00810817	-0.09517183	-0.00810817	

c.12 Relación (Ca+Mg)/K

Variable relación (Ca+Mg)/K									
<i>Estadísticas de la regresión</i>									
Coefficiente de correlación múltiple	0.80934946								
Coefficiente de determinación R ²	0.65504655								
R ² ajustado	0.54006206								
Error típico	1.67573522								
Observaciones	5								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
		<i>Grados de libertad</i>	<i>de cuadrado de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>valor crítico de F</i>				
Regresión	1	15.9971904	15.9971904	5.69682551	0.09702059				
Residuos	3	8.4242656	2.80808853						
Total	4	24.421456							
		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	13.5304	1.29801892	10.423885	0.00188442	9.39952448	17.6612755	9.39952448	17.6612755	
Variable X 1	0.25296	0.1059828	2.38680236	0.09702059	-0.08432457	0.59024457	-0.08432457	0.59024457	

Anexo 7. Mapas de los 21 campos en estudio



a.1 Localización de los puntos a muestrear

